



AUES



Өлшеудің белгісіздігін бағалау әдістері

Дәріс 2. Өлшеудің белгісіздігі туралы түсінік

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасының профессоры, т.ғ.к **ХАН СВЕТЛАНА
ГУРЬЕВНА**

s.khan@aes.kz



Дәрістің мақсаты: негізгі анықтамалар мен түсініктерді зерттеу, өлшеудің белгісіздігі

Дәріс мазмұны:

- Өлшеу белгісіздігі тұжырымдамасының пайда болу себептері.
- Белгісіздік тұжырымдамасының нормативтік базасын құру.
- Өлшеу кезіндегі белгісіздік көздері.
- Өлшеудің белгісіздік түрлері.



Белгісіздік ұғымы-пайда болу себептері

1 себеп-қателік теориясының сәтсіздігі

- ✓ Өлшеудің жаңа (дәстүрлі емес) салаларының пайда болуы (психология, әлеуметтану, медицина және т. б.) дәстүрлі метрологияның постулаттары (физикалық шама, өлшем бірлігі, өлшем, эталон, өлшеу қателігі) жұмыс істемеуі;
- ✓ "Белгісіздік" ұғымы маңызды рөл атқаратын кибернетикалық мағынаның жаңа ғылыми бағыттарының (кибернетика, ақпарат теориясы, Математикалық статистика және т.б.) әсері. Бұл, әдетте, белгісіздік ұғымын "күмән" ретінде кеңінен түсіндірумен байланысты, мысалы, өлшеу нәтижесі өлшенетін шаманың мәнін білдіреді. Белгісіздік терминін осындай түсіндірудің мысалдары: таңдау белгісіздігі ақпаратпен жойылады, жиынның белгісіздік дәрежесі жиындағы элементтер санына және т. б. байланысты болады.



Белгісіздік ұғымы-пайда болу себептері

2 -ші себеп - *нәтижеге сенімділік шарасын көрсету қажеттілігі:*

- Өлшенетін шаманың *шын мәні туралы* түсініксіздіктен кету , *оған* байланысты қате ұғымы мәнін жоғалтады және қатені есептеуге болмайды, себебі онда ешқашан белгілі емес шынайы құндылық бар.
- Жүйелік және кездейсоқ қателіктерге жеке баға беру және олар үшін әр түрлі сипаттамаларды қолдану (сенімділік шектері мен стандартты ауытқулар) қатеге жоғары баға береді. Сонымен қатар, нәтижені анықтауда қатенің екі сипаттамасын қолдану ыңғайсыз, әсіресе оны әрі қарай қолдану кезінде.

3 -себеп (стандарттау, техникалық реттеу) - *дәлдікті бағалау бойынша халықаралық консенсустың болмауы*

- Өлшеу нәтижесін сипаттаудың қарапайым және жалпыға бірдей қабылданған әдістемесінің қажеттілігі.
- Белгісіздік көрінісін бағалау әдісі бүкіл әлемде бірдей, әр түрлі елдерде жүргізілген өлшеу нәтижелері барлығына түсінікті және оларды салыстыруға болады.



ӨЛШЕУДІҢ БЕЛГІСІЗДІГІ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК

- Өлшеу нәтижелерінің метрологиялық сипаттамаларына жаңа халықаралық көзқарас олардың бағалауының **біркелкілік принципіне** негізделген .
- Белгісіздік әдісінде белгісіздіктің барлық компоненттері бір сипатқа ие және оларды орташа мәннен ауытқу өлшемі ретінде **бірдей - дисперсия арқылы бағалау** керек деген көзқарас қабылданады.
- Егер кездейсоқ эффектілермен өлшеу нәтижелерін бағалаудың ауытқуларын есептеу кеңінен белгілі болса (бақылаулардың статистикалық сериялары негізінде), онда қарызға алынған кіріс мөлшеріне (стандарттар, CRM, SDS және т. б.) жүйелік әсерлерді түзету үшін. олардың мәндерінің белгісіздігі дисперсиямен де көрсетілуі керек, бұл үшін қандай да бір жолмен **келетін шамалардың ықтималдық таралу функцияларын анықтау (немесе таңдау)** қажет.



Өлшеулердің белгісіздігін бағалау?



взаимное признание результатов измерений и калибровок на международном уровне

соблюдение требований ИСО/МЭК 17025 при аккредитации лабораторий

связь с государственными эталонами
(прослеживаемость измерений)

соответствие международным требованиям при заявлении о качестве продукции

использование как меры доверия в области здравоохранения, безопасности и охраны окружающей среды



НАПОЛЕОН МЕТРИКАЛЫҚ ЖҮЙЕ ТУРАЛЫ



«нет ничего более противоречащего складу ума, памяти и соображению, чем то, что предлагают эти ученые. Абстракциям и пустым надеждам принесено в жертву благо теперешних поколений, ибо чтобы заставить старую нацию принять **новые единицы мер и весов,** надо переделать все административные правила, все расчеты промышленности. Такая работа устрашает разум».

