



МОНГОЛЫН
ИТГЭМЖЛЭЛИЙН
ТОГТОЛЦОО

БАТЛАВ.
ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВИЙН
ДАРГА

..... С.НЯМ-ЭРДЭНЭ

ХЭМЖЛИЙН ЭРГЭЛЗЭЭГ ТООЦООЛОХ, ИЛЭРХИЙЛЭХ УДИРДАМЖ

ХЯНАЛТТАЙ ХУВЬ

Боловсруулсан:	Хянаж, өөрчлөлт оруулсан:
Ахлах мэргэжилтэн	Ахлах мэргэжилтэн
З.Мөнхбат	Ц.Очирхүү

Нэгдсэн үндэстний гудамж 5/1, Засгийн газрын II байр, В корпус,
Улаанбаатар 15160, Монгол Улс
Утас: (976) 77073689

Цахим хуудас: www.mnas.gov.mn
Цахим шуудан: info@mnas.gov.mn

ЦАХИМ ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

ӨӨРЧЛӨЛТИЙН ХҮСНЭГТ

№	Өөрчлөлт. No	Хуудас. No	Өөрчилсөн шалтгаан
1	01	1	MNAS нь шинэ хуулийн этгээд болсон тул уг баримт бичгийг MNAS-даргаар батлуулах шаардлагатай болсон. Иймээс хянаж, баталсан хүний нэрийг өөрчилсөн.
2	02	All	ILAC P14:09/2020 – Хэмжлийн эргэлзээний талаарх ILAC-ийн бодлого шинэчлэгдсэн бөгөөд уялдуулан боловсруулсан болно.
			MNAS-ийн дарга өөрчлөгдсөн тул хянаж, баталгаажуулсан.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 2/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

ГАРЧИГ

Д/д	Бүлэг	Хуудасны дугаар
1	Удиртгал	1
2	Эргэлзээ- Ойлголт, эх үүсвэр, хэмжигдэхүүн	3
3	Хамааралтай нэр томъёо, тодорхойлолт	5
4	Оролтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээний тооцоо	10
5	Гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээний тооцоо	16
6	Хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээ	18
7	Хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх	19
8	Стандарт эргэлзээг тайлагнах	20
9	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох аргачлалын үе шат	21
10	Хавсралт А- Холбогдох магадлалын тархалтыг ашиглах	22
11	Хавсралт Б- Хамруулах коэффициент ба ашигтай чөлөөний зэрэг	27
12	Хавсралт С- Эргэлзээг бодсон жишээнүүд	32

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 3/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

1. Удиртгал

1.1 Зорилго

Энэхүү удирдамжийн зорилго нь олон улсын өнөөгийн шаардлагад нийцүүлэн хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох арга аргачлал болон түүнийг шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд тусгах байдлыг ижилсгэх явдал болно. Энэ баримт бичиг нь шалгалт тохируулгын лабораториудад эргэлзээг тооцоолох болон илтгэхэд баримтлах үндсэн шаардлагыг мэдээлэхээс гадна итгэмжлэлийн үнэлгээний мэргэжилтнүүд шалгалт тохируулгын лабораториудын хэмжлийн чадавхийг үнэлэхдээ зөвлөмж болгон ашиглаж болох юм. Түүнчлэн хэмжлийн эргэлзээтэй холбоотой ойлголтуудыг тайлбарлан хэмжлийн эргэлзээг үнэлэх, хуваарилах, тайлагнах дэлгэрэнгүй зөвлөмжийг өгсөн болно. Энэхүү удирдамжийн заалт бүрийг ойлгоход хялбар, хэрэглэхэд бэлэн байлгахыг хичээсэн болно.

1.2 Хамрах хүрээ

Энэ баримт бичгийн заалт бүр шалгалт тохируулгын лабораториудад хийгддэг бүх төрлийн хэмжлүүдэд хамаарна. Тусгайлсан хэмжилд холбогдох томъёонуудыг илүү нарийвчилсан байдлаар авч болох ба нэмэлт мэдээллүүдийг оруулж тооцох нь зүйтэй. Хэмжлийн оролтын утгууд нь корреляцид орсон тохиолдлууд энэ баримт бичигт хамаараагүй болно. Тус баримт бичиг нь дараах сэдвүүдийг хамарна. Үүнд:

- Эргэлзээ- Ойлголт, эх үүсвэр, хэмжигдэхүүн
- Хамааралтай нэр томъёо, тодорхойлолт
- Оролтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээний тооцоо
- Гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээний тооцоо
- Хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээ
- Хэмжлийн эргэлзээг тогтоох
- Стандарт эргэлзээний хуваарилалт
- Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох үе шат
- Хавсралт А- Холбогдох магадлалын тархалтыг ашиглах
- Хавсралт Б- Хамруулах коэффициент ба чөлөөний ашигтай зэрэг
- Хавсралт С- Хэмжлийн эргэлзээг бодсон жишээнүүд

1.2 Норматив иш таталт

Энэхүү баримт бичиг нь ВІРМ, ІЕС, ІSO ба ОІМL-ын нэр томъёо ба тодорхойлолтуудаар хамтран бэлтгэгдсэн хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх зөвлөмжид голлон суурилсан. Мөн ІSO 3534-І (1993) Хэсэг-І боломж ба ерөнхий статистикийн нэр томъёог нэмж үзэх хэрэгтэй.

