
**«Аккредитация марказининг
Ўлчашлар ноаниқлигини
баҳолаш бўйича сиёсати»
«Ўлчашлар ноаниқлигига кириш»**

**Бойматов Нормурод Толибович –
Аккредитация марказининг
етакчи мутахассиси**

Документы по неопределенности измерений

Руководство по выражению неопределённости измерения
(МКМВ, МЭК, ИСО, МОЗМ, ИЮПАК, ИЮПАП, МФКХ), - 1993, ИСО.
Перевод с англ. –СПб.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 1999.

РМГ 43-2001

Применение «Руководства
по выражению
неопределённости
измерений

Р 50.2.028-2003

ГСИ. Алгоритмы построения
градуировочных
характеристик средств
измерений состава веществ и
материалов
и оценивание их погрешностей
(неопределённости)

Р 50.2.038-2003

ГСИ. Измерения прямые
однократные.
Оценивание погрешностей и
неопределённости
результатов измерений

ILAC G 17:2002

Применение концепции
неопределённости
измерений в
испытаниях совместно с
применением стандарта
ИСО/МЭК 17025
(пер. Ассоциации
«Аналитика», 2003 г.)

ИСО/ТС 21748 (2004)

Руководство по применению
повторяемости,
воспроизводимости
и правильности при
оценивании
неопределенности
измерений (пер. Ассоциации
«Аналитика», 2004 г.)

Руководство
ЕВРАХИМ/СИТАК

Количественное описание
неопределённости в
аналитических измерениях
(Перевод ВНИИМ, 2002)

Публикация 13/2002
Центра метрологии
Финляндии

Неопределённость коли-
чественных определений,
полученных путём
культивирования
микроорганизмов
(Пер. ВНИИМ, 2003)

Ўлчаш натижаларининг аниқлигининг миқдорий характеристикаларини тавсифлашнинг халқаро **бирхиллиги** (*единство (ягоналиги)*) мавжуд бўлмасида ўлчашлардаги ноаниқлик айрим мамлакатларда анча олдин баҳоланиб келинган.

1978 йили метрология соҳасида дунёда энг катта обрўга эга бўлган Халқаро ўлчовлар ва тарозилар комитети (**МКМВ**) ўлчашларнинг аниқлик характеристикаларини баҳоланишнинг халқаро бирхиллиги мавжуд эмаслигини тан олган ҳолда Халқаро ўлчовлар ва тарозилар бюросига (**МБМВ**) ушбу муаммони кўриб чиқиш тўғрисида мувожадат қилган.

Натижада ушбу муаммони ҳал қилиш мақсадида **32 та** мамлакатнинг Миллий Метрологик Институтлари ва **8 та** Халқаро Ташкилот жалб этилган:

- **Халқаро ўлчов ва тарозилар комитети (МКМВ, СІРМ);**
- **Халқаро ўлчов ва тарозилар бюроси (МБМВ, ВІРМ);**
- **Халқаро электротехник комиссия (МЭК, ІЕС);**
- **Халқаро клиник химия федерацияси (МФКХ, ІФСС);**
- **Халқаро стандартлаштириш ташкилоти (ІСО, ІSO);**
- **Халқаро назарий ва амалий химия бирлашмаси (ІЮПАК, ІUPAC);**
- **Халқаро назарий ва амалий физика бирлашмаси (ІЮПАП, ІUPAP);**
- **Халқаро қонунлаштирувчи метрология ташкилоти (МОЗМ, OIML).**

70 – йилларга қадар метрологиядаги каби бошқа муҳандислик соҳаларида ҳам хатолик ва хатолик характеристикалари тушунчалири қўлланиб келинган.

70 - чи йиллардан ноаниқлик атамасига ўтиб бошланган.

1977-1978 йилларда Халқаро ўлчов ва тарозилар бюроси (МБМВ) маълум зарурий маълумотларни ўзида мужассамлаштирган анкетани тайёрлаган ва 32 миллий метрология институтига юборган.

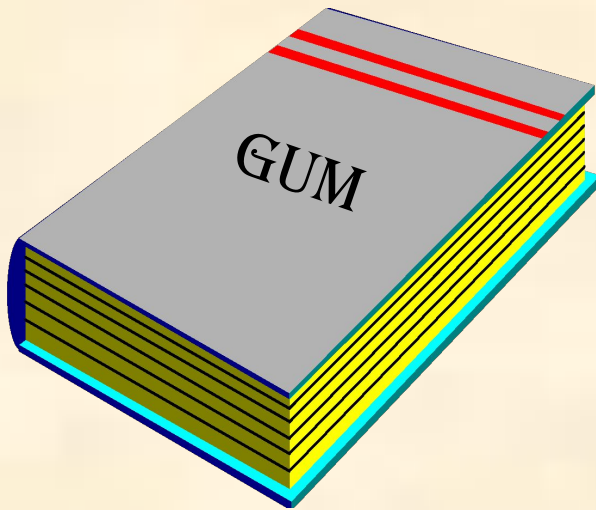
1979 йилда МБМВ тавсиясига асосан ИСО таркибида TAG4/WG3 ишчи гуруҳи ташкил қилинган.

1981 йилда TAG4/WG3 ишчи гуруҳ ўзида ноаниқлик характеристикаларини ҳисоблаш билан боғлиқ бўлган биринчи тавсиянома тарзидаги ҳужжатни тарқатган.

Кейинчалик бу ҳужжат **1981, 1986** ва бир оздан сўнг **1991–** йилларда қайта таҳрирланишига тўғри келаган.

Ноаниқликларни баҳолаш билан боғлиқ қисқача ТАРИХ

1993 йилда ИСО ташкилоти
«Ўлчашларда ноаниқликни ифодалаш
бўйича қўлланма» ни чоп қилади
(кейинчалик **Қўлланма**)



В 1993-ем году ИСО публикует
**РУКОВОДСТВО ПО ВЫРАЖЕНИЮ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ**


“Guide to the Expression
of Uncertainty in Measurement” (GUM)

**Қўлланмага 1995 йилда тузатишлар
киритилди ва қайта нашрдан чиқарилди.**

1993 йилда халқаро хужжат «Ўлчашларда ноаниқликни ифодалаш бўйича қўлланма» (кейинчалик **Қўлланма**) француз тилида ишлаб чиқилди.

Ушбу қўлланманинг асосий мақсади:


- қандай қилиб ўлчашлар ноаниқлиги ҳисоботини тузиш ҳақида тўлиқ маълумот олишни таъминлаш;
- ўлчаш натижаларини халқаро солиштиришларда иштирокини таъминлаш учун зарур бўлган ўлчаш натижаларини сифат кўрсаткичларини мужассамлаштирган маълумотни тайёрлаш учун асос яратиш.

 Бозор мунособатлари асосланган ва **инсоният мафаатлари устивор** бўлган асрда, ҳар қандай мамлакатда ўтказилаётган ўлчаш натижаларини ўзаро солиштирилиши ва тан олиншини осонлаштириш учун, ўлчашлардаги ноаниқликларни баҳолаш ва ифодалашнинг ягона усули (методи) бўлиши зарур.

Айнан худди шундай усулни (методни), барча турдаги ва турли аниқлик даражасидаги ўлчашлар доирасида, яъни **магазиндан (савдодан)** тортиб то **фундаментал тадқиқотлардаги** ўлчаш жараёнлари учун **Қўланмадан** фойдаланиш мумкин.

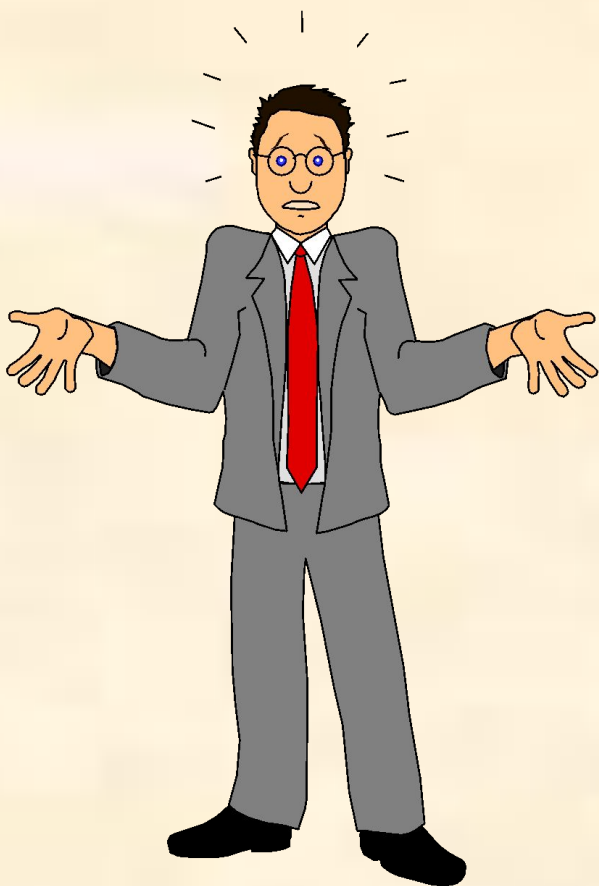
1993 йил нашрдан кейин қўлланма **ноформал халқаро стандарт** статусини олдинги барча илмий ва техникавий ўлчашлар ва бутун жаҳонда бирхиллик ва ўлчашлар ноаниқлиги тарифини баҳолашда келишилганликни киритди.

Бошқа мамлакатларнинг кўпгина ҳудудий ва миллий стандартлари, **Масалан.** қиёслаш ва синов лабораторияларни акредитацияси бўйича Европа нормалари **EN 45001**, ўлчашларни миқдорий натижаларини ноаниқлик қийматлари билан таъминлашнинг **мажбурий** талабини қўйди.

 **ИСО/МЭК 17025: 1999 (2005).** Синаш ва калибр-лаш лабораториялари компитентлигига бўлган талабларни ўзида мужассамлаштирган халқаро стандарти қабул қилиниши билан аккредитатланган лабораторияларда ўлчашлар ноаниқликни баҳолаш **асосий ва мажбурий** талаблар сирасидан бўладиган бўлди.

Аmmo, мамлакатимиз (давлатимиз) МҲларида «**ноаниқлик**» атамаси қўлланмасдан, балки одатий ва ҳозирда моҳият жиҳатдан эскирган «**хатолик**» ҳамда «**хатоликнинг характеристикалари**» тушунчаларига асосланади.

Шу маънода қиёслаш усуллари, ўлчашларни бажариш услубияти (методикаси), синаш усуллари, Давлат ўлчашлар бирлигини таъминлаш тизими ва бошқа стандартларни санаб ўтиш етарли.



Назарий метрология билан боғлиқ мулоҳазаларимизни ўзгартирмасдан бу **«хорижий тилни»** ўрганишимиз лозим. Чунки жаҳон ҳамжамиятига интеграциялаш жараёнида биз нимани сотиб оляпмиз ёки сотаяпмиз ва ўлчаш, синаш шунингдек сертификатлаш натижаларини қандай баҳолаш ва ўзаро тан олишни билишимиз зарур.

Не меняя своих представлений в метрологии, мы должны выучить этот **«иностраный язык»**, чтобы знать, что мы покупаем — продаем и как оценить и взаимно признать результаты измерений, испытаний, сертификации продукции.

Л.К. Исаев

1. ЎЛЧАШЛАР НОАНИҚЛИГИ.

НОАНИҚЛИКЛАР КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Ўлчаш ноаниқлиги - бу ўлчаш натижаси билан боғиқ бўлган ва ўлчаш натижаси (*қийматларини*) сочилишини (*қамровини*) тавсифловчи параметр бўлиб уни ўлчанаётган катталиқ натижасига тегишли деб билмоқ асослидир.

Неопределенность (измерения) - это параметр, связанный с результатом измерений, который характеризует разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

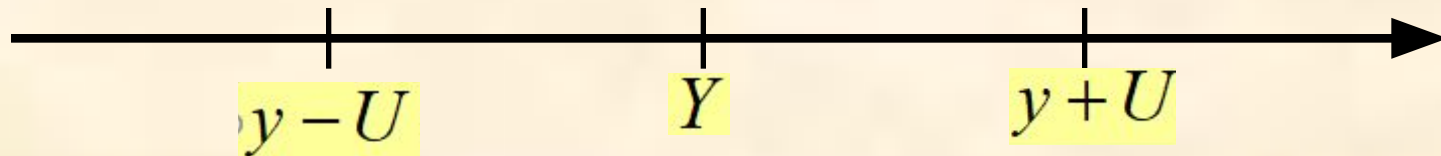
Ўлчашлар натижалари билан боғлиқ қийматлар сочилишини характерлайдиган параметр сифатида одатда алоҳида ўлчашлар натижасининг **ўртача квадратик оғиши (ЎҚО)** фойдаланади.