.....чтобы заставить старую нацию принять **Концепцию неопределенности,** надо переделать все административные правила, все расчеты промышленности. Такая работа устрашает разум».



Нормативтік базаны құру тарихы белгісіздік ұғымдары



1978

CIPM BIPM -ге өлшеу сапасын бағалауды стандарттау мәселесін қарауды және ұлттық метрология зертханаларымен бірге Ұсынымдар әзірлеуді сұрады.

1986

Ұсыныс ақыры мақұлданды. CIPM ISO -ға егжей -тегжейлі нұсқаулық әзірлеуді тапсырды. Жауапкершілік 6 Техникалық кеңес беру тобына (TAG 4) жүктелді, оған 6 ұйым қатысты: IEC, CIPM, OIML, IUPAC, IUPAP, IFC.



1993

Өлшемдердегі белгісіздікті білдіруге арналған нұсқаулық (ГУМ-93) жарық көрді.

1995

2-ші басылым « *Өлшемдегі белгісіздікті білдіруге арналған нұсқаулық* », қайта қаралған (ГУМ-95).





Нормативтік базаны құру тарихы белгісіздік ұғымдары

1999

Келесі құжаттар қабылданды:

Ұлттық метрологиялық институттар шығаратын ұлттық эталондар мен калибрлеу және өлшеу сертификаттарын өзара тану туралы келісім (MRA*),
ISO / IEC 17025: 1999 «Сынақ және калибрлеу зертханаларының құзыреттілігіне қойылатын жалпы талаптар



2003

RMG 43-2001 «Мемлекетаралық стандарттау бойынша» Өлшем белгісіздігін білдіру бойынша нұсқаулықтарды қолдану» бойынша ұсыныстар енгізілді. Олар өлшеу нәтижелерінің дәлдігін бағалау әдістеріне қолданылады, Нұсқаулықты қолдану бойынша практикалық ұсыныстардан тұрады және өлшеу қателігі мен белгісіздік көмегімен өлшеу нәтижелерін ұсыну формаларының сәйкестігін көрсетеді.





ӨЛШЕУДІҢ БЕЛГІСІЗДІГІН БІЛДІРУ ЖӨНІНДЕГІ НҰСҚАУЛЫҚТЫҢ МАҚСАТЫ

Единый подход к оценке и выражению неопределенности измерений в международном масштабе, что поможет обеспечить однозначное понимание и корректное использование результатов измерений в науке, технике, торговле, промышленности и нормативных актах.



ӨЛШЕУДІҢ БЕЛГІСІЗДІГІН БІЛДІРУ ЖӨНІНДЕГІ НҰСҚАУЛЫҚТЫҢ МАҚСАТЫ

- ◆ өлшеу белгісіздігі туралы есеп беру әдісі туралы толық ақпарат беру;
- ◆ өлшеу нәтижелерін халықаралық салыстыру үшін негіз беру;
- ◆ өлшеудің барлық түріне және өлшеуде қолданылатын деректердің барлық түріне қолданылатын өлшеудің белгісіздігін білдіру мен бағалаудың әмбебап әдісін ұсыну.



GUIDE TO THE EXPRESSIONS OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT



GUIDE 98-3

Uncertainty of measurement —
Part 3:
Guide to the expression of
uncertainty in measurement
(GUM:1995)

*Incertitude de mesure —
Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de
mesure (GUM:1995)*



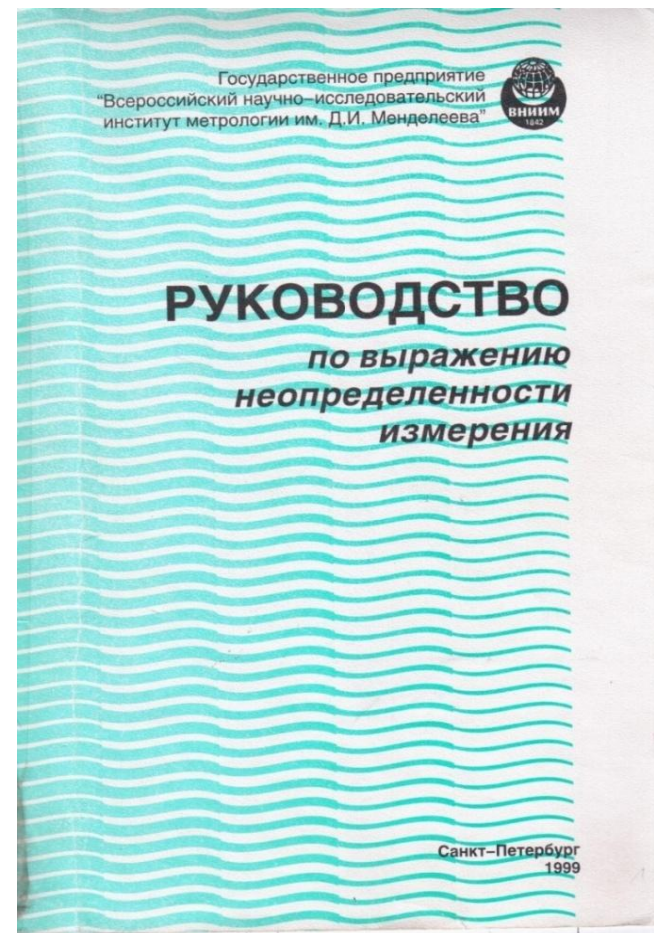
JCGM 100:2008
GUM 1995 with minor corrections

Evaluation of measurement
data — Guide to the expression
of uncertainty in measurement

*Évaluation des données de mesure —
Guide pour l'expression de l'incertitude de
mesure*

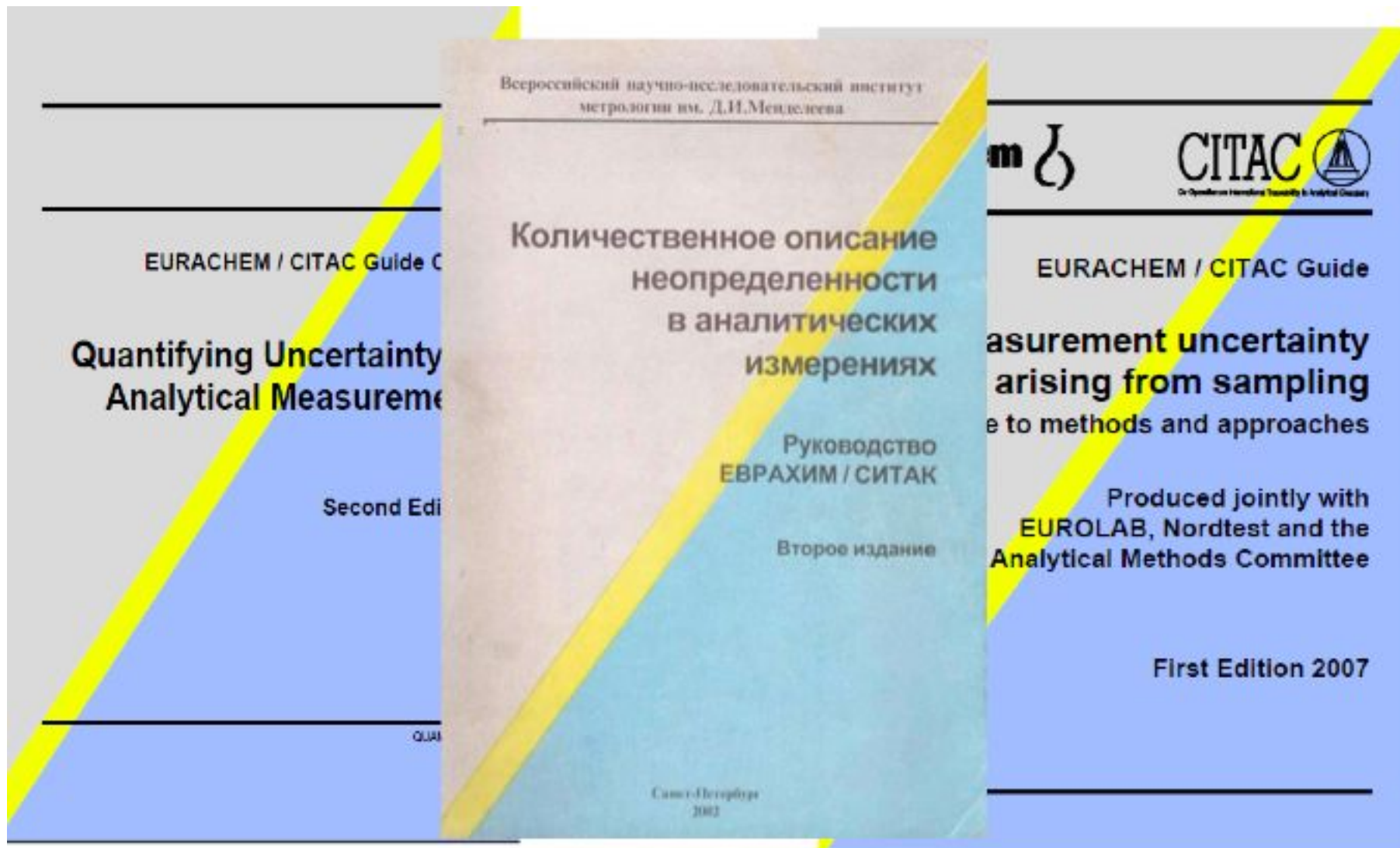
First edition September 2008

© JCGM 2008




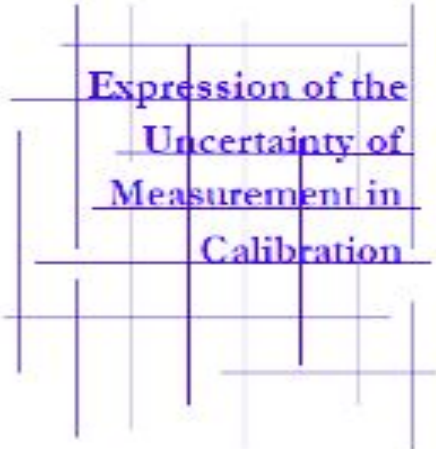



НОРМАТИВІ ҚҰЖАТТАР



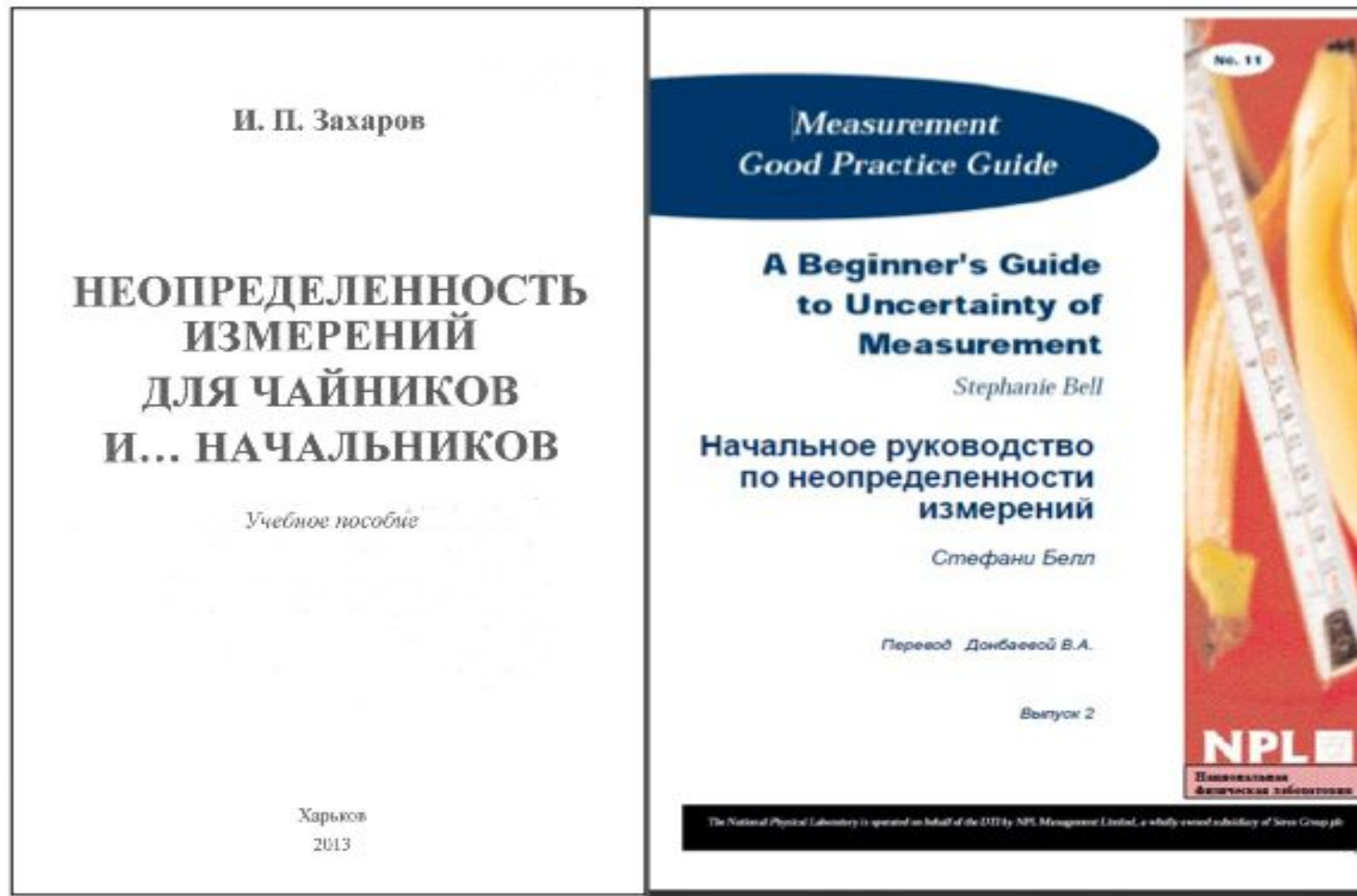


НОРМАТИВНІ КҰЖАТТАР

 <p>European co-operation for Accreditation</p> <hr/> <p>Publication Reference</p> <p>EA-4/02</p> <div style="text-align: center;">  <p>Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration</p> </div> <p>PURPOSE The purpose of this document is to harmonise evaluation of uncertainty of measurement within EA, to set up, in addition to the general requirements of EAL-R1, the specific demands in reporting uncertainty of measurement on calibration certificates issued by accredited laboratories and to assist accreditation bodies with a coherent assignment of test measurement capability to calibration laboratories accredited by them. As the rules set down in this document are in compliance with the recommendations of the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, published by seven international organisations concerned with standardisation and metrology, the implementation of EA-4/02 will also foster the global acceptance of European results of measurement.</p>	<p>Незалежна калібрувальна служба DKD</p> <p style="text-align: center;">DKD – 3</p> <p style="text-align: center;"><i>Выражение неопределенности измерений при калибровке</i></p> <p style="text-align: center;">Наименование нормативного документа: EAL – R1, редакция 1, январь 1997 "Выражение неопределенности измерений в калибровке"</p> <p style="text-align: center;">Издано Федеральным техническим агентством (FTB) Принято: 1996</p>	 <p>ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан</p> <p style="text-align: center;">ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ КАЛИБРОВКЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ</p> <p style="text-align: center;">СТ РК 2184 - 2010</p> <p style="text-align: center;">(EA-4/02: 1996, NEQ)</p> <p style="text-align: center;">Издан официально</p> <p style="text-align: center;">Комитет технического регулирования и стандартизации Министерства индустрии и земельных ресурсов Республики Казахстан (Госстандарт)</p> <p style="text-align: center;">Астана</p>
--	--	---



ТАНЫМАЛ ӘДЕБИЕТТЕР



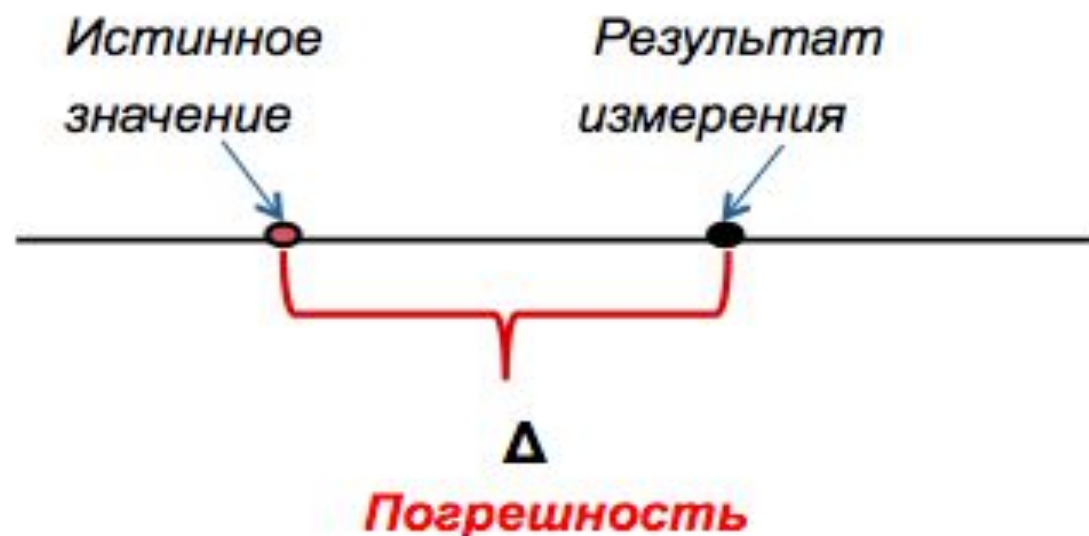


ӨЛШЕУДІҢ БЕЛГІСІЗДІГІ

- өлшеу ақпаратына негізделген өлшенетін шаманың мәндерінің дисперсиясын сипаттайтын теріс емес параметр.

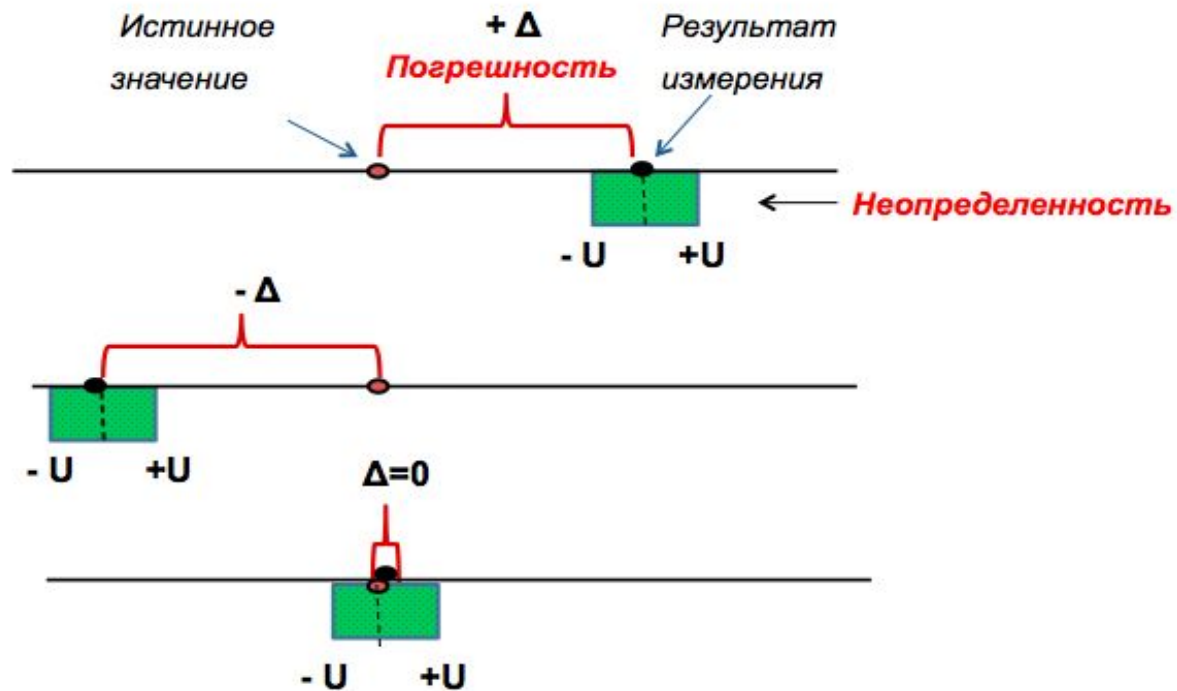


Өлшеу қателігі - өлшеу нәтижесінің өлшенген шаманың шын (жарамды) мәнінен ауытқуы.



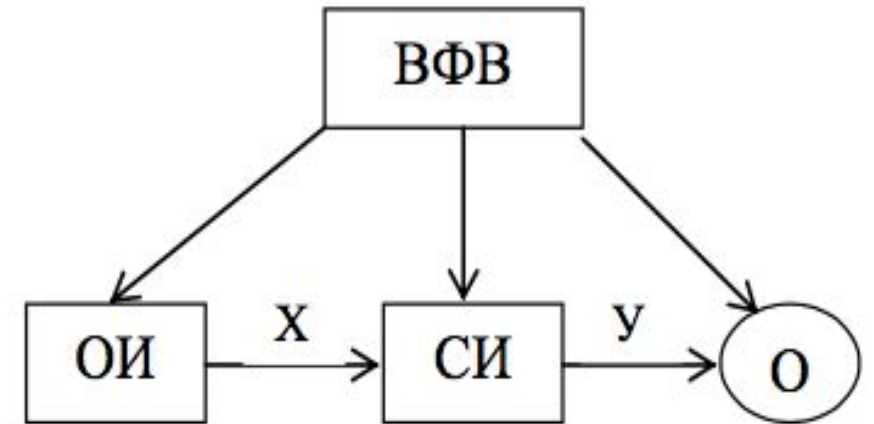


Өлшем белгісіздігі -
өлшеу нәтижесімен байланысты және өлшенетін
шамаға жатқызуға болатын мәндердің дисперсиясын
сипаттайтын параметр .





Источники неопределенности при измерениях





Өлшеу кезіндегі белгісіздік көздері

1. Өлшеу әдісі:

- бақылаулар саны - анық бірдей жағдайларда өлшенетін шаманың қайталанған бақылауларының өзгеруі;
- өлшеу ұзақтығы;
- өлшеу техникасын таңдау;
- стандартты немесе өлшеу құралын таңдау;
- сыртқы көздерден алынған тұрақтылар мен басқа параметрлер туралы қате білім;
- жарамсыз сүзгіні таңдау, стандартты үлгі және т.б.
- өлшеу әдісі мен өлшеу процедурасында қолданылатын жуықтаулар мен болжамдар.



Өлшеу кезіндегі белгісіздік көздері

2. Өлшеу құралдары:

- калибрлеу белгісіздігі;
- көрсеткіштердің өзгеруі;
- соңғы калибрлеумен өткен уақыт;
- қолданбалы бағдарламалық қамтамасыз ету;
- сезімталдық шегі немесе соңғы ажыратымдылық;
- өлшенген мәннің толық анықталмауы;
- өлшенген шаманың анықтамасын жетілдірілмеген енгізу;
- заттар мен материалдар бойынша өлшеу стандарттарына және анықтамалық материалдарға берілген дәл емес мәндер.



Өлшеу кезіндегі белгісіздік көздері

3. Қоршаған орта

- температура;
- ылғалдылық;
- қысым;
- бөлменің тазалығы;
- магниттік және гравитациялық өрістер;
- діріл;
- түрлі радиация, жарық және т.б.
- қоршаған орта жағдайларының өлшеуге әсер ететін әсері туралы жеткіліксіз білім немесе қоршаған ортаның жағдайын өлшеудің жетілмегендігі



Өлшеу кезіндегі белгісіздік көздері

4. Өлшенген объект:

- температура;
- беті;
- материал;
- өлшемдер;
- өлшенетін объектінің өлшеу шарттарымен өзара әрекеттесуі;
- геометриялық өлшемдер үшін пішіннің ауытқуы және т.б.

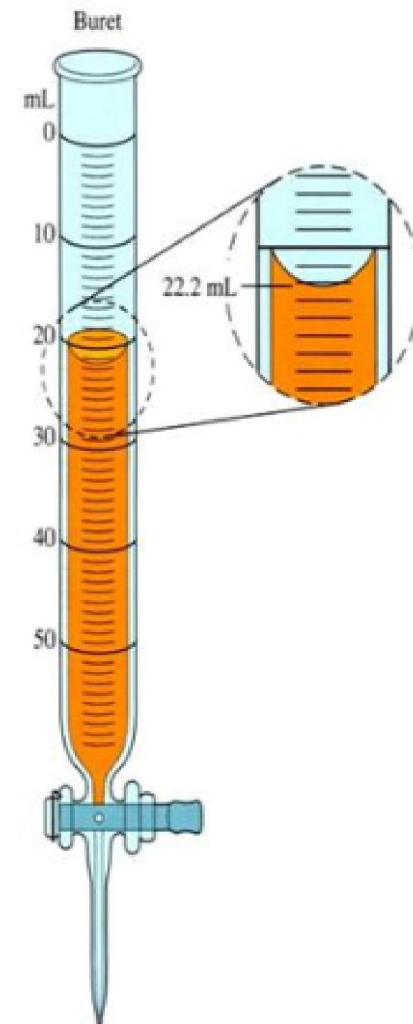


Өлшеу кезіндегі белгісіздік көздері

5. Оператор:

- күш -жігерді өлшеу;
- жұмыс тәжірибесі;
- өлшеу құралдарын таңдау;
- білім;
- ұқыптылық;
- аналогты құрылғылардан көрсеткіштерді алу кезінде оператордың субъективті жүйелік қателігі;
- манипуляция (қолдың айласы) және т.б.

Person	Result
1	22.2
2	22.1
3	22.3
4	22.0





Неопределенность измерений



Неопределенность измеряемой величины

***Неопределенность
моделирования***

***Неопределенность
спецификации***

***Естественные
неопределенности***



Неопределенность измерительного эксперимента

***Методические
неопределенности***

***Инструментальные
неопределенности***

***Субъективные
неопределенности***



ӨЛШЕНЕТІН ШАМАНЫҢ БЕЛГІСІЗДІГІ

Модельдік белгісіздік.

Өлшеу объектісінің кез келген моделі түпнұсқаның абсолютті көшірмесі бола алмайды. Модель мен түпнұсқаның айырмашылығы модельдің өлшенген мәнге сәйкес келмеуінен туындаған белгісіздікпен көрінеді.

Пример: измерение диаметра вала D .

\bar{D} - среднее значение

$$s(\bar{D}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n (D_k - \bar{D})^2}$$

-неопределенность среднего значения



ӨЛШЕНЕТІН ШАМАНЫҢ БЕЛГІСІЗДІГІ

Спецификациялық белгісіздік. Өлшеу жүргізуге дұрыс көзқараспен алдымен өлшенген мәннің сипаттамасын (спецификациясын) құрастыру қажет:

- $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ әсер етуші шамалардың жиынтығы түріндегі өлшеу шарты.
- өлшенетін физикалық шаманың әсер ету функциясымен сипатталатын сыртқы әсерлердің параметрлеріне тәуелділігі: $Y = f(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$.

Спецификалық белгісіздік сметасы әсер етуші шамалардың стандартты белгісіздіктерінің бағасы болып табылады:

$$u_c(Y) = \sqrt{\sum_{k=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_k}\right)^2 u(\theta_k)^2} .$$



Іс жүзінде өлшенетін шаманың спецификациясы немесе анықтамасы қажетті өлшеу дәлдігіне байланысты. Өлшелетін шама қажетті дәлдікке қатысты жеткілікті толықтықпен анықталуы керек, сондықтан өлшеуге байланысты барлық практикалық мақсаттар үшін оның мәні бірегей болады.

Мысал Номиналды ұзындығы 1 м болат штанганың L ұзындығы ең жақын микрометрге дейін шығарылуы (өлшенуі) тиіс.

Оның сипаттамасында, мысалы, жолақтың ұзындығына әсер етуі мүмкін шамалардың нақты мәндері болуы керек

-температура,

- атмосфералық қысым;

- штанганың орналасуы мүмкін (көлденең немесе тік), онда бұл ұзындық анықталады.

Бұл дегеніміз, өлшенетін шаманың спецификациясын жасамас бұрын алдымен осы шамалардың әсер ету дәрежесін бағалау қажет.



Болаттың сызықтық термиялық кеңеюінің α коэффициенті $20 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ -ге тең екені белгілі.

*Сондықтан, штанганың температурасы $1 \text{ }^\circ\text{C}$ -қа өзгергенде, $lengthl$ ұзындығының абсолютті өзгеруі **20 мкм** -ге тең. Штанганың ұзындығын микрометр дәлдігімен анықтау керек болғандықтан, штанганың температурасын $1 \text{ }^\circ\text{C}$ дәлдікпен беру жеткіліксіз болып шығады.*

***0,1 $^\circ\text{C}$ дәлдігі де жеткіліксіз**, өйткені штанганың температурасы $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ -қа өзгергенде, штанганың ұзындығының Δl абсолютті өзгеруі температура $1 \text{ }^\circ\text{C}$ -ке өзгергеннен 10 есе аз болады, яғни. **2 микронға** тең.*

***Стерженнің температурасы $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$ өзгергенде, штанганың ұзындығының Δl абсолюттік өзгеруі температура $1 \text{ }^\circ\text{C}$ өзгергеннен 100 есе аз болады, яғни. **0,2 мкм** тең.** Температураны орнатудың дәлдігі өлшеу мәселесінің шартын қанағаттандырады.*

*Атмосфералық қысымның (**100 кПа** өзгерген кезде) және өзекшенің меншікті салмағының (тік қалыпта) оның ұзындығына әсерін бағалау таяқшаның ұзындығы сәйкесінше **0,5 және 0,13 мкм** өзгеретінін көрсетті. Демек, олардың әсері қажетті өлшеу дәлдігінен әлдеқайда аз. Осылайша, өлшенген мәнде штанганың ұзындығы $25,00 \text{ }^\circ\text{C}$ болуы керек.*

Алайда, егер ұзындық дәл миллиметрге дейін анықталатын болса, онда оның сипаттамасы температураны немесе қысымды немесе кез келген басқа анықтайтын параметрдің мәнін анықтауды қажет етпейді.



ӨЛШЕНЕТІН ШАМАНЫҢ БЕЛГІСІЗДІГІ

Табиғи белгісіздік

Табиғи белгісіздік көздеріне мыналар жатады:

- физикалық шамалардың кванттық-механикалық деңгейдегі дискреттілігі (зарядты өлшеу электрон зарядына қарағанда дәл емес);
- шу мен кадр эффектісі (броундық қозғалыс, термалды шу, кадрлық әсер, кванттық шу).



ӨЛШЕУ ЭКСПЕРИМЕНТИНІҢ БЕЛГІСІЗДІГІ

Белгісіздіктің әдістемелік компоненттері:

- өлшеу объектісінің таңдалған моделінің оның қасиеттеріне сәйкес келмеуінен туындаған компоненттер;
- өлшенетін мәнді өлшеу құралының кірісіндегі мәнмен байланыстыратын функциялардың параметрлерінің номиналды мәндерінен ауытқуына байланысты компоненттер;
- деңгей кванттауына байланысты компоненттер (егер ADC бар өлшеу құралдары қолданылса);
- есептеу алгоритмдерінің арқасында компоненттер.



ӨЛШЕУ ЭКСПЕРИМЕНТІНІҢ БЕЛГІСІЗДІГІ

Белгісіздіктің аспаптық компоненттері:

- өлшеу құралының негізгі қателігі;
- өлшеу құралының қосымша қателіктері;
- өлшеу құралының өзгеруіне (гистерезисіне) байланысты компонент;
- өлшеу құралының өлшеу объектісімен әрекеттесуіне байланысты компонент;
- өлшеу құралының инерциясына байланысты динамикалық компонент;
- заттардың сынамаларын іріктеу мен дайындауға байланысты компоненттер.



ӨЛШЕУ ЭКСПЕРИМЕНТІНІҢ БЕЛГІСІЗДІГІ

Белгісіздіктің субъективті компоненттері:

- өлшеу құралдарының шкаласынан немесе диаграммасынан өлшеу нәтижелерінің оқылуының дәл еместігінен туындаған компоненттер;
- оператордың объектіге және өлшеу құралдарына әсерінен туындайтын компоненттер (температуралық өрістің бұрмалануы, механикалық әсерлер және т.б.).



Өзін-өзі бақылау сұрақтары

1. Өлшеу белгісіздігі тұжырымдамасының пайда болу себептері
2. Өлшеудің белгісіздігін бағалаудың мақсаты
3. Өлшем белгісіздігін білдіру бойынша нұсқаулық құру тарихы
4. Нормативтік құжаттар
5. Өлшеу кезіндегі белгісіздік көздері
6. Өлшеу белгісіздігінің түрлері



Алматинский университет энергетики и связи
имени Гумарбека Даукеева

**ДӘРІС АЯҚТАЛДЫ.
Назарларыңызға рахмет!**