1. Хэмжлийн үр дүнгийн нийт эргэлзээний үнэлгээ ба тайлангийн удирдамж. NABL-141, Шинжлэх ухаан, технологийн яам, Шинэ Дэли, Энэтхэг (1992)
2. Хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх удирдамж. ВІРМ – Олон улсын жин хэмжүүрийн товчоо, ІSO – Олон улсын стандартчиллын байгууллага, Швецари (1995)

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 4/60
	Amend Date: 15.12.2024	

3. Олон улсын хэмжилзүйн үндсэн болон ерөнхий нэр томъёоны толь. ВІРМ – Олон улсын жин хэмжүүрийн товчоо, ISO – Олон улсын стандартчиллын байгууллага, Швецари (1993)
4. Шалгалт тохируулгын хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх. EAL-R-2, (1997)
5. Хэмжлийн эргэлзээг тооцох болон илэрхийлэх удирдамж. Сингапурын аж үйлдвэрийн судалгаа ба стандартын институт, Сингапур (1995)
6. Олон улсын стандарт ISO 3534-I, Статистик- Үгийн сан ба тэмдэгтүүд- Хэсэг I. Боломж ба ерөнхий статистикийн нэр томъёо, анхны хувилбар, ISO – Олон улсын стандартчиллын байгууллага, Швецари (1993)

2. Эргэлзээний талаархи ойлголт, эх үүсвэр ба түүнийг хэмжих

2.1 Ойлголт

- 2.1.1 Хяналт, шалгалтын үйл ажиллагааны үндэс нь хэмжлээр хангагддаг тул хэмжлийн чанар хамгийн чухал ач холбогдолтой зүйл юм. Хэмжил гэдэг үг нь хэмжих үйл явц болон энэ үйл явцын гаралт гэсэн 2 утгыг агуулдаг.
- 2.1.2 Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүний жинхэнэ утга нь тодорхой бус, зөвхөн онолын хувьд тогтоогдсон байдаг гэдэг нь нийтэд хүлээн зөвшөөрөгдсөн. Холбогдох хэмжлийн үйл явцад бидний гаргаж авах утга нь хамгийн сайн тогтоогдсон аль эсвэл жинхэнэ утгад маш ойр байх шаардлагатай. Хэдийгээр мэдэгдэж байгаа холбогдох залруулга болон алдааны байж болох бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг оруулж тооцсон ч эргэлзээ байж л байдаг. Иймээс л хэмжигдэж байгаа хэмжигдэхүүний бодит утгыг илэрхийлэх хэмжлийн үр дүн хэр зэрэг сайн гэдэгт эргэлзсээр л байдаг.
- 2.1.3 Хэрэв хэмжлийн үр дүнгийн тайлан (үйл ажиллагаа) хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүнд харьяалагдах утгууд болон тухайн утганд холбогдох хэмжлийн эргэлзээ хоёуланг нь агуулж байвал төгс гэж үзнэ. Эдгээрийг заагаагүй бол хэмжигдсэн утгыг стандартын болон зохицуулалтын баримт бичигт өгөгдсөн жишиг утгатай харьцуулж чадахгүйд хүрнэ.
- 2.1.4 Хэмжлийн эргэлзээ нь хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүнд оновчтой харьяалагдаж байгаа утгуудын тархалтыг харуулсан хэмжлийн үр дүнтэй холбоотой параметр. Энэ параметр нь стандарт хазайлт эсвэл тогтоосон үнэмшлийн төвшний интервалын хагас байж болно.

2.2 Эх үүсвэр

- 2.2.1 Хэмжлийн ажиглагдсан үр дүнгийн алдаа нь эдгээр үр дүнгүүдээс гарган авч байгаа хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүний жинхэнэ утгын тухайд эргэлзээг ихэсгэж өгдөг. Ажиглагдсан (хэмжлийн) үр дүнд нөлөөлж байгаа байнгын болон санаадгүй алдааны аль аль нь энэ эргэлзээнд хувь нэмрээ оруулдаг.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 5/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Эдгээр нь заримдаа тус тусын эргэлзээний санамсаргүй болон байнгын бүрэлдэхүүн хэсгээс үүссэн байна.

2.2.2 Санамсаргүй алдаа нь нөлөөлөх хэмжигдэхүүнүүдийн урьдаас мэдэх боломжгүй болон тохиолдож болох өөрчлөлтөөс бий болох магадлалтай. Жишээлбэл:

- Холболт эсвэл ашиглагдаж байгаа хэмжлийн арга
- Хяналтгүй орчны нөхцөлүүд эсвэл тэдгээрийн нөлөөлөл
- Хэмжлийн төхөөрөмжийн тогтвортой бус байдал
- Ажиглагч эсвэл хувь хүний дүгнэлт хийх чадвар гэх мэт

Эдгээр нь эргэлзээг бүр мөсөн арилгаж чадахгүй ч тохирох хяналт шалгалтуудыг хийснээр багасгаж чадна.