Ўртача арифметик қийматни ЎҚО, яъни стандарт оғиш кўринишида ифодаланган ўлчаш ноаниқлиги эса **стандарт ноаниқлик** деб номланади.

«Ноаниқлик» атамасига берилган таърифдан, ноаниқлик **мос ўлчаш натижасининг миқдорий аниқлигини** характерловчи **тўлдирувчи** бўлиб, ўлчанган катталиқнинг чин қиймати (*истинная значения*) айни ўлчаш шароитида эҳтимоллик билан тақдим қилинаётган оралик ичида ётишини (мавжудлигини) билдиради.

Из определения "неопределенности" следует, что она является **количественной мерой точности соответствующего результата измерений**, и выражает степень доверия, с которой может допускаться, что значение измеренной величины в условиях измерения лежит внутри определенного интервала значений.

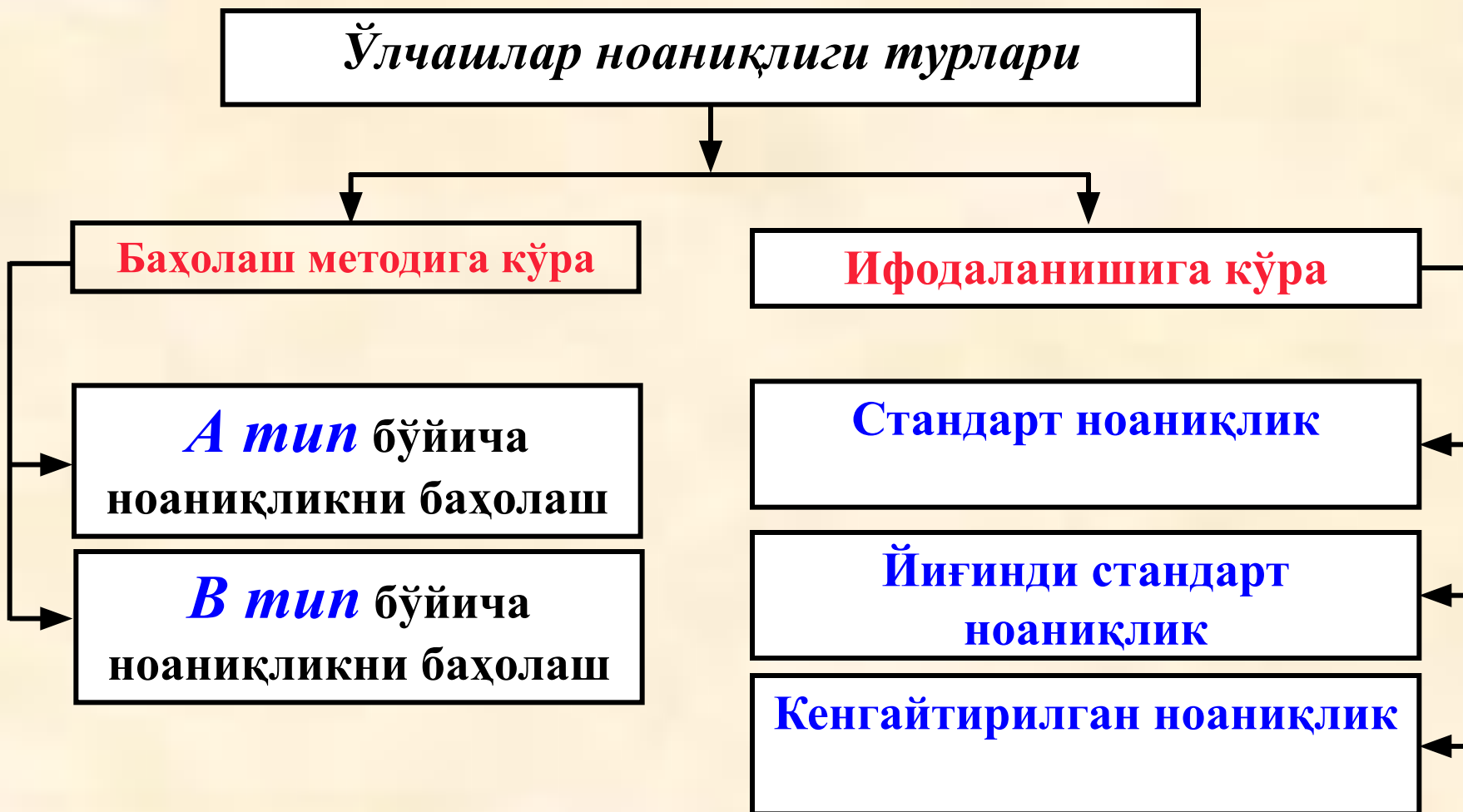
$$y - U \leq Y \leq y + U \quad p=0,95$$



Шундай қилиб, ўлчаш ноаниқлигини:

- ўлчашдан кейинги ўлчанадиган катталиқ ҳақидаги бизнинг априор билимимиз;
- аниқлик нуқта назаридан ўлчашнинг сифати;
- ўлчанадиган катталиқ қиймати учун баҳолаш сифатида ўлчаш натижасининг ишончлилиги ўлчови деб номлаш мумкин.

Ўлчашлар ноаниқлиги классификацияси



Катталиқ баҳосининг **Стандарт Ноаниқлиги** – ўрта арифметик қийматнинг стандарт оғиши сифатида ифодаланган, ўлчаш натижасининг ноаниқлигидир.

Йиғинди стандарт ноаниқлик – бир неча ўзаро математик боғланган катталиқ қийматлари асосида натижа олингандаги, ўлчаш натижалари стандарт ноаниқлигидир.

Кенгайтирилган ноаниқлик — ўлчаш натижаси атрофидаги интервални характерловчи катталиқ бўлиб, кутилаётган эҳтимоллик қамаровида ўлчаш натижаси қийматларининг тақсимланишини ифодалайди.

2. ЎЛЧАШЛАР НОАНИҚЛИГИНИ БАҲОЛАШНИНГ БОСҚИЧЛАРИ

Одатда ўлчаш натижаси фақат аппроксимация ёки ўлчанаётган катталиқ қийматининг баҳосидир. У фақат ноаниқлик қиймати билан кузатиб борилгандагина тўлиқ бўлади.

Ўлчанаётган катталликлар қийматини ва уни ноаниқлигини баҳолаш жараёнини қуйидаги **8 та босқич** кўринишида тасавур қилиш мумкин:

- **1- босқич.** Ўлчанаётган катталиқни тавсифлаш ва унинг моделини тузиш;
- **2 - босқич.** Ноаниқлик манбаларини аниқлаш;
- **3- босқич.** Ташкил қилувчи ноаниқликларни миқдорий жиҳатдан тавсифлаш;
- **4 - босқич.** Корреляция таҳлили;
- **5 - босқич.** Ноаниқлик бюджетини тузиш;
- **6 - босқич.** Чиқиш катталиқни баҳосини ҳисоблаш;
- **7 - босқич.** Йиғинди (чиқиш катталиқнинг) стандарт ноаниқликни ҳисоблаш;
- **8 - босқич.** Кенгайтирилган ноаниқликни ҳисоблаш ва ўлчаш натижасининг якуний тавсифини тақдим этиш.

1- босқич

Ўлчанаётган катталиқни тавсифлаш ва унинг моделини тузиш

Ўлчанаётган катталиқни тавсифлаш

Айнан нима ўлчанаётганини аниқ ифодаламақ зарур. Амалётда ўлчанаётган катталиқнинг таснифи ёки таърифи талаб қилинаётган ўлчаш натижаси аниқлигига боғлиқ бўлади.

Маслан - пўлатдан ясаиб номиналь узунлиги **1 т** бўлган стержиннинг **l** узунлигини **микрометргача** аниқликда аниқлаш керак.

Ўлчаш жараёни билан боғлиқ таснифда стерженнинг узунлигига таъсир қилиши мумкин бўлган катталикларнинг аниқ қийматлари эътиборга олиниши керак.

Масалан: ўлчаш амали олиб борилаётган атроф муҳит ҳарорат, атмосфера босими, шунингдек стерженнинг текисликда жойлашган (**вертикал ёки горизонтал**) ҳолати.

Демак, Ўлчанаётган катталиكنинг таснифини тузишдан олдин юқорида санаб ўтилган катталикларнинг таъсир даражасини баҳолаш зарурдир.

Шундай қилиб, ўлчанаётган катталиқни қуйидагича таснифлаш зарур экан, Масалан: *25,00 °C ҳароратдаги стерженнинг узунлиги.*

Агарда стерженнинг узунлиги *миллиметр-гача* аниқликда аниқланиши талаб қилинадиган бўлса, у ҳолда унинг таснифи ҳарорат, атмосфера босими ёки умуман ташқи таъсир омилларини эътиборга олишни талаб қилмайди.

Ўлчанаётган катталикнинг модели

Ноаниқликни одатда ўлчашнинг математик модели ва ноаниқликнинг тақсимланиш қонунидан фойдаланиб баҳоланади.

Шундай қилиб, ўлчанаётган катталиқ Y ни **функционал боғлиқлиги орқали** акс этирувчи умумий кўринишда ифодалаш керак:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (3.1)$$

бу ерда, X_i ($i=1, 2, \dots, n$) катталиқлар кириш катталиқлари ва Y эса чиқиш катталиги деб аталади.

2 - босқич.

Ноаниқлик манбаъларини аниқлаш.

Ноаниқликлар манбаи

Ўлчаш усули

Ўлчаш қурилмаси

Атроф муҳит

Ўлчанаётган объект

Оператор

ЎЛЧАШ УСУЛИ НОАНИҚЛИГИ:

- кузатишлар сони;
- ўлчаш давомийлиги;
- ўлчаш усулини танлаш;
- эталон ёки ўлчаш воситасини танлаш;
- мос келувчи фильтр, стандарт намунани ва ҳакозоларни танлаш.

ЎЛЧАШ ҚУРИЛМАСИ НОАНИҚЛИГИ:

- калибрлаш ноаниқлиги;
- кўрсатишлар вариацияси;
- охирги калибрлаш моментидан ўтган вақт;
- қўлланилаётган программа таъминоти;
- сезгирлик остонаси ёки охирги йўл қўйиладиган имконият;
- температура ва ҳ.к.

АТРОФ МУҲИТ НОАНИҚЛИГИ:

- температура;
- намлик;
- босим;
- бино тозалиги;
- магнит ва гравитацион майдонлар;
- вибрация;
- турли хил нурланишлар, ёруғлик ва ҳ.к.

ЎЛЧАНАЁТГАН ОБЪЕКТ НОАНИҚЛИГИ:

- температура;
- юза;
- материал;
- ўлчамлар;
- геометрик ўлчашлар учун шаклдан оғиш ва ҳ.к.

ОПЕРАТОРНОАНИҚЛИГИ:

- ўлчаш имконияти;
- иш тажрибаси;
- ўлчаш воситаси танлови;
- маълумоти;
- параллакс;
- виждонлилик;
- манипуляция қилиш (қўл эпчиллиги) ва ҳ.к.

3 - босқич

Ташкил қилувчи ноаниқликларни миқдорий жиҳатдан тавсифлаш

Ушбу босқичда ҳар бир аниқланган ва шу ўринда жоиз деб топилган ноаниқлик манбаларининг миқдорий қийматларига баҳо берилади. Кўп ҳолларда бир неча ноаниқлик манбаларига боғлиқ бўлган ноаниқликларнинг ягона ҳиссани баҳолаш ёки аниқлаш мумкин.

Стандарт ноаниқликларни баҳолаш

Катталиқ ва катталиқ қийматларини ўзгариши ҳақидаги мавжуд маълумотларнинг турига (*статистик ёки ностатистиклигига*) қараб кириш катталиқлари стандарт ноаниқликлари *A тип ва B тип* бўйича баҳоланади.

Стандарт ноаниқликни *A тип* бўйича баҳолаш

Агар катталиқ ҳақидаги маълумот **статистик** бўлса, яъни тажриба ёки синов йўли орқали олинган бўлса, у ҳолда кириш катталиклари стандарт ноаниқлиги *A тип* бўйича баҳоланади. Баҳолашда қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$u(\bar{x}) = S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5.2)$$

$$= \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \left[(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \right]}$$

Бу ерда

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Ҳаммамизга маълум бўлган, X катталигини баҳоси - n кузатишлардан x_i ($i=1, 2, \dots, n$) олинган ўртача арифметик қиймати бўлади

Мисол: Бешта ўзаро мустақил бўлган электр кучланишини кузатиш (ўлчаш) натижалар қатори жадвалда келтирилган. Стандарт ноаниқликни баҳоланг.

$N_{\text{Т/к}}$	V, V	$(V_i - \bar{V}), V$	$(V_i - \bar{V})^2, V^2$
1	5,007	0,008	0,000064
2	4,994	-0,005	0,000025
3	5,005	0,006	0,000036
4	4,990	-0,009	0,000081
5	4,999	0,000	0,000000
Σ	24,995		0,000206
Ўр. қиймат	4,999		

$$\begin{aligned} u(\bar{V}) &= S_{\bar{V}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{5(5-1)} \cdot 206 \cdot 10^{-6}} = \\ &= \sqrt{10,3 \cdot 10^{-6}} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ V} \end{aligned}$$

Кузатилаётган катталиқнинг ўртача арифметик ва шу ўртача қийматларнинг тажрибавий (экспериментал оқиши) стандарт ноаниқлиги баҳоси

$$\bar{V} = 4,9990 \text{ V}, u(\bar{V}) = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

Стандарт ноаниқликни баҳолаш *B тип* бўйича

Агар катталиқ ҳақидаги маълумот **ностатистик** бўлса, яъни ушбу ўлчаш мобайнида баҳоланмасдан қайсидир мустақил баҳолаш натижасидан (**сертификат, стандарт, техникавий шартлар, паспорт ва бошқа маълумот манбаларидан**) олинган бўлса, у ҳолда кириш катталиқлари стандарт ноаниқлиги *B тип* бўйича баҳоланади.

Стандарт ноаниқликни ***В тип*** бўйича баҳолаш илмий муҳокама асосида бажарилади.

В тип бўйича баҳолаш катталиқ қийматини ва уни мумкин бўлган ўзгарувчанлиги тўғрисидаги ҳамма маълумотларга асосланади ва мутахассисдан катта маҳорат, билим, тажриба ва ўлчашлар моҳиятини англашга нисбатан таҳлилни талаб қилади.

В тун бўйича баҳолашда маълумотлар фонди сифатида қуйидагиларни ўз ичига олиши мумкин:

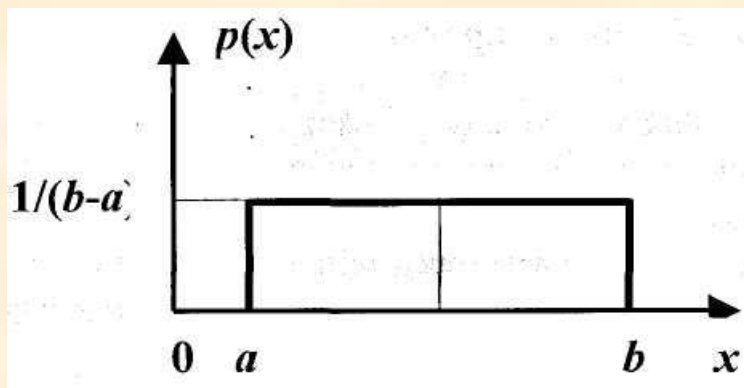
- дастлабки ўлчаш маълумотлари;
- малакавий билим ёки тажриба асосида олинган маълум материал ва қурилмаларнинг хусусиятлари билан боғлиқ бўлган маълумотлар ;
- ишлаб чиқарувчи таснифи (таъминотчи маълумотлари);
- калибрлаш тўғрисидаги гувоҳномада (сертификатда) ва бошқа сертификатларда кўрсатилган маълумотлар;
- маълумотномалардан (справочник) олинган маълумотларга мансуб ноаниқликлар;
- ва ҳақозолар.

X_i ҳақидаги мавжуд маълумотларни, эҳтимолликлар тақсимооти функцияси ёрдамида тўғри тавсифлаш ёки у ёки бу эҳтимолликлар тақсимооти функциясига мансублигини тўғри аниқлаш, кейинчалик шу мансублик асосида уларнинг катталики баҳосини ва стандарт оғишини тўғри аниқлаш имкон беради.

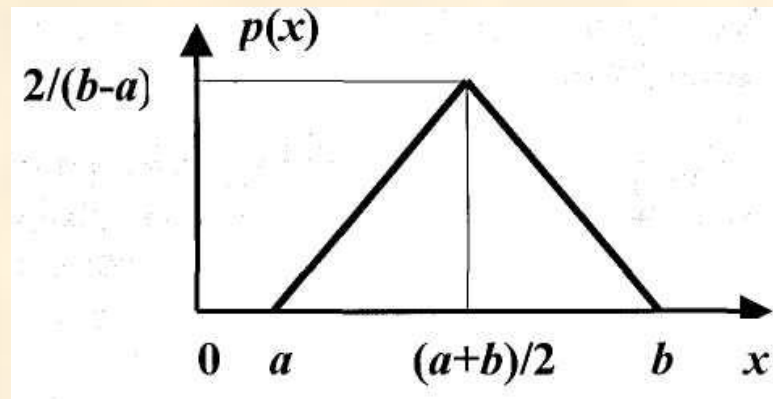
Қуйидаги асосий тақсимот қонунлар қўлланилади:

- тўғри бурчакли (текис);
- учбурчакли;
- трапециодал;
- нормаль (Гаусс);
- ва бошқалар.

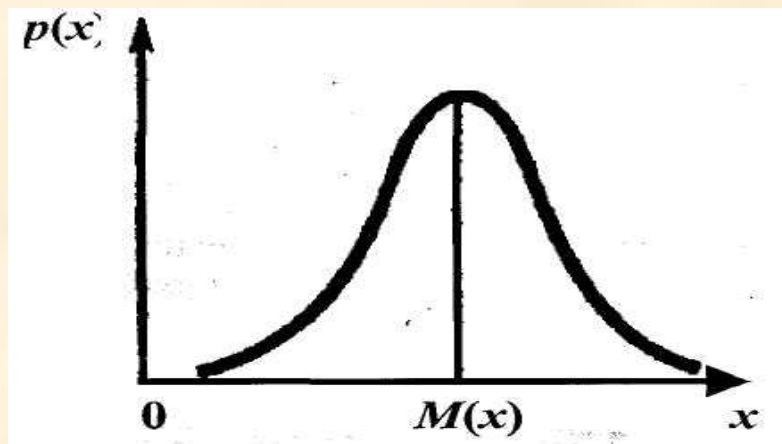
Этимолликларнинг тақсимланиш функцияси шакллари



тўғри бурчакли (текис)



Симпсон(учбурчакли)



Гаусс (нормал)

Агар катталиқнинг ўзлаштирилган қиймати эҳтимоллиги **тўғри бурчакли (теқис) тақсимот қонунияти** бўйича тавсифланса, у ҳолда яримкенглиги (полуширина) **a** – га тенг ушбу эҳтимолликлар тақсимотини стандарт ноаниқлиги қуйидагича аниқланади

$$u = a / \sqrt{3}$$

Агар катталиқнинг ўзлаштирилган қиймати эҳтимоллиги **Симпсон (учбурчакли) тақсимот қонунияти** бўйича тавсифланса, у ҳолда яримкенглиги (полуширина) **a** – га тенг ушбу эҳтимолликлар тақсимотини стандарт ноаниқлиги қуйидагича аниқланади

$$u = a / \sqrt{6}$$

Агар катталиқнинг ўзлаштирилган қиймати
ЭХТИМОЛЛИГИ **Гаусс (нормал) тақсимот**
қонунияти бўйича тавсифланса ва **99,73 фоиз**
ЭХТИМОЛЛИК билан яримкенглиги (полуши-
рина) ***a*** – га тенг бўлган ушбу ЭХТИМОЛЛИКЛАР
ТАҚСИМОТИНИ стандарт ноаниқлиги қуйидагича
аниқланади

$$u = a / \sqrt{9}$$

Кўриб чиқилган эхтимолликлар тақсимланиш қонунларидан энг кам стандарт ноаниқликга эгаси **Гаусс (нормал)** , энг кўпи эса **тўғри бурчакли (текис)** тақсимланиш экан.

Ўзлаштирилган катталиқ қиймати ноаниқлиги тўғрисида маълумот

Ўзлаштирилган катталиқ қиймати (яъни агар катталиқ ҳақидаги маълумот ўлчашлар ва синовлар натижасида олинмасдан бошқа маълумот манбаларидан, масалан сертификат, стандарт, техникавий шартлар, паспорт, справочник ва бошқалардан олинган бўлса) кўпинча у ёки бу ноаниқлик тури маълумоти билан биргаликда берилади.

Масалан, ноаниқлик қуйидагича кўрсатилиши мумкин:

- стандарт оғиш;
- стандарт оғишни каррали қиймати;
- кўрсатилган ишонч даражасига эга бўлган яримкенглик оралиғи;
- юқори ва қуйи чегаралар;
- катталиқни ҳамма қийматларини қамраб олган максимал чегаралар;
- ноаниқликка тегишли ҳеч қандай маълумот берилмаган.

КАТТАЛИК ҲАҚИДАГИ МАЪЛУМОТНИ ЭҲТИМОЛЛИКЛАРНИНГ ТЎҒРИ БУРЧАКЛИ ТАҚСИМОТ ҚОНУНИЯТИГА ОЛИБ БОРИШ

Қуйида катталик қиймати ҳақидаги мавжуд маълумотга таяниб қандай тақсимот қонуниятини танлаш кўрсатилган

1 - Вариант.

Агар катталик ҳақидаги маълумот интервал чегаралари ёки максимал (юқори ва паст) чегаралар, ёки катталикнинг ҳамма қийматлари ётувчи оралик берилган бўлса у ҳолда унинг эҳтимоллиги тўғри бурчакли қонунят бўйича тақсимланган.

Мисол 1.

Тайёрловчи таснифлагичида мензурка учун, унинг ҳажми $V = 25,00 \text{ ml} \pm 0,05 \text{ ml}$ ни таъкил қилиши мумкинлиги кўрсатилган. Шундай қилиб, **интервалнинг ярим кенглиги**, $a = 0,05 \text{ ml}$, унинг **стандарт ноаниқлиги** эса $u(V) = 0,05/\sqrt{3} = 0,029 \text{ ml} = 0,03 \text{ ml}$ га тенгдир.

2 - Вариант

Агар ноаниқликга нисбатан **ҳеч қандай ахборот берилмаган бўлса**, у ҳолда унинг эҳтимоллиги тўғри бурчакли қонунят бўйича тақсимланган.

Мисол 1.

Чегараланган аниқлик билан ҳисоблаш δx , масалан ҳисоблаш натижасини яхлитлаш ҳам ноаниқлик манбаи бўлиши ҳам мумкин.

Рақамларни яхлитлашга асосланган стандарт ноаниқлик $u = a / \sqrt{3} = \delta x / (2\sqrt{3}) = 0,29 \cdot \delta x = 0,29$ бу ерда ярим кенглик a яхлитланаётган рақамнинг охириги рақами разряди.

Мисол 2.

$\pi=3,14$ сонининг стандарт ноаниқлигини аниқлаш

3,14 сонининг охирги разряд бирлиги 0,01 га тенг. Шундай қилиб, эҳтимоллик тақсимланиш интервалидаги ярим кенглик $a=0,01/2=0,005$ га тенг ва унинг **стандарт ноаниқлиги**

$$u = 0,005 / \sqrt{3} = 0,0029 \text{ га тенг.}$$

Мисол 3.

Рақамли ўлчаш воситасининг ҳисоблаш қурилмаси йўл қўйиш чегараси δx га тенг. Ихтиёрий кўрсаткичи учун ЎВ сининг *стандарт ноаниқлиги* нимага тенг?

$$u = a / \sqrt{3} = \delta x / (2\sqrt{3}) = 0,29 \cdot \delta x$$

Мисол 4.

Тортиш учун мўлжалланган қурулманинг ҳисоблаш ускунасининг **энг кичик қиймати 1 g бўлган аҳамиятли сонга эга.**

Ҳисоблаш ускунасининг ҳисоб қийматларининг йўл қўйилиш чегарасига боғлиқ бўлган **стандарт ноаниқлиги**

$$u = a / \sqrt{3} = \delta x / (2\sqrt{3}) = 0,29 \cdot \delta x = 0,29 \text{ g.}$$

Мисол 5.

Ўлчам қурулмасининг **вариацияси δx** га тенг.

Ўлчам қурулмасининг вариациясига боғлиқ бўлган **стандарт ноаниқлиги**

$$u = a / \sqrt{3} = \delta x / (2\sqrt{3}) = 0,29 \cdot \delta x$$

КАТТАЛИК ҲАҚИДАГИ МАЪЛУМОТНИ ЭҲТИМОЛЛИКЛАРНИНГ УЧБУРЧАКЛИ ТАҚСИМОТ ҚОНУНИЯТИГА ОЛИБ БОРИШ

Агар катталик ҳақидаги маълумот қуйида таъкидлаб ўтилган кўринишларда ифодаланган бўлса, у ҳолда унинг эҳтимоллиги учбурчак тақсимот қонуняти бўйича тақсимланган деб тахмин қилиш мумкин:

1 – Вариант

Қаралаётган катталик қийматлари оралик чегараларига нисбатан **марказда жойлашиш эҳтимоллиги кўпроқ**; ёки катталик баҳоси эҳтимолликларни симметрик тақсимотида баён этилган $(\pm a)$ максимал қийматлар оралиғи формасида олинган;

Мисол.

Маълумотномада (Справочник) тоза миснинг $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ даги мумкин бўлган энг кичик чизиқли кенгайиш температура коэффициенти қийматини $\alpha_{20}(\text{Cu}) = 16,52 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, энг катта мумкин бўлган қиймати - $16,92 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, энг катта эҳтимолликга эга қиймат $16,66 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ни беради.

2 - Вариант

Қачонки катталиқ икки катталиқнинг йиғиндиси ёки фарқи ва шу ўринда ҳар икки катталиқ қийматининг эҳтимоллиги бир хил диапазонда тўғри бурчакли тақсимот қонуняти бўйича тақсимланган бўлса, у ҳолда унинг эҳтимоллиги учбурчак тақсимои бўйича тақсимланган.

Мисол.

Электрик занжирга R_1 ва R_2 номинал қийматли иккита резисторлар кетма кет уланган. Уларни номинал қийматдан оғишлари r_1 ва r_2 мос равишда r_1 ва $\pm r_2$

КАТТАЛИК ҲАҚИДАГИ МАЪЛУМОТНИ ЭҲТИМОЛЛИКЛАРНИНГ НОРМАЛ ТАҚСИМОТ ҚОНУНИЯТИГА ОЛИБ БОРИШ

Агар катталиқ ҳақидаги маълумот қуйида таъкидлаб ўтилган кўринишларда ифодаланган бўлса, у ҳолда унинг эҳтимоллиги **нормал тақсимот** қонуняти бўйича тақсимланган деб тахмин қилиш мумкин:

1 - Вариант.

Агар катталиқ баҳоси тасодифан ўзгарадиган жараённинг такрорланадиган кузатишларидан олинган бўлса, у ҳолда унинг эҳтимоллиги нормал тақсимот қонуняти бўйича тақсимланган деб тахмин қилиш мумкин.

2 – Вариант.

Агар X_i катталикининг қиймати эҳтимоллиги (ёки ишонч даражаси) a дан b гача бўлган ораликда жойлашуви **қанчадир процент (%)** ни ташкил этади деб тасдиқлаш мумкин бўлса, у ҳолда унинг эҳтимоллиги **нормал тақсимот қонуняти** бўйича тақсимланган деб тахмин қилиш мумкин.

Бунда x_i учун стандарт ноаниқлик, келтирилган интервалнинг ярим кенглигини шу кўрилаётган вазият учун мос келадиган коэффициент k га бўлиш орқали олинади, бу ерда ишонччилик даражаси **50, 90, 95 ёки 99 %** ва ишонччилик даражасининг ҳар бирига мувофиқ ҳолда **0,674; 1,64; 1,96 ва 2,58** лар k нинг қийматларидир.

Мисол.

Деталларни ўлчамини аниқлаётган станокчи уларнинг **узунлиги 0,5 эҳтимоллик билан 10,07 мм дан 10,15 мм** гача ораликда жойлашишини баҳолайди.

Шундай қилиб, деталнинг узунлиги 0,5 эҳтимоллик билан **$l = (10,11 \pm 0,04)$ мм** интервалда бўлиши мумкинлигини тасдиқлайди.

*Модомики $\pm 0,04$ мм 50 фоиз ишончлилик даражаси билан аниқланган интервал бўлса, у ҳолда **$k=0,674$** га тенг.*

Демак, детал узунлигини баҳолашнинг стандарт ноаниқлиги

$$u(l) = (0,04/0,674) \text{ мм} = 0,06 \text{ мм га тенгдир.} \quad 68$$

3 - Вариант

Агар маълум ишончлилик даражасига эга бўлган яримкенглик оралиғи берилган бўлса, у ҳолда унинг эҳтимоллиги нормал тақсимот қонунияти бўйича тақсимланган деб тахмин қилиш мумкин.

Бунда x , учун стандарт ноаниқлик, келтирилган интервалнинг ярим кенглигини шу кўрилаётган вазият учун мос келадиган коэффициент k га бўлиш орқали олинади, бу ерда ишончлилик даражаси **50, 90, 95 ёки 99 %** ва ишончлилик даражасининг ҳар бирига мувофиқ ҳолда **0,674; 1,64; 1,96 ва 2,58** лар k нинг қийматларидир.

Мисол.

Калибрлаш тўғрисидаги гувоҳномада 10Ω номинал қийматли R_3 эталон резистори қаршилиги $23 \text{ }^\circ\text{C}$ да $10,000742 \Omega \pm 129 \text{ мк}\Omega$ га тенг ва бу ерда таъкидланганки, олинган $129 \text{ мк}\Omega$ ноаниқлик 99 фоизли ишончлилик даражаси эга бўлган оралиқда аниқланган.

$k=2,58$ га тенг бўлгандаги резисторнинг **Стандарт ноаниқлиги**

$u(R_3) = (129 \text{ мк}\Omega)/2,58 = 50 \text{ мк}\Omega$ га тенгдир деб баҳолаш мумкин.

4 - босқич

Корреляция таҳлили

Иккита кириш катталиклари мустақил ёки ўзаро боғланган бўлишлари мумкин, яъни ўзаро боғланган ёки коррелятив.

Иккита кириш катталиклари орасида маълум корреляция бўлиши мумкин, агар уларни аниқлашда:

- айна бир **ўлчаш асбоби**;
- ёки **битта эталонда калибрланган хар хил нусхадаги ўлчаш воситалар**;
- маълум стандарт ноаниқликка эга бўлган **маълумотнома маълумотлари**;
- ва бошқалардан фойдаланилса.

Масалан, агар бирор кириш катталиги X_i баҳолаш зарурати туғилганда температурага тузатма сифатида қандайдир термометрдан олинади ва худди шу термометр тузатмасидан X_j кириш катталиги билан характерланувчи температура баҳоланаётганда ҳам фойдаланилади, у ҳолда бу иккала кириш катталиклари етарлича (анча) **коррелятив** бўлиши мумкин.

Умуман олганда шуни назарда тутиш керакки, **кириш катталиклари ўртасидаги ўзаро корреляцияни ҳисоб (назар) га олмаслик чиқиш катталиги стандарт ноаниқлигини баҳолашда хатоликларга олиб келиши мумкин.**

Мақбул функция модели танланган ҳолларда коррелятивликни ҳисобга олмаслик мумкин.

Иккита тасодифий катталикининг ўзаро алоқадорлиги ёки коррелятивлиги ўлчови ковариациядир. Иккита X_i ва X_j кириш катталиклари баҳоланиши билан боғлиқ бўлган ковариацияни, нолга тенг деб ёки ҳисобга олмас даражада кичик деб қараш мумкин, агар:

а) Агар улар кўп карра бир биридан мустақил бўлган турли тажрибаларда, шунингдек турли вақтларда кузатилса;

б) Агар улар *турли ва бир биридан мустақил* ўтказилган тадқиқотларнинг натижавий катталикларини ифодаласа (тавсифласа);

в) Агар кириш катталикларидан бирортаси X_i ёки X_j ўзгармас сифатида қаралса;

г) ёки агар малака ва кўникмаларимиздан келиб чиқган ҳолда, X_i ва X_j кириш катталиклари ўртасида қандайдир *корреляция борлигига асос бўлмаса*.

Агар иккита кириш катталиклари X_i ва X_j маълум даражада коррелятив ҳисобланса, у ҳолда улар у ёки бу сабабга кўра бир - бирига боғлиқ бўлади, демак йиғинди стандарт ноаниқликни баҳолаш вақтида кириш катталиклари ноаниқлиги ҳиссаси сифатида уларнинг **ковариацияси** ҳисобга олиниши керак, у қуйидаги формула билан баҳоланади:

$$u(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = u(\bar{x}_i) \cdot u(\bar{x}_j) \cdot r(\bar{x}_i, \bar{x}_j), \quad i \neq j \quad (6.1)$$

Коррелятивлик даражаси карреляцион коэффициентни ёрдамида аниқланади (Коррелятивлик коэффициентини баҳолашда (6.1) тенгламадан фойдаланилади):

$$r(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = u(\bar{x}_i, \bar{x}_j) / u(\bar{x}_i) \cdot u(\bar{x}_j), \quad i \neq j, \quad |r(\bar{x}_i, \bar{x}_j)| \leq 1 \quad (6.2)$$

Мустақил бўлган иккита X_i ва X_j катталикларнинг n жуфт такрорий кузатиш натижаларининг x_i ва x_j **ўратча арифметик қийматлари ковариациясини** баҳолаш зарур бўлган ҳолда қуйидаги формула бўйича баҳоланади:

$$u(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = s(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = \frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j) \quad (6.3)$$

5 - босқич.

Ноаниқлик бюджетини тузиш

Ноаниқликлар бюджети кириш катталикларининг миқдорий қийматлари ҳақидаги дастлабки барча олинган ва таҳлил қилинган мавжуд маълумотларни умумлаштириш ва кўргазмали тассавурни ҳосил қилиш учун хизмат қилади. Бундан **асосий мақсад чиқиш катталиклари стандарт ноаниқликлар қийматини бевосита ҳисоблашни енгиллаштириш.**

Ноаниқликлар бюджети қуйидагича жадвални
ифодалайди,

Ноаниқликлар бюджети

Катталик бирлиги X_i	Катталик бирлиги	Баҳонинг киймати X_i	Кенгайtirilgan ноаниқлик $\pm U$	Ноаниқлик типиди	Эҳтимолликлар таксимоти	Стандарт ноаниқлик, $u(x_i)$	Эркинлик даражаси, ν	Сезгирлик коэффициенти, c_i	Ноаниқликлар хиссаси, $u_i(y)$	Фоизли хисса, %
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				$u(y)$				

Ноаниқликлар бюджети тузилгандан сўнг чиқиш катталиги баҳоси y ва u билан боғлиқ бўлган стандарт ноаниқлик $u(y)$ ни ҳисоблаш мумкин.

Мисол.

Номинал кўрсаткичи 10 кг бўлган қадок тошнинг қийматини, масса компараторидан фойдаланиб эталон қадок тош билан солиштириш усули орқали аниқлаш.

Ўлчашнинг математик модели:

$$m_k = m_{\text{э}} + \delta m_{\text{э}} + \delta m + \delta m_c + \delta B$$

m_k - калибрланаётган қадок тошнинг массаси (чиқиш катталиги);

$m_{\text{э}}$ - эталон қадок тошнинг массаси (калибрлаш сертификатидан);

$\delta m_{\text{э}}$ - эталон қадок тошнинг массасини сўнги калибрлаш вақтидан кейинги ўзгариши;

δm - калибрланаётган ва эталон қадок тошлари массасининг кузатилаётган фарқи;

δm_c - эксцентрик оғирлик ва магнит эффектларига тузатма;

δB - ҳавони итариб турувчи кучи билан боғланган тузатма;

U - $k=2$ га тенг бўлгандаги кенгайтирилган ноаниқлик.

Катталик X_i	Катталик бахоси x_i, g	Кенгай тирилган ноаниклик $\pm U, mg$	Ноаниклик тип	Эхтимолликлар таксимоти	Стандарт ноаниклик. mg	Сезгирлик коэффициент, c_i	Ноанилик хиссаси	
							mg	$\%$
m_ε	10000,005	45	<i>B</i>	нормал	22,5	1,0	22,5	59,1
δm_ε	0,000	15	<i>B</i>	Тугри бурчакли	8,66	1,0	8,7	8,8
δm	0,020		<i>A</i>	нормал	14,4	1,0	14,4	24,3
δm_c	0,000	10	<i>B</i>	Тугри бурчакли	5,77	1,0	5,8	3,9
δB	0,000	10	<i>B</i>	Тугри бурчакли	5,77	1,0	5,8	3,9
m_k	10000,025				29,3		29,3	
U							58,5	

Натижа: $m_k = 10,000025 \pm 0,000059 \text{ kg}$ ($k=2, P=95 \%$) ⁸³

6 – босқич

Чиқиш катталикини баҳосини ҳисоблаш

Чиқиш катталиги баҳоси Y , белгиланувчи y , катталикининг ўлчаш натижаси ҳисобланади.

Бу ўлчаш натижаси баҳосини (3.1) тенгламадан, иккита усулда олинади.

Биринчи усул. Чиқиш катталиги баҳоси Y (3.1) тенгламадан кириш катталиги X_i ни унинг **баҳоси x_i** (ўрта арифметик қиймат \bar{x}_i) алмаштириш билан олинади.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad \text{или} \quad \bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_N) \quad (8.1)$$

Иккинчи усул. Чиқиш катталиги Y нинг баҳоси бўлган y (3.1) тенгламадан, кириш катталиги X_i ни унинг ўлчаш натижасида олинган қийматлари билан алмаштириш билан олинади.

Кириш катталикларини кўп каррали кузатиш қаторларида Y чиқиш катталигининг y_k алоҳида қийматларини ҳар бир кириш маълумотларидан ҳисоблаш мумкин, кейин чиқиш катталигининг баҳосини олиш учун бу қийматларнинг ўрта арифметици олинади, яъни

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k$$

7 – босқич

9. Йиғинди (чиқиш катталиқни) стандарт ноаниқлиқни ҳисоблаш

Чиқиш катталигини стандарт ноаниқлиги бу чиқиш катталиги баҳосининг стандарт оғиши бўлиб қийматлар сочилишини тавсифлайди ва уни ўлчанаётган катталикга тегишли деб билмоқ асосли бўлиши мумкин.

Чиқиш катталиги стандарт ноаниқлиги **A** тип **B** тип бўйича баҳоланган $u(x)$ чиқиш катталиклари стандарт ноаниқликлари (ва уларнинг ковариациялари, вазиятларга боғлиқ холда) оддий қўшиш ёки стандарт оғишларни комбинациялаш (жамлаш) усулини қўллаб аниқланади. Шунинг учун чиқиш катталиги **стандарт ноаниқлиги йиғинди стандарт ноаниқлик** дейилади ва $u_c(y)$ деб белгиланади.

У чиқиш катталигини баҳоси аниқланган каби, йиғинди стандарт ноаниқлик ҳам икки усулда аниқланади

Биринчи усул.

Агар кириш катталиклари ўртасида корреляция мавжуд бўлмаса йиғинди стандарт ноаниқлик қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)} \quad (9.1)$$

Агар кириш катталиклари ўртасида корреляция мавжуд бўлса, у ҳолда бундай ўзаро корреляцион кириш катталиклари учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)} =$$

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

Бу ерда

хусусий ҳосилалар $\partial f / \partial x_i$ – сезгирлик коэффициентидир;

$u(x_i, x_j)$ – кириш катталиклари ковариацияси.

Сезгирлик коэффициенти

$$c_i = \partial f / \partial x_i \quad (9.2)$$

кириш катталиклари баҳоси x_1, x_2, \dots, x_n нинг ўзгариши билан *чиқиш катталиги* y нинг баҳоси ўзгаришини характерлайди.

(9.1) формула устида (9.2) формулани эътиборга олиш билан шакл алмаштириш амалга оширилса, у қуйидаги кўринишга келади

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i \cdot u(x_i)]^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} \quad (9.3)$$

Бу ерда $u_i(y) = c_i \cdot u(x_i)$ (9.4)

Сезгирлик коэффициентини аниқлашнинг барча ҳолларида, хусусий ҳосилаларни ёки унинг қийматли эквивалентларини топишни талаб қилувчи умумий процедура қўлланилиши шарт.

8 – босқич

Кенгайтирилган ноаниқликни ҳисоблаш ва ўлчашнинг якуний натижасини тақдим этиш

Кенгайтирилган ноаниқликни ҳисоблаш

Айрим вазиятлардан: савдода, саноатда ва тартибга солувчи айрим ҳужжатларда, шунингдек қачонки вазият соғлиқ ва хавфсизлик алоқадор бўлган ҳолларда, ўлчаш натижаси учун **интервал характеристикасини** ўзида мужассамлаштирган **ноаниқлик ўлчовини** бериш зарур ва бу интервалда қийматлар тақсимотининг асосий қисми жойлашган бўлсин.

U – деб белгиланувчи кенгайтирилган ноаниқлик, ноаниқликнинг қўшимча ўлчови сифатида қаралади.

Кўп ҳолларда ноаниқлик даражасини интервал кўринишида белгилашга тўғри келади. Бу интервал оралиғида ўлчаш натижаларини кўп қисми ётади ва уни етарли аниқлик билан ўлчалган катталиқга таълуқли деб айтиш мумкин. Бундай ноаниқлик даражасини *кенгайтирилган ноаниқлик* деб айтилади.

Кенгайтирилган ноаниқлик U чиқиш катталигининг стандарт ноаниқлигини $u(y)$ қамров коэффициенти k га кўпайтириб топилади:

$$U = k \cdot u(y)$$

Кўп амалий ҳолларда, масалан, ишончлилиқ даражаси **68 %** бўлган оралиқда **$k = 1$** деб қабул қилинади, - **95 %** бўлган оралиқда **$k = 2$** ; **-99 %** бўлган оралиқда **$k = 3$** деб қабул қилинади.

Бошқа ишончлилиқ даражалар учун **k** нинг қиймати қуйдаги жадвалда келтирилган.

<i>Ишончлилиқ даражаси, %</i>							
	50	68,27	90 %	95	95,45	99	99,73
k	0,674	1	1,64	1,96	2	2,58	3
Тўғри бурчакли тақсимоти учун $k = \sqrt{3}$, учбурчак тақсимоти учун $k = \sqrt{6}$							

Кўп ҳолларда **95 %** эҳтимоллик билан **k ни 2 га тенг деб** олиш тавсия қилинади. Аммо бу қиймат йиғинди стандарт ноаниқлик **эркинлик даражаси унча катта бўлмаган (олтидан кам бўлган)** статистик кузатишлар натижасида олинган бўлса, етарли бўлмаслиги мумкин. Бундай ҳолларда **k нинг танлови эркинлик даражасини эффе́ктив қийматига** боғлиқ бўлади.

Қачонки йиғинди стандарт ноаниқлик эркинлик даражаси олтигадан кам бўлган катталиклар ҳиссасидан аниқланадиган бўлса, бу вазиятларда **k нинг қийматини** ушбу ҳисса билан боғлиқ бўлган ва талаб қилинган ишончлилиқ сатҳи (одатда 95 %) даги эркинлик даражаси қиймати учун **Стъюдент критериясининг (t-критерия) икки томонлама қийматига** тенг деб олинади.

Мисол.

Тортишнинг йиғинди стандарт ноаниқлиги калибрлаш билан боғлиқ бўлган стандарт ноаниқликнинг $u_{\text{кал.}} = 0,01 \text{ mg}$ ҳиссаси, ва бешта такрорий кузатишларнинг стандарт оғиши $S_{\text{кузат.}} = 0,08 \text{ mg}$ га асосланган.

Йиғинди стандарт ноаниқлик $u_c = \sqrt{(0,01^2 + 0,08^2)} = 0,081 \text{ mg}$.
У $5-1=4$ гатенг эркинлик даражасига эга бўлган такрорий кузатишлар ҳиссасини устунлигини аниқлайди $S_{\text{кузат.}}$.

Шунга кўра, k Стюдент тақсимотининг икки томонлама t қийматига тенг деб қабул қилиниши керак. t нинг бу қиймати тўртта эркинлик даражаси ва 95 % ишончлилик сатҳи учун, таблицага мувофиқ ҳолда 2,8 га тенг. Бундан, k ни 2,8 га тенг деб қабул қилинади.

Кенгайтирилган ноаниқлик

$$U = 2,8 \cdot 0,081 = 0,23 \text{ mg га тенг.}$$

Стьюдент таксимоти

k/P	0,95	0,99		k/P	0,95	0,99
1	12,706	63,657		11	2,201	3,106
2	4,303	9,925		15	2,131	2,947
3	3,182	5,841		17	2,110	2,898
4	2,776	4,604		19	2,093	2,861
5	2,571	4,032		21	2,080	2,831
6	2,447	3,707		25	2,060	2,787
7	2,365	3,499		30	2,042	2,750
8	2,306	3,355		60	2,000	2,660
9	2,262	3,250		120	1,980	2,617
10	2,228	3,169		∞	1,960	2,576

Ўлчашнинг якуний натижасини тақдим этиш

Ўлчаш натижаларини қайд қилиш қоидаси.

Миқдорий ифода (ўлчаш натижаси) учун тақдим қилинадиган йўл қўйилган оғишнинг (хатолик, **ноаниқлик**) охирига маънога эга қиймати разряди билан ўлчаш натижасининг маънога эга қийматининг разряди бир хил бўлиши керак.

Тўғри	Нотўғри
$17,0 \pm 0,2$	$17 \pm 0,2$
	$17,00 \pm 0,2$
$12,13 \pm 0,17$	$12,13 \pm 0,2$
$46,40 \pm 0,15$	$46,4 \pm 0,15$
	$46,402 \pm 0,15$

Катталиқ сон қийматини ва унинг ноаниқлигини **айнан бир хил катталиқ бирлигида** ифодалаш мақсадга мувофиқ.

Масалан: $(80,555 \pm 0,002)$ kg.

Катталиқнинг сон қийматлари ўртасидаги **интерваллар** қуйидагича ифодалаш мақсадга мувофиқ:
60 дан 100 гача, 120 дан катта ва 150 гача.

Ўлчаш натижасини яхлитлаш ва қайд қилиш.

Ўлчаш хатолиги

Техник ўлчашлар учун ноаниқликнинг баҳоланиш ноаниқлиги 15 да 20 % гача йўл қўйилган ҳисобланади.

Ўлчаш натижаси ноаниқлиги **иккита маънога эга сон** билан кўрсатилади, агарда уларнинг биринчи рақами 1 ёки 2 бўлса, ва шунингдек **битта маънога** эга сон билан кўрсатилади, қачонки биринчи рақами 3 ёки ундан катта бўлса.

Яхлитлаш фақат якуний натижадагина амалга оширилади, якуний натижасигача бўлган ўлчаш натижалари эса **битта ёки иккита ортиқча рақам** билан ҳисоблашларда ишлатилади.

Ноаниқлик тўғрисида ҳисобот

Ҳисобот тузишни қуйидаги 9 босқичда амалга ошириш тавсия қилинади:

1. Ўлчаш топшириғи:

ўлчаш шароити, қўлланиладиган қурилма, ўлчаш схемаси ёки режаси, ўлчаш усули ва/ёки усулияти келтирилган ҳолда Y ўлчанаётган катталиқ тўғрисида қисқача маълумот бериш.

2. Ўлчаш модели:

кириш катталиғи Y ва X_i чиқиш катталиғи орасидаги математик боғлиқликни уни боғлиқликлари билан биргаликда намоён қилиш

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

3. Кириш катталикларини таҳлили :

Кириш катталиги:

Ноаниқликни баҳолаш тури _____

Тақсимланиш кўриниши _____

Баҳолаш қиймати: _____

Кириш катталиги қиймати жойлашган интервал _____

Стандарт ноаниқлик _____

Юқорида қайд қилиб ўтилганларни қаердан ва қайси тахмин ва асос (нуқтаи назар)лардан олингани ёки юқорида қайд этилганларни манбаларини кўрсатиш (калибровка тўғрисидаги гувоҳнома, справочник, техник шарт, ўлчаш воситасининг паспорти ва ҳ.к.)

4. Кузатиш натижалари: тўғридан тўғри асбобнинг кўрсатишидан олинган кузатувлар натижаси рўйхати ва статик характеристикаларини аниқлаш, ўртача арифметик қиймат, ўртача квадратик оғиш (стандарт оғиш) стандарт ноаниқлик.

5. Корреляция: кириш катталикларини предмет корреляциясини таҳлил қилиш ва корреляцияланадиган ҳамма кириш катталикларини ҳисоблаш усулларини кўрсатган ҳолда корреляция коэффициентини ҳисоблаш.

6. Сизгирлик коэффициенти: ҳар бир кириш катталиги учун сезгирлик коэффициентини ёки df/dx , хусусий ҳосиласини ҳисоблаш асосида ёки усулини кўрсатилган ҳолда тажриба орқали олиш.

7. Ноаниқликлар бюджети

Катталик бирлиги X_i	Катталик бирлиги	Баҳонинг киймати X_i	Кенгайtirилган ноаниқлик $\pm U$	Ноаниқлик типиди	Эҳтимолликлар таксимоти	Стандарт ноаниқлик, $u(x_i)$	Эркинлик даражаси, ν	Сезгирлик коэффициенти, c_i	Ноаниқликлар хиссаси, $u_i(y)$	Ҳисса, %
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		8. Кенгайtirилган ноаниқлик:				$u(y)$	Танланган ишонччилик сатҳи			

асосида қамров коэффициенти аниқлаш ва кенгайtirилган ноаниқликни ҳисоблаш.

9. Тўлиқ ўлчаш натижаси: Ўлчанаётган катталиқ Y нинг y баҳоси ва **кенгайtirилган ноаниқлик U** дан ташкил топган тўлиқ ўлчаш натижасини, U ва y ларнинг ўлчаш бирлиги кўрсатган ҳолда қуйидаги шаклда берилади

$$Y = y \pm U$$

Қадоқ тошларни калибрлаш ноаниқлиги ҳақидаги ҳисобот

Ўлчаш топшириги : номинал кўрсаткичи 10 кг бўлган қадоқ тошнинг қийматини аниқлаш.

Ўлчаш усули: Масса компараторидан фойдаланган ҳолда, эталон қадоқ тош билан солиштириш.

Ўлчашнинг математик модели:

$$m_B = m_A + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B$$

Кузатишлар: Эталон(A) ва калибрланаётган(B) қадоқ тошлари ўртасидаги масса фарқи, АВВА ўрин алмаштириш усули схемаси бўйича аниқланади:

$$\Delta m = \frac{(B_{1i} - A_{1i} - A_{2i} + B_{2i})}{2},$$

Бунда A_{1i} ва A_{2i} – i - циклдаги калибрлашда фойдаланаётган эталон қадоқ тошнинг компаратордаги кўрсатиши;

B_{1i} и B_{2i} – i - циклдаги калибрланаётган қадоқ тошнинг компаратордаги кўрсатиши;
 $n=3$ – АВВА цикллар сони.

Эталон ва калибрланаётган қадок тошларнинг массаси	Компаратор кўрсатиши, g	Кузатилаётган фарк (Δ_{mi}), mg
Бринчи кузатиш		10,0
Эталон қадок тошнинг массаси (A_{11})	0,010	
Калибрланаётган қадок тошнинг массаси (B_{11})	0,020	
Калибрланаётган қадок тошнинг массаси (B_{21})	0,025	
Эталон қадок тошнинг массаси (A_{21})	0,015	
Иккинчи кузатиш		
Эталон қадок тошнинг массаси (A_{12})	0,025	
Калибрланаётган қадок тошнинг массаси (B_{12})	0,050	30,0
Калибрланаётган қадок тошнинг массаси (B_{22})	0,055	
Эталон қадок тошнинг массаси (A_{22})	0,020	
Учинчи кузатиш		
Эталон қадок тошнинг массаси (A_{13})	0,025	
Калибрланаётган қадок тошнинг массаси (B_{13})	0,045	20,0
Калибрланаётган қадок тошнинг массаси (B_{23})	0,040	
Эталон қадок тошнинг массаси (A_{23})	0,020	
Ўрта арифметиғи		20,0
ЎҚО йиғинди баҳоси (дастлабки кузатишлардан	$S_P(\delta m)$	25,000
Ўрта қийматнинг стандарт ноаниқлиғи	$u_P(\delta m) = S_P(\delta m) = \frac{S_P(\delta m)}{\sqrt{n}}$	14,4

Катталик X_i	Катталик бахоси x_p, g	Кенгай тирилган ноаник лик $\pm U, mg$	Но ник лик типи	Эхтимолл иклар такси моти	Стан дарт ноаник лик. mg	Сезгир лик коэфф ици енти, c_i	Ноани лик хиссаси	
							mg	%
Эталон қадоқ тошнинг массаси (калибрлаш сертификатидан) m_p	10000,005	45	B	нормал	22,5	1,0	22,5	59,1
Эталон қадоқ тошнинг массасини сўнги Калибрлаш вақтидан кейинги ўзгариши δm_p	0,000	15	B	Тўғри бурчакли	8,66	1,0	8,7	8,8
Калибрланаётган ва эталон қадоқ тошлари массасининг кузатилаётган фарқи δm	0,020		A	нормал	14,4	1,0	14,4	24,3
Эксцентрик оғирлик ва магнит эфектларига тузатма δm_c	0,000	10	B	Тўғри бурчакли	5,77	1,0	5,8	3,9
Ҳавони итариб турувчи кучи билан боғланган тузатма δB	0,000	10	B	Тўғри бурчакли	5,77	1,0	5,8	3,9
калибрланаётган қадоқ тошнинг массаси (чиқиш катталиги) m_k	10000,025				29,3		29,3	
$U - k=2$ га тенг бўлгандаги Кенгайтирилган ноаниқлик							58,5	

Натижа: $m_k = 10,000025 \pm 0,000059 \text{ kg}$ ($k=2, P=95 \%$)

ЎЗАРО ХАТОЛИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИДАН НОАНИҚЛИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИГА ҚАЙТА ҲИСОБЛАШ ОРҚАЛИ ЎТИШ

Турли усуллар билан ўтказилаётган ўлчаш амаллари натижалари ва уларни ишончлилиқ баҳосини солиштиришда, хатолик характеристикаларидан ноаниқлик характеристикаларига ўтиш ва моҳият жиҳатдан акс амални бажариш вазифаси пайдо бўлади. Қуйида қайта ҳисоблашни амалга ошириш учун зарур бўлган **параметрларнинг минимал мажмуаси** берилиб ва **қайта ҳисоблаш усули** кўрсатилган.

ХАТОЛИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИДАН НОАНИҚЛИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИГА ҚАЙТА ҲИСОБЛАШ ОРҚАЛИ ЎТИШ

Мамлакатимиз меъёрий ҳужжатларида ўлчаш натижаларини тақдим этишнинг иккита шакли қабул қилинган: **қисқа ва кенгайтирилган шакллари**.

Ўлчаш натижаларини тақдим этишнинг **қисқа шакли** **қўлланганда** қуйидаги характеристикалар келтирилади:

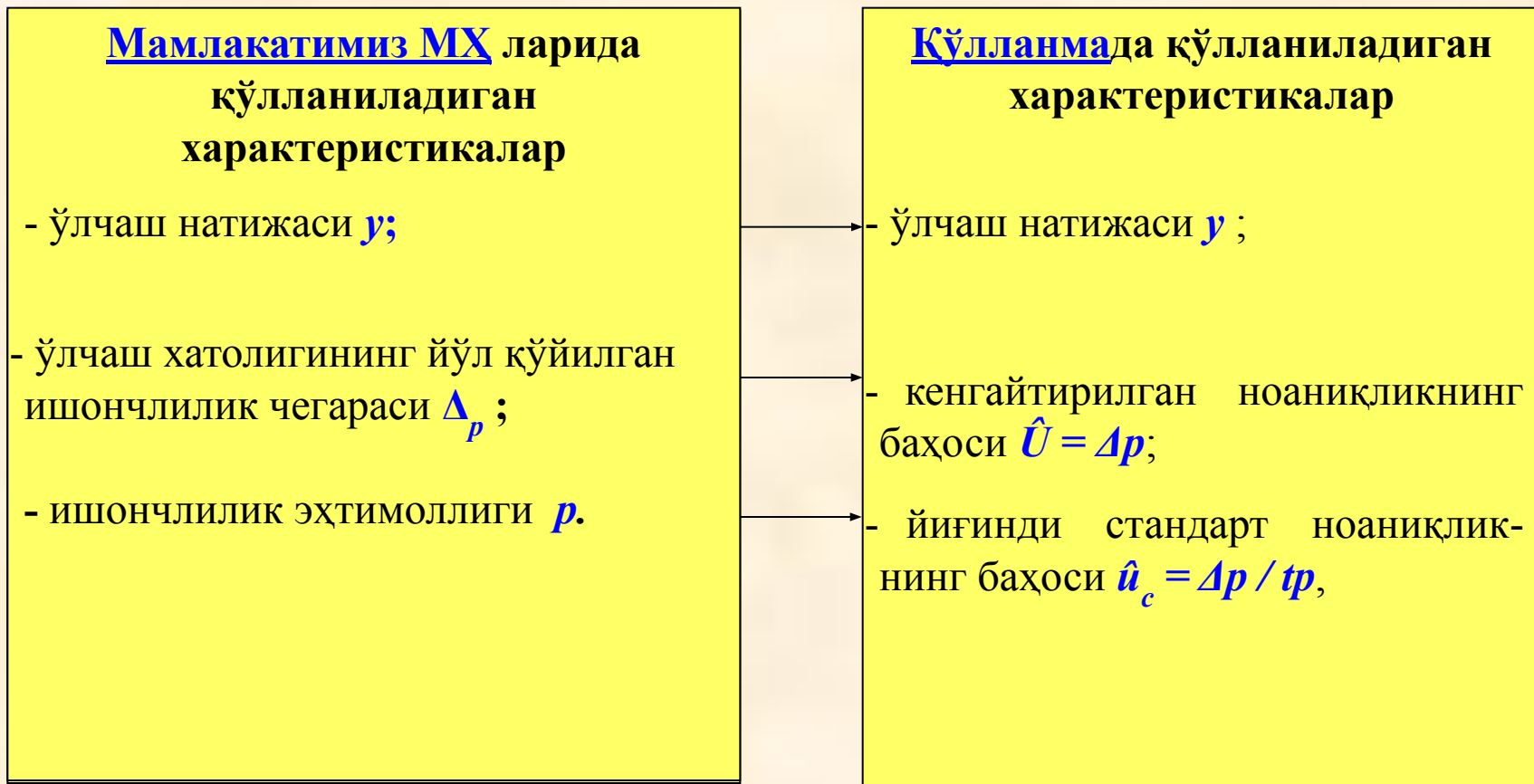
- ўлчаш натижаси **y** ;
- ўлчаш хатолигининг йўл қўйилган ишончлилик чегараси **Δ_p** ;
- ишончлилик эҳтимоллиги **p** .

Санаб ўтилган характеристикалардан, **Кўлланмада фойдаланиладиган** кўйидаги характеристикаларни ҳисоблаш мумкин:

- ўлчаш натижаси y ;
- кенгайтирилган ноаниқликнинг баҳоси $\hat{U} = \Delta_p$;
- йиғинди стандарт ноаниқликнинг баҳоси $\hat{u}_c = \Delta_p / t_p$,

Бу ерда t_p — мувофиқ эҳтимоллик p учун нормал тақсимотнинг ишончлилиқ коэффиценти (қамров коэффиценти).

Ушбу характеристикаларни кўримли бўлиши учун қуйидаги схема кўринишида тақдим қиламиз



16.1 - Расм

Мисол 1.

Вольтметр ва ток шунти ёрдамида электр ток (кучи) ни ўлчаш.

Ўлчашнинг қуйидаги характеристикалари келтирилган:

- электр ток (кучи) ни ўлчаш натижаси $y=I=9,984 \text{ A}$;

- ишончлилик эҳтимоллиги $p=0,95$ ва эффектив эркинлик даражаси қиймати $\nu_{eff}=9$ га тенг бўлгандаги электр ток (кучи) ни ўлчаш хатолигининг ишончлилик чегараси

$$\Delta_p = \Delta_{0,95} = 0,012 \text{ A}$$

Қўлланмада фойдаланиладиган характеристикаларни ҳисоблаймиз:

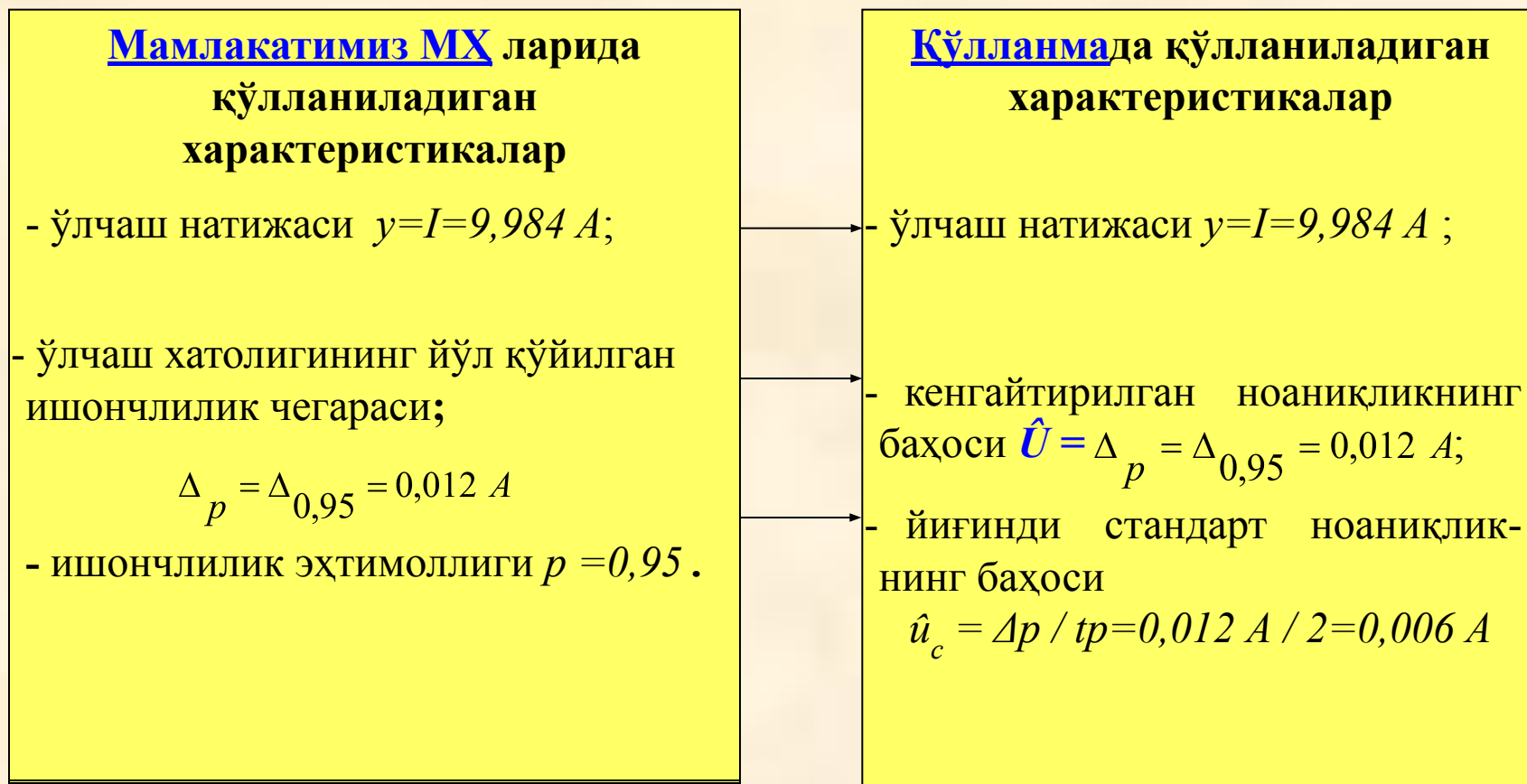
- электр ток (кучи) ни ўлчаш натижаси $y=I=9,984 \text{ A}$;

- кенгайтирилган ноаниқликнинг баҳоси $\hat{U} = \Delta_p = \Delta_{0,95} = 0,012 \text{ A}$;

- йиғинди стандарт ноаниқликнинг баҳоси

$$\hat{u}_c = \Delta_p / t_p = 0,012 \text{ A} / 2 = 0,006 \text{ A}$$

Ушбу ҳисоблаш натижаларини кўримли бўлиши учун қуйидаги схема кўринишида тақдим қиламиз



16.2 Расм

Келтирилган мисолдаги ўлчаш натижасининг Қўлланма [3] мувофиқ ҳолда баҳоланган ноаниқлиги, (16.2 Расм) юқоридаги схема бўйича хатолик характеристикаларидан олинган ноаниқлик баҳоси билан деярли мос келади. Қўлланмага мувофиқ баҳоланган ва хатолик характеристикаларидан олинган ноаниқликлар баҳосидаги ўлчаш ноаниқлиги фарқи ҳисобланиш жараёни хатолигини яхлитлашнинг камлигидир.

Мисол 2

Интерференцион усул билан узунликнинг бирламчи давлат эталонида штрихли ўлчовнинг узунлигини ўлчаш.

Ўлчашнинг қуйидаги характеристикалари келтириган:

- штрихли ўлчовнинг узунлигини ўлчаш натижаси

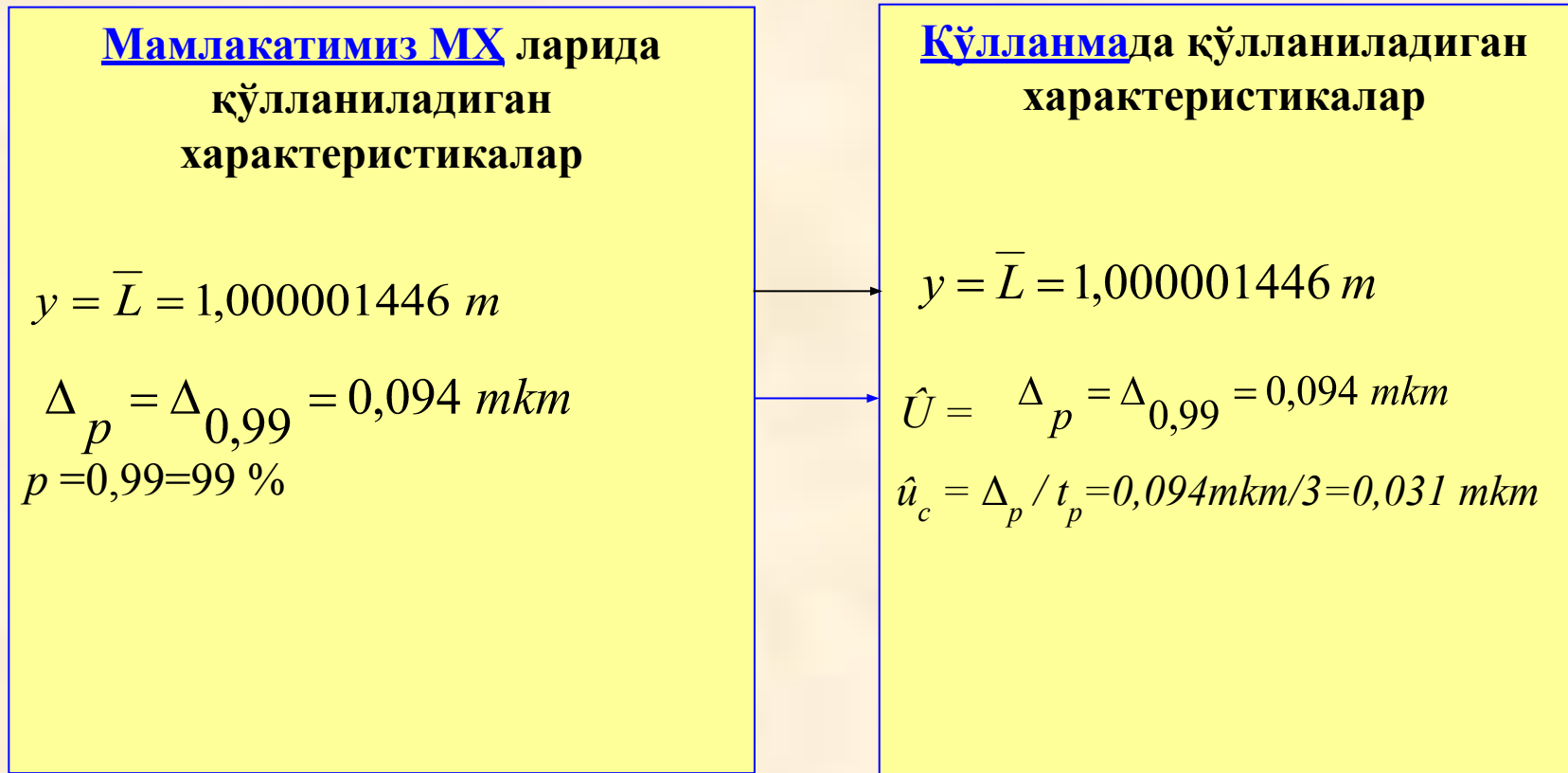
$$y = \bar{L} = 1,000001446 \text{ m}$$

- ишончилилик эҳтимоллиги $p=0,99$ ва эффектив эркинлик даражаси қиймати $\nu_{\text{eff}} = n-1=9$ га тенг бўлгандаги штрихли ўлчовнинг узунлигини ўлчаш хатолигининг ишончилилик чегараси

$$\Delta_p = \Delta_{0,99} = 0,094 \text{ mkm}$$

Қўлланмада фойдаланиладиган характеристикаларни
ҳисоблаймиз:

Ушбу ҳисоблаш натижаларини кўримли бўлиши учун қуйидаги схема кўринишида тақдим қиламиз



16.3 Расм

Ушбу мисолда, ўлчаш натижасининг ноаниқлигини Қўлланма [3] (п. 16... га қаранг) талабларига мувофиқ баҳоланган ва хатолик характеристикаларидан (16.3 Расм) схема бўйича баҳоланган қийматлари бир бирига мос келмайди. Бу фарқ Қўлланмага мувофиқ ҳолда баҳолаш учун маълумотлар етарли эмаслигига асосланади. Бу берилган мисолда улар қуйидагига тенг:

$$\frac{\hat{U}_{0,99} - U_{0,99}}{U_{0,99}} \cdot 100 = \frac{0,094 - 0,096}{0,096} \cdot 100 = 2\%,$$

$$\frac{\hat{u}_c - u_c}{u_c} \cdot 100 = \frac{0,031 - 0,035}{0,035} \cdot 100 = 11\%.$$

Бу тафовутга сабаб шундаки, кенгайтирилган ноаниқликни ҳисоблашдаги фойдаланилган қамров коэффициентини танлаш ва йиғинди хатоликнинг мунтазам ва тасодифий ташкил этувчиларини йиғишда турлича ёндашишдан келиб чиққан.

Кейинчалик натижаларни қайта ишлаш ёки хатоликлар таҳлили мўлжалланиб, ўлчаш натижаларини тақдим қилишнинг кенгайтирилган шакли қўлланилганда, қуйидаги характеристикалар келтирилади:

- ўлчаш натижаси y ;
- ўлчаш натижаси тасодифий хатолигининг ЎКО $S(y)$;
- ўлчаш натижасининг бартараф қилиб бўлмайдиган мунтазам хатолик (НСП)нинг ишончлилик чегараси $\theta(p)$;
- кузатиш натижалари сони n .

Санаб ўтилган характеристикалардан, Қўлланмада фойдаланиладиган қуйидаги характеристикаларни ҳисоблаш мумкин:

- ўлчаш натижаси y ;
- А тип бўйича ҳисобланган стандарт ноаниқликнинг баҳоси $\hat{u}_A = S(y)$;
- В тип бўйича ҳисобланган стандарт ноаниқликнинг баҳоси

$$\hat{u}_B = \theta(p) / (K \sqrt{3})$$

Бу ерда $p = 0,95$ да $K = 1,1$ га тенг; $p = 0,95$ да $K = 1,4$ га тенг, агар систематик хатоликлар манбалари сони $m_{сист} > 4$ дан кўп деб қараш мумкин бўлса;

- йиғинди стандарт ноаниқликлар баҳоси

$$\hat{u}_c = \sqrt{\hat{u}_A^2 + \hat{u}_B^2}$$

- эркинлик даражасининг эффе́ктив қиймати баҳоси

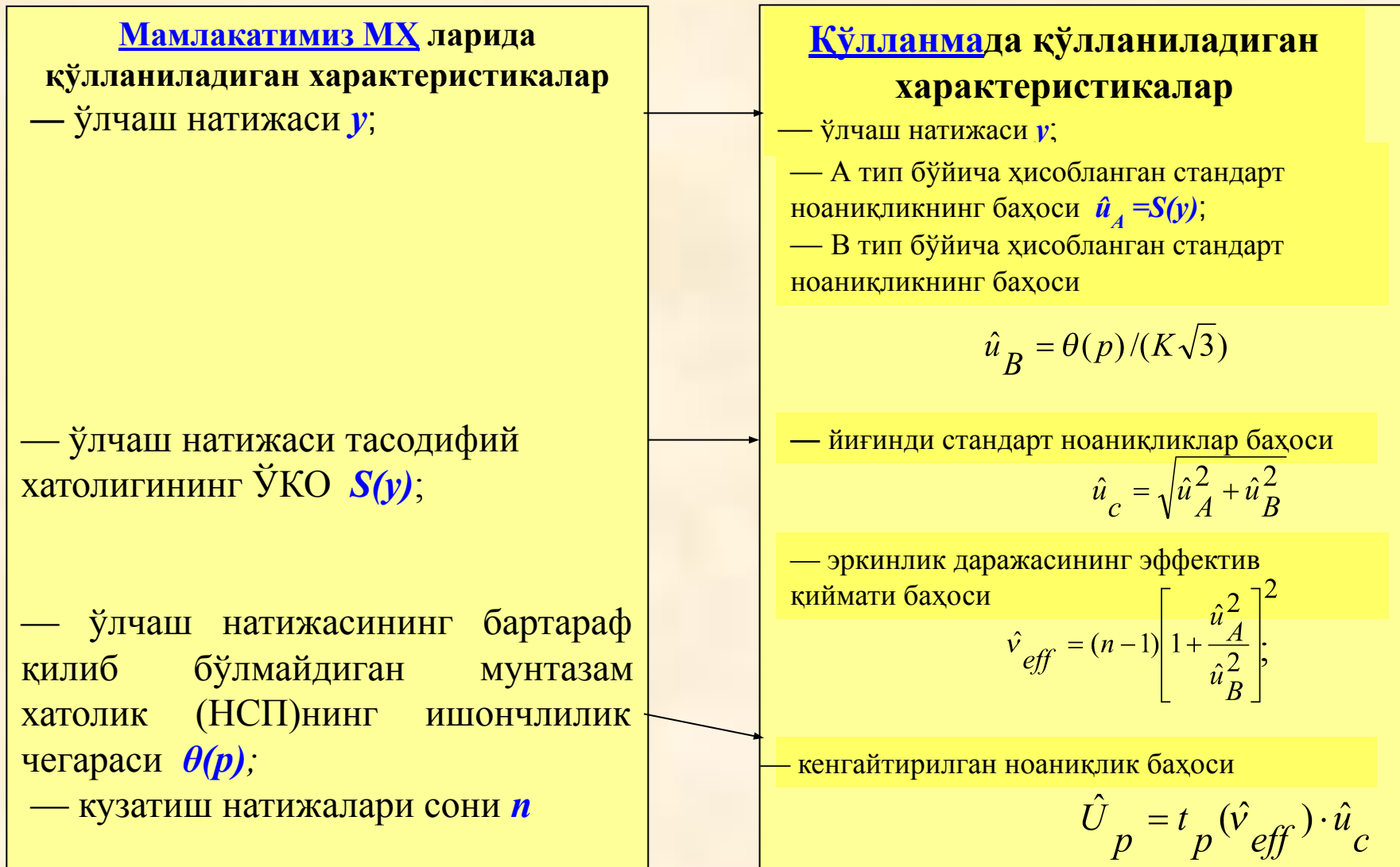
$$\hat{v}_{eff} = (n-1) \left[1 + \frac{\hat{u}_A^2}{\hat{u}_B^2} \right]^2,$$

- кенгайтирилган ноаниқлик баҳоси

$$\hat{U}_p = t_p(\hat{v}_{eff}) \cdot \hat{u}_c$$

Бу ерда $t_p(\hat{v}_{eff})$ — ишончлилик сатҳи p ва эркинлик даражасининг эффе́ктив қиймати учун Стьюдент коэффициентига тенг бўлган, қамров коэффициенти.

Ушбу ҳисоблаш натижаларини кўримли бўлиши учун қуйидаги схема кўринишида тақдим қиламиз



16.4 Расм

Мисол 3.

Вольтметр ва ток шунти ёрдамида электр ток (кучи) ни ўлчаш.

Ўлчашнинг қуйидаги характеристикалари келтирилган:

- электр ток (кучи) ни ўлчаш натижаси $y=I=9,984 \text{ A}$;
- ўлчаш натижаси тасодифий хатолигининг ўҚО $S(y)=S(I)=3,4 \cdot 10^{-3} \text{ A}$;
- ўлчаш натижасининг бартараф қилиб бўлмайдиган мунтазам хатолик (НСП)нинг ишончлилиқ чегараси $\theta(p)=\theta(0,95)=9,5 \cdot 10^{-3} \text{ A}$;
- кузатиш натижалари сони n .
- систематик хатоликлар ташкил қилувчилари сони $m_{\text{сист}}=4$.

Санаб ўтилган характеристикалардан, Қўлланмада фойдаланиладиган қуйидаги характеристикаларни ҳисоблаш мумкин:

- электр ток (кучи) ни ўлчаш натижаси $y=I=9,984 \text{ A}$;
- **A тун** бўйича ҳисобланган стандарт ноаниқликнинг баҳоси

$$\hat{u}_A = S(y) = S(I) = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ A};$$

- **B тун** бўйича ҳисобланган стандарт ноаниқликнинг баҳоси

$$\hat{u}_B = \theta(p) / (K \sqrt{3}) = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}, \quad \kappa=1,1; \quad p=0,95;$$

— йиғинди стандарт ноаниқликлар баҳоси

$$\hat{u}_c = \sqrt{\hat{u}_A^2 + \hat{u}_B^2} = 6,0 \cdot 10^{-3} A;$$

— эркинлик даражасининг эффектив қиймати баҳоси

$$\hat{v}_{eff} = (n - 1) \left[1 + \frac{\hat{u}_A^2}{\hat{u}_B^2} \right]^2;$$

— кенгайтирилган ноаниқлик баҳоси

$$\hat{U}_p = t_p(\hat{v}_{eff}) \cdot \hat{u}_c = 0,012 A.$$

Ушбу ҳисоблаш натижаларини кўримли бўлиши учун қуйидаги схема кўринишида тақдим қиламиз

**Мамлакатимиз МХ ларида
кўлланиладиган
характеристикалар**

$$y=I=9,984 \text{ A};$$

$$S(y) = S(I) = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ A};$$

$$\theta(p) = \theta(0,95) = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ A};$$

$$n=10;$$

$$m_{\text{сист}} = 4.$$

**Қўлланмада кўлланиладиган
характеристикалар**

$$y=I=9,984 \text{ A};$$

$$\hat{u}_A = S(y) = S(I) = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ A};$$

$$\hat{u}_B = \theta(p) / (K\sqrt{3}) = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ A},$$

$$\kappa=1,1; \quad P=0,95;$$

$$\hat{u}_c = \sqrt{\hat{u}_A^2 + \hat{u}_B^2} = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ A};$$

$$\hat{v}_{\text{eff}} = (n-1) \left[1 + \frac{\hat{u}_A^2}{\hat{u}_B^2} \right]^2$$

$$\hat{U}_p = t_p(\hat{v}_{\text{eff}}) \cdot \hat{u}_c = 0,012 \text{ A}.$$

Расм 16.5

Ушбу мисолда, ўлчаш натижасининг ноаниқлигини Қўлланма [3] (п. 16... га қаранг) талабларига мувофиқ баҳоланган ва хатолик характеристикаларидан (16.5 Расм) схема бўйича баҳоланган қийматлари бир бирига мос келади.

Мисол 4

Интерференцион усул билан узунликнинг бирламчи давлат эталонида штрихли ўлчовнинг узунлигини ўлчаш.

Ўлчашнинг қуйидаги характеристикалари келтириган:

— штрихли ўлчовнинг узунлигини ўлчаш натижаси

$$y = \bar{L} = 1,000001446 \text{ m}$$

— Ўлчаш натижаси тасодифий хатолигининг ўҚО $S(y) = S(l) = 0,025 \text{ mkm}$;

— ўлчаш натижасининг бартараф қилиб бўлмайдиган мунтазам хатолик (НСП)

нинг ишончлилиқ чегараси $\theta(p) = \theta(0,99) = 0,051 \text{ mkm}$;

— кузатиш натижалари сони $n=10$;

— систематик хатоликлар ташкил қилувчилари сони $m_{\text{сист}}=4$

Санаб ўтилган характеристикалардан, Қўлланмада фойдаланиладиган қуйидаги характеристикаларни ҳисоблаш мумкин:

— штрихли ўлчовнинг узунлигини ўлчаш натижаси

$$y = \bar{L} = 1,000001446 \text{ m}$$

— **A тун** бўйича ҳисобланган стандарт ноаниқликнинг баҳоси

$$\hat{u}_A = S(y) = S(l) = 0,025 \text{ mkm};$$

— **B тун** бўйича ҳисобланган стандарт ноаниқликнинг баҳоси

$$\hat{u}_B = \theta(p) / (K \sqrt{3}) = 0,024 \text{ mkm}, \quad k=1,23; \quad p=0,99;$$

— йиғинди стандарт ноаниқликлар баҳоси

$$\hat{u}_c = \sqrt{\hat{u}_A^2 + \hat{u}_B^2} = 0,035 \text{ mkm};$$

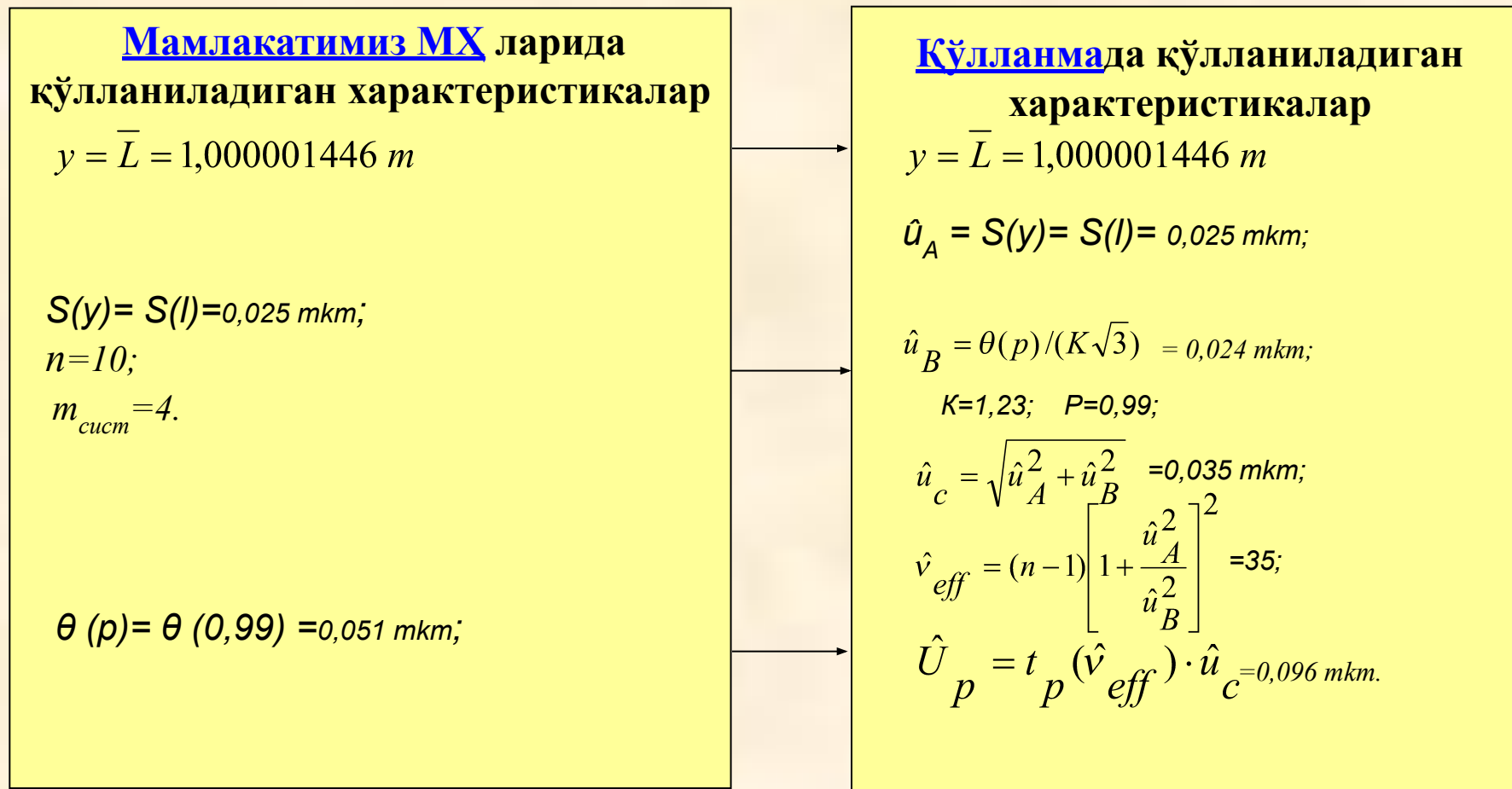
— эркинлик даражасининг эффектив қиймати баҳоси

$$\hat{v}_{eff} = (n-1) \left[1 + \frac{\hat{u}_A^2}{\hat{u}_B^2} \right]^2 = 35;$$

— кенгайтирилган ноаниқлик баҳоси

$$\hat{U}_p = t_p(\hat{v}_{eff}) \cdot \hat{u}_c = 0,096 \text{ mkm}.$$

Ушбу ҳисоблаш натижаларини кўримли бўлиши учун қуйидаги схема кўринишида тақдим қиламиз



16.6 Расм

Ушбу мисолда, ўлчаш натижасининг ноаниқлигини Қўлланма [3] (п. 16... га қаранг) талабларига мувофиқ баҳоланган ва хатолик характеристикаларидан (16.5 Расм) схема бўйича баҳоланган қийматлари бир бирига мос келади.