2.2.3 Байнгын гарч ирж байгаа болон бусад төрлийн алдаанууд ажиглагдаж болно. Эдгээр алдаануудын зарим түгээмэл төрлүүд нь:

- Жиших эталоны шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд тэдгээр нь тусгагдсан байна.
- Хэмжлийн тухайн агшин дахь өөр нөлөөлөх орчин нь тухайн эталоны шалгалт тохируулгын тухайн агшин дахь нөлөөлөх орчинтой харьцуулагдана.(уртын болон тогтмол гүйдлийн хэмжилд нийтлэг тохиолддог) гэх мэт.

2.2.4 Алдаа нь нэг тохиолдолд байнгын байдлаар илэрч болох боловч өөр тохиолдолд санамсаргүй байдлаар илэрч болно.

2.3 Эргэлзээг хэмжих нь

2.3.1 Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүн гэдэг бол хэмжлийн гол чухал хэмжигдэхүүн юм. Шалгалт тохируулгад ихэнхдээ нэг хэмжиж буй хэмжигдэхүүн буюу Y гаралтын хэмжигдэхүүн нь хэд хэдэн оролтын хэмжигдэхүүний тооноос X_i ($i=1,2,3,\dots,N$) хамаарсан дараах функцын дагуу байдаг.

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

f функцын загварчлал нь хэмжлийн болон тооцооллын аргыг харуулдаг. Энэ нь Y гаралтын хэмжигдэхүүний утгыг хэрхэн оролтын хэмжигдэхүүний утга X_i -аас гаргаж авахыг тодорхойлдог.

2.3.2 Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүн Y -ийн(гаралтаар тогтоосон) тооцсон утгыг у-ээр тэмдэглэн оролтын хэмжигдэхүүний X_i утгын хувьд оролтын тооцсон утга x_{i-T} ашиглан (2.1) тэгшитгэлээс гаргаж авна.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date:02.06.2010	Amend No: 02	Page: 6/60
	Amend Date: 15.12.2024	

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (2.2)$$

Ингэж загварчлахын тулд бүх гол том нөлөөллүүдийг залруулж оролтын утгуудыг маш сайн тооцоолсон гэж ойлгож болно.

2.3.3 Гаралтын тооцсон утга y -д хамаарах хэмжлийн стандарт эргэлзээ $u(y)$ нь гаралтын тооцсон y -д харгалзах Y хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүний мэдэгдэхгүй байгаа утгуудын стандарт хазайлт болно. Үүнийг оролтын хэмжигдэхүүн X_i -ийн тооцоолсон x_i болон тэдгээрт хамаарах стандарт хазайлтууд $u(x_i)$ -г ашиглан тэгшитгэл (2.1)-ээс тодорхойлж болно.

Стандарт эргэлзээ нь тооцооллоор тооцоо нь ижил хэмжээтэй байхаас хамаарна. Хэмжлийн хамааралтай стандарт эргэлзээ нь стандарт эргэлзээний тооцооны модулиар мөн хэмжигдэж болдоггүй тооцооллоор тооцоолол нь зааглагдсан тохиолдолд таарч магадгүй. Энэ ойлголтийг хэрвээ тооцоолол нь 0-тэй тэнцүү байвал хэрэглэж болохгүй.

2.3.4 Хэмжлийн үр дүнгийн стандарт эргэлзээ нь хэмжлийн үр дүнг бусад хэд хэдэн тоон хэмжигдэхүүний утгуудаас гаргаж авч байгаа үед нийлмэл стандарт эргэлзээ болно.

2.3.5 Өргөтгөсөн эргэлзээг нийлмэл стандарт эргэлзээг хамрах коэффициентээр үржүүлж олно. Энэ нь мөн чанартаа үнэмшлийн өндөр түвшинд тогтоосон хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүний жинхэнэ утгыг агуулсан интервал юм.

3. Хамааралтай нэр томъёо, тодорхойлолт

Энэхүү удирдамж нь практикт өргөн ашиглагддаг хэмжилзүйн олон улсын нэр томъёог дэлгэрэнгүй байдлаар тайлбарласан. Үндсэн гол нэр томъёонуудыг “Олон улсын хэмжилзүйн үндсэн толь бичиг болон ерөнхий нэр томъёо” номноос харж болно. Хэрэглэгчид амар болгох зорилгоор нэр томъёо, тодорхойлолтыг цагаан тогойн дарааллаар жагсаасан болно.

Хүлээн зөвшөөрөгдсөн жишиг утга

Харьцуулалтанд жишиг болгохоор зөвшилцөн тогтоогдсон утга

Хэмжлийн нарийвчлал

Хүлээн зөвшөөрөгдсөн жишиг утга болон хэмжлийн үр дүнгийн хоорондын ойртсон байдал

Арифметик дундаж

Утгуудын нийлбэрийг нийт утгын тоонд хуваасан утга

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 7/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Нийлмэл стандарт эргэлзээ (σ_c)

Олон тооны бусад хэмжигдэхүүний утгаас үр дүнг гарган авсан үеийн хэмжлийн үр дүн нь эдгээр бусад хэмжигдэхүүний өөрчлөлтөөс хэрхэн хамаарч хувирч байгааг цэгнэж үзсэн эдгээр бусад хэмжигдэхүүний вариаци эсвэл ковариант байх гишүүдийн нийлбэрээс авсан эерэг квадрат язгууртай тэнцүү стандарт эргэлзээ

Залруулга

Байнгын алдааг арилгахын тулд хэмжлийн залруулаагүй үр дүн дээр алгебрийн аргаар нэмсэн утга.

Залруулгын коэффициент

Байнгын алдааг арилгахын тулд хэмжлийн залруулаагүй үр дүнг үржүүлсэн тоон коэффициент.

Корреляци (Хамаарал)

Хоёр буюу түүнээс олон хувьсах хэмжигдэхүүний дотор байгаа хоёр буюу түүнээс олон хувьсах хэмжигдэхүүний хоорондын харьцаа

Корреляцийн коэффициент

Хоёр хувьсах хэмжигдэхүүний ковариацийн харьцаа ба тэдгээрийн стандарт хазайлтын үр дүн

Ковариант

x_i болон y_i –ийн дундажийн стандарт хазайлтуудын үр дүнгийн нийлбэрийг хос ажиглалтын тооноос нэгээр бага тоонд хуваасан хуваагдал .

$$S_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (3.1)$$

n- хос ажиглалтын тоо

Хамруулах коэффициент (k)

Өргөтгөсөн эргэлзээг гаргаж авахын тулд нийлмэл стандарт эргэлзээний үржигдэхүүнд ашиглагддаг тоон коэффициент

Хамааруулах магадлал буюу үнэмшлийн төвшин

Үнэмшлийн интервал эсвэл статистикаар хамрах интервалтай холбоотой магадлалын утга.

Чөлөөний зэрэг (ν)

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 8/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Нийлбэр дэх ухагдахууны тооноос нийлбэр дэх ухагдахууны хязгаарлалтын тоог хассан утга.

Алдаа

Хэмжил нь хэмжлийн үр дүнгийн алдааг ихэсгэж байдаг сул талтай. Алдаа нь санамсаргүй ба байнгын алдаа гэсэн 2 бүрэлдэхүүнтэй.

Хэмжлийн алдаа

Хэмжлийн үр дүнгээс хүлээн зөвшөөрсөн жишиг утгыг хассан ялгавар.

Тооцоо

Загвар дахь ажиглалтаас загварыг авсан бүлэг зүйлсийн статистик загвар гэж сонгосон түгэлтийн параметрт тоон утгыг оноох ажил

Тооцсон утга

Бүлэг зүйлсийн параметрийг тооцоход ашигласан статистикийн утга

Өргөтгөсөн эргэлзээ (U)

Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүнд оновчтой харъяалагдаж чадсан утгуудын тархалтын томоохон хэсгийг багтаан магадлаж болох хэмжлийн үр дүн орчмын интервалыг тодорхойлж байгаа хэмжигдэхүүн.

Магадлах зүйл

Санамсаргүй z хувьсах хэмжигдэхүүний магадлалын нягтын $p(z)$ функц дээрхи $g(z)$ функцийн магадлах зүйл нь $p(z)$ -ийн тодорхойлолтоос $\int p(z)dz = 1$ байхад

$$E[g(z)] = \int g(z)p(z)dz \quad (3.2)$$

гэж тодорхойлодог. μ_z -ээр тэмдэглэсэн ба z -ийн магадлалт утга буюу дундаж утга гэж томъёолсон санамсаргүй z хувьсах хэмжигдэхүүний магадлах зүйлийг

$$\mu_z \equiv E(z) = \int zp(z)dz$$

гэж өгнө. Үүнийг статистикийн аргаар \bar{z} , санамсаргүй z хувьсах хэмжигдэхүүний n үл хамаарах z_i ажиглалтын арифметик дундаж буюу дундаж утгаар ба $p(z)$ магадлалын нягтын функцээр тооцно. Үүнд:

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \quad (3.3)$$

Туршилтын стандарт хазайлт $[s(q_j)]$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 9/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ижил хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүний n цуврал хэмжлийн хувьд үр дүнгийн тархалтыг тодорхойлж байгаа бөгөөд дараах томъёогоор өгсөн $s(q_k)$ хэмжигдэхүүн:

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2}{n-1}} \quad (3.4)$$

энд q_k нь k дугаар хэмжлийн үр дүн, \bar{q} нь авч үзэж буй n тооны үр дүнгийн арифметик дундаж.

Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүн

Хэмжлийн субъект болж буй хэмжигдэхүүн

Магадлалын тархалт

Санамсаргүй хувьсах хэмжигдэхүүн нь дурын утгыг авч буй эсвэл тухайн цогц утганд харьяалагдаж буй магадлалыг өгч буй функц

Магадлалын нягтын функц

Тархалтын функцийг уламжлал (байгаа бол):

$$f(x) = dF(x)/dx \quad (3.5)$$

$f(x) dx$ нь магадлалын элемент

$$f(x)dx = \Pr(x < X < x+dx) \quad (3.6)$$

Магадлалын функц

x утга бүрд X санамсаргүй хувьсах хэмжигдэхүүн нь x -тэй тэнцүү магадлалыг өгч буй функц:

$$F(x) = \Pr(X=x) \quad (3.7)$$

Санамсаргүй алдаа

Хэмжлийн үр дүнгээс давтагдах нөхцөлд гүйцэтгэсэн хэмжиж байгаа нэгэн ижил хэмжигдэхүүний төгсгөлгүй олон хэмжлээс гарч ирэх дундаж утгыг хассан ялгавар

ТАЙЛБАР:

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 10/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

1. Санамсаргүй алдаа нь алдаанаас байнгын алдааг хассантай тэнцүү.
2. Мэдээж хэмжлийг тодорхой тооны хязгаарт хийж болно.

Энэ нь санамсаргүй алдааны тоо зөвхөн нэг тооцсон утгыг тодорхойлох боломжтой.

Санамсаргүй хувьсах хэмжигдэхүүн

Магадлалын тархалттай холбоотой тодорхой цогц утгуудаас аль нэгэн утгыг авч болох хувьсах хэмжигдэхүүн

Давтагдах чадвар (хэмжлийн үр дүнгийн)

Хэмжлийн давтагдах нөхцөлд гүйцэтгэсэн хэмжиж байгаа нэгэн ижил хэмжигдэхүүний дараалсан хэмжлийн үр дүн хоорондын ойролцоо байдал

Хэмжлийн давтагдах нөхцөл

Нэг сорилтын зүйлийн бие даасан сорилт/хэмжлийн үр дүнг нэг лабораторид нэг ажиглагч нэг хэмжлийн арга, нэг хэмжих хэрэгсэл ашиглан богинохон хугацаанд гарган авах нөхцөл

Тохирох чадвар (хэмжлийн үр дүнгийн)

Хэмжлийн тохирох чадварын нөхцөлд гүйцэтгэсэн хэмжиж байгаа нэгэн ижил хэмжигдэхүүний дараалсан хэмжлийн үр дүн хоорондын ойролцоо байдал.

Хэмжлийн тохирох нөхцөл

Нэг сорилтын зүйлийн сорилт/хэмжлийн үр дүнг өөр лабораторид өөр ажиглагч өөр хэмжих хэрэгсэл ашиглан нэг хэмжлийн аргаар гарган авах нөхцөл

Хэмжлийн үр дүн

Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүнд хамаатай, хэмжлээр гарган авсан утга

Тайлбар:

Хэмжлийн үр дүнгийн иж бүрэн мэдүүлэг нь хэмжлийн эргэлзээний талаархи мэдээллийг агуулдаг.

Оролтын тооцооноос хамааралтай мэдрэмжийн коэффициент (с)

Гаралтын тооцсон утгын дахь дифференциал өөрчлөлт нь тэрхүү оролтын тооцсон утга дахь дифференциал өөрчлөлтөөс үүснэ.

Стандарт хазайлт (σ)

Вариацийн эерэг квадрат язгуур

Стандарт эргэлзээ

Стандарт хазайлтаар илэрхийлсэн хэмжлийн үр дүнгийн эргэлзээ

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 11/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Байнгын алдаа

хэмжлийн үр дүнгээс таарцын нөхцөлд гүйцэтгэсэн ижил хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүний төгсгөлгүй олон хэмжлээс гарч ирэх дундаж утгыг хассан ялгавар

Тайлбар:

Байнгын алдаа нь алдаанаас санамсаргүй алдааг хассантай тэнцүү байна.

Жинхэнэ утга (хэмжигдэхүүний)

Маш тохиромжтой нөхцөлд төгс сайн тодорхойлогдсон хэмжигдэхүүний утга.

Тайлбар:

Жинхэнэ утга гэдэг нь онолын ойлголт ба түүнийш яг тодорхой тогтоож чаддаггүй.

А төрлийн тооцоо (эргэлзээний)

цуврал ажиглалтын статистик шинжилгээгээр эргэлзээг үнэлэх арга

В төрлийн тооцоо (эргэлзээний)

Цуврал ажиглалтын статистик шинжилгээнээс өөрөөр эргэлзээг үнэлэх арга

Эргэлзээ (хэмжил дэх)

хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүнд оновчтой харьяалагдаж байгаа утгуудын тархалтыг харуулсан хэмжлийн үр дүнтэй холбоотой параметр

Варианц

Ажиглалтын дундаж утгын квадрат хазайлтын нийлбэрийг ажиглалтын тооноос нэгээр бага тоонд хуваасан сарнилын хэмжээ

4. Оролтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээг тодорхойлох

4.1 Ерөнхий ойлголтууд

Оролтын тооцсон утгатай холбоотой хэмжлийн эргэлзээг А болон В төрлийн тооцооны аргын аль нэгээр нь үнэлнэ. Стандарт эргэлзээний А төрлийн тооцооны арга нь цуврал ажиглалтын статистик шинжилгээгээр эргэлзээг тооцох арга юм. Энэ тохиолдолд стандарт эргэлзээ нь дундаж утга олох үйл ажиллагаанаас гарч ирсэн дундажийн туршилтын стандарт хазайлт буюу аль эсвэл зохих регресс анализ болно. Стандарт эргэлзээний В төрлийн тооцооны арга нь цуврал ажиглалтын статистик шинжилгээнээс өөрөөр эргэлзээг тооцоолдог арга юм. Энэ тохиолдолд энэ стандарт эргэлзээ нь бусад шинжлэх ухааны мэдлэг дээр тулгуурлагдана.

Жишээнүүд:

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 12/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

I : Тоон мультметр

6.5 тоон тогтворжилттой өндөр нарийвчлалын эталон калибратор ашглан түүнээс бага нарийвчлалын буюу 4.5 тоон тогтворжилттой тоон мультметрт шалгалт тохируулга хийсэн гэж үзье. Тоон мультметрийг шалгах үеийн уншилт нь тоон заалтад шилжих үйл ажиллагаанаас болоод заалтад ± 1 тооллоор хэлбэлзэж магадгүй. Энэ тохиолдолд А төрлийн эргэлзээний тооцоолол нь маш бага байж болох ба давтан ажиглалтуудын заалтын эргэлзээг нь тоон мультметрийн ялгах чадварын алдаан дээр үндэслэн В төрлөөр тооцож болно.

II : Уртын хэмжүүр

Харьцуулалтын аргаар уртын хэмжүүрийг шалгаж тохируулах үед нэг нь эргэлзээний тооцоо нь дулааны тэлэлтийн коэффициенттэй $[\alpha=\delta\ell/\ell]$ хамааралтай эргэлзээний бүрэлдэхүүнийг агуулсан байна. Ихэвчлэн туршилтад орж байгаа болон эталоны α -г гарын авлага болон үйлдвэрлэгчийн үзүүлэлтүүдээс гарган авдаг. Энэ тохиолдолд, температурын хэмжлийн эргэлзээний тооцоо нь А төрөл болох боловч α дах эргэлзээний тооцоо нь В төрөл байна. Хэдий тийм боловч өндөр нарийвчлал шаардсан онцгой тохиолдолд дулааны тэлэлтийн хэмжил хийгдэж байгаа бол α болон температурын эргэлзээг А төрлөөр тодорхойлно.

4.2 Стандарт эргэлзээний А төрлийн тооцоо

- 4.2.1 Стандарт эргэлзээний А төрлийн тооцоог хэмжлийн ижил нөхцөлд дурын оролтын хэмжигдэхүүнд хэд хэдэн бие даасан ажиглалтууд хийгдсэн үед ашигладаг. Хэрвээ хэмжлийн үйл явцад хангалттай **ялгах чадвартай** хэмжих хэрэгсэл ашиглаж байгаа бол гарган авсан утгууд илэрхий сарнилтай буюу тархалттай байх болно.
- 4.2.2 Давтан хэмжсэн оролтын хэмжигдэхүүн X_i -г Q -р тэмдэглэе. n удаагийн статистик бие даасан ажиглалтууд дахь Q -гийн тооцсон утга \bar{q} нь ажиглагдсан утгуудын арифметик дундаж q_j ($j=1,2,\dots,n$) байна.

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j \quad (4.1)$$

Тооцсон утга \bar{q} - гийн хэмжлийн эргэлзээг доорхи аргуудын нэгээр тооцоолно.

- 4.2.3 q -ийн магадлалын тархалтын вариацийн тооцсон утга нь доорхи томъёогоор өгөгдсөн q_j утгуудын туршилтын вариаци $s^2(q)$ юм.

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 \quad (4.2)$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 13/60
	Amend Date: 15.12.2024	

$s^2(q)$ -ийн эерэг квадрат язгуур нь туршилтын стандарт хазайлтыг томъёолдог. Арифметик \bar{q} дундаж -ийн вариацийн хамгийн сайн тооцсон утга нь доорхи томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q)}{n} \quad (4.3)$$

Хүснэгт 4.1 Температурын стандарт хазайлт болон дундаж утгыг тооцоолох өгөгдлүүд

Ажиглалтын тоо	Температур °C	$(t_j - \bar{t}) * 10^{-2}$ °C	$(t_j - \bar{t})^2 * 10^{-4}$ (°C) ²
1	90.68	-4	16
2	90.83	11	121
3	90.79	7	49
4	90.64	-8	64
5	90.63	-9	81
6	90.94	22	484
7	90.60	-12	144
8	90.68	-4	16
9	90.76	4	16
10	90.65	-7	49
Нийт	907.2	0	1040

$s^2(\bar{q})$ -ийн эерэг квадрат язгуур нь дундажийн тооцсон стандарт алдаагаар тодорхойлогддог. \bar{q} Оролтын тооцсон утга - $u(\bar{q})$ гийн стандарт эргэлзээ нь стандарт алдаа болно.

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q}) \quad (4.4)$$

4.2.4 Маш нарийн болон статистик хяналтын хэмжлийн хувьд нэг удаагийн багц ажиглалтаас гарган авсан тооцоологдсон вариациас илүүтэйгээр тархалтыг сайн үзүүлж байгаа хэд хэдэн багц давтан хэмжлийн нийлмэл буюу цуврал s_p^2 вариацийн тооцсон утгыг авах боломжтой. Хэрвээ энэхүү тохиолдолд оролтын хэмжигдэхүүн Q-ийн утга нь n тооны бие даасан \bar{q} ажиглалтуудын арифметик дундаж -аар тодорхойлогдох бол дундажийн вариаци нь доорхи томъёоны дагуу тодорхойлогдоно.

$$(4.5) \quad s^2(\bar{q}) = \frac{s_p^2}{n}$$

Стандарт эргэлзээ нь 4.4 тэгшитгэлээр өгөгдсөн утгаар илэрхийлэгдэнэ.

Жишээ :

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 14/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Хүснэгт (4.1) температурын хэмжлийн утгуудыг үзүүлж байна. Одоо бид доор бусад параметруудийг тооцооллоё.

Дундаж температур

$$\bar{t} = \frac{(\sum_{j=1}^n t_j)}{n} = 90.72 \quad (4.6)$$

Дээрхээс уламжлаад температурын хамгийн сайн тооцсон утга нь

$$\bar{t} = 90.72 \quad (4.7)$$

Стандарт хазайлт

$$s(\bar{t}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (t_j - \bar{t})^2} = \sqrt{\frac{1}{9} (1040 * 10^{-4})} = 10.75 * 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.8)$$

Дундажийн стандарт алдаа

$$s(\bar{t}) = \sqrt{\frac{s^2(\bar{t})}{n}} = \sqrt{\frac{10.75 * 10^{-2}}{\sqrt{10}}} = 3.40 * 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.9)$$

Стандарт эргэлзээ

$$u(\bar{t}) = 3.40 * 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.10)$$

Чөлөөний зэрэг

$$V = n - 1 = 9 \quad (4.11)$$

4.3 Стандарт эргэлзээний В төрлийн тооцоо

4.3.1 Стандарт эргэлзээний В төрлийн тооцоо нь цуврал ажиглалтын статистик шинжилгээнээс бусад аргаар гарган авсан X_i оролтын хэмжигдэхүүний x_i тооцсон утгад хамаатай эргэлзээний тооцоо юм. Стандарт эргэлзээ $u(x_i)$ -г X_i -ийн боломжит хувьсах чанарын талаархи бүх бодит мэдээлэл дээр тулгуурласан шинжлэх ухааны шүүн тунгаалтаар үнэлнэ.

Энэ ангилалд хамаарах утгуудыг доорхи мэдээллээс авч болно. Үүнд:

- Өмнөх хэмжлийн өгөгдөл
- холбогдох материал, багаж хэрэгслийн төрх ба шинж чанарын талаархи ерөнхий мэдлэг буюу дадлага туршлага;

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 15/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

- Үйлдвэрлэгчийн тодорхойлон заасан үзүүлэлт
- шалгалт тохируулгын болон бусад гэрчилгээний өгөгдөл;
- Гарын авлагаас авсан лавлах өгөгдлүүдийн эргэлзээ

Стандарт эргэлзээний В төрлийн тооцоонд боломжит мэдээллийн санг зөв нь ашиглахад дадлага туршлага ба ерөнхий мэдлэгт тулгуурласан хэрсүү ухаан ур чадварыг шаардана. Энэ чадварыг практикаас олж авч болно. Стандарт эргэлзээний В төрлийн тооцоо нь ялангуяа А төрлийн тооцоо нь статистикийн хувьд харьцангуй цөөн тооны үл хамаарах ажиглалт дээр тулгуурласан хэмжил байх тохиолдолд А төрлийн тооцооны адил найдвартай байх болно. Дараахь тохиолдлуудыг авч үзье. Үүнд

а) Нэг хэмжил хийсэн утга, өмнөх хэмжлээс гарсан утга, баримт бичгээс авсан жишиг утга эсвэл залруулгын утга гэх хэмжигдэхүүн X_i -ийн мэдэгдэж байгаа ганц утгыг x_i гэе. x_i -д хамаарах стандарт эргэлзээ $u(x_i)$ нь өгөгдсөн. Өөрөөр хэлбэл энэ нь тодорхой эргэлзээний өгөгдлөөр тооцоологдсон байна. Хэрэв энэ төрлийн өгөгдлүүд нь бэлэн бус байвал эргэлзээ нь өмнө нь тогтоож байсан туршлагын үндсэн дээр тооцоологдсон байна. (Ихэвчлэн интервалын томъёолол нь өргөтгөсөн эргэлзээнд тохирдог)

б) Туршлага эсвэл онолд үндэслэн хэмжигдэхүүн X_i -ийн магадлалын тархалтыг таамаглан гарган авч болох бол энэхүү тархалтад тохирсон магадлал эсвэл таамагласан утга болон стандарт хазайлт (σ) -г тооцсон утга x_i ба холбогдох стандарт эргэлзээ $u(x_i)$ –ийн адил авч үзнэ. [Хавсралт А]

Жишээ:

Стандарт эргэлзээг стандарт хазайлтын тодорхой тоогоор үржүүлэн гарган авах ба энэхүү үржвэр нь тусгай коэффициент болж өгнө.

I тохиолдолд

Шалгалт тохируулгын гэрчилгээ дээр 10 кг өгөгдсөн зүйлийн массыг 10.000650 кг гэж заажээ. Эргэлзээ нь 2 σ стандарт хазайлтад (95.45%-ын үнэмшлийн төвшинд) 300 мг гэж өгөгдсөн. Энэ тохиолдолд стандарт эргэлзээ нь :

$$u(m)=300/2=150 \text{ мг} \quad (4.12)$$

ба тооцсон вариаци нь :

$$u^2(m)=0.0225 \text{ г}^2 \quad (4.13)$$

II тохиолдолд

Дээрхи жишээнд гарган авсан эргэлзээг 90%-ын үнэмшлийн төвшингийн интервалаар тодорхойлогдсон гэж авч үзье. Иймээс стандарт эргэлзээ нь :

$$u(m)=300/1.64=182.9 \text{ мг} \quad (4.14)$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date:02.06.2010	Amend No: 02	Page: 16/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Дээрх үнэмшлийн төвшинд тохирох коэффициентийг хэвийн тархалт гэж таамаглан үзэж 1.64 гэж бид гарган авч байна.

III тохиолдолд

Шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд нь 10Ω -ын нэрлэсэн утга R_s стандарт эсэргүүцэл хэмжигчийн эсэргүүцлийг 23 градуст $10.000742 \Omega \pm 129 \mu \Omega$ гэж өгсөн ба гарган авсан эргэлзээ $129 \mu \Omega$ -г 99% -ын үнэмшлийн төвшингийн интервалаар тодорхойлогджээ. Эсэргүүцэл хэмжигчийн стандарт эргэлзээг дорхи байдлаар бодогдъё.

$$u(R_s) = 129 \mu \Omega / 2.58 = 50 \mu \Omega \quad (4.15)$$

Энэ тохиолдолд тусгай коэффициент нь 2.58 байна. Тохирох харьцангуй стандарт эргэлзээ нь

$$u(R_s)/R_s = 5 \cdot 10^{-6} \quad (4.16)$$

Тооцсон вариаци нь :

$$u^2 = (50 \mu \Omega)^2 = 2.5 \cdot 10^{-9} \Omega^2 \quad (4.17)$$

IV тохиолдолд

Шалгалт тохируулгын гэрчилгээ дээр 50 мм-ын нэрлэсэн утга эталон урт хэмжигчийн уртыг 50.000002 мм гэж өгсөн. Эргэлзээний утга нь 99.7% -ын үнэмшлийн төвшинд 72 nm (стандарт хазайлтын 3 удаагийн хамаарлаар). Эталон урт хэмжигчийн стандарт эргэлзээ нь :

$$u(SG) = 72 \text{nm} / 3 = 24 \text{nm} \quad (4.18)$$

с) Хэрэв зөвхөн хэмжигдэхүүн X_i -ын утгын дээд болон доод хязгаар болох a_+ ба a_- өгөгдсөн бол (Хэмжих хэрэгслийн үйлдвэрлэгчийн тодорхойлон заасан үзүүлэлтүүд, температурын хүрээ, өгөгдлийн автоматчилсан хувиргагчаас үр дүнг гаргах алдаа) оролтын хэмжигдэхүүн X_i -ын боломжит хувьсах хэмжигдэхүүний хувьд эдгээр хязгааруудын хооронд тогтмол магадлалын нягттай магадлалын тархалттай (тэгш өнцөгт тархалт) байна гэж авч үзье. b тохиолдлын дагуу :

$$x_i = \frac{1}{2} (a_+ + a_-) \quad (4.19)$$

Тооцсон утгын хувьд:

$$u^2(x_i) = \frac{1}{12} (a_+ + a_-) \quad (4.20)$$

Стандарт эргэлзээний квадрат байна. Хэрэв хязгаар утгуудын хоорондох зөрүүг $2a$ -аар тэмдэглэвэл (4.20) илэрхийлэл нь доорхи байдалтай болно.

$$u^2(x_i) = \frac{1}{3} (a)^2 \quad (4.21)$$

Жишээ:

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 17/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Даралтын аналог хэмжүүрийн дараахи үзүүлэлтүүд өгөгджээ. Үүнд:

Хязгаар: 0-10 бар,

Хуваарийн хуваагдал: 1 хуваарь=0.05 бар,

Ялгах чадвар: 1/2 хуваарь= 0.025 бар,

Нарийвчлал: ±0.25% бүтэн хуваарийн хазайлт

Дээрхи үзүүлэлтүүдээс харахад дээд болон доод хязгаар болох a_+ ба a_- хооронд жинхэнэ утга оршин байх боломж адил тэнцүү байна. Тиймээс тэгш өнцөгт тархалтын хувьд:

$$a = \frac{(a_+ - a_-)}{2} \quad (4.22)$$

Эндээс

$$a_+ = (0.25\% * 10)bar = 0.025 bar \quad (4.23)$$

Ба

$$a_- = -(0.25\% * 10)bar = -0.025 bar \quad (4.24)$$

$$a = \frac{0.05}{2} = 0.025 bar \quad (4.25)$$

Иймээс стандарт хазайлт нь

$$u = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.025}{\sqrt{3}} = 0.0144 bar \quad (4.26)$$

5. Гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээний тооцоо

5.1 Корреляцид орооүй оролтын хэмжигдэхүүний хувьд гаралтын тооцсон утга у-ийн стандарт эргэлзээний квадрат нь доорхи байдлаар өгөгдөнө.

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^n u_i^2(y) \quad (5.1)$$

Хэмжигдэхүүн $u_i(y)$ ($i=1,2,\dots,n$) нь оролтын тооцсон утга x_i -д хамаарах стандарт эргэлзээнээс гарган авсан үр дүн у гаралтын тооцсон утгад хамаарах стандарт эргэлзээнд хувь нэмрээ оруулна.

$$u_i(y) = c_i u(x_i) \quad (5.2)$$

c_i нь x_i оролтын тооцсон утгын мэдрэмжийн коэффициентоор тодорхойлогддог. Өөрөөр хэлбэл оролтын тооцсон утга x_i -ийн үед тооцоолсон X_i -д хамаарах загварын функц f -ийн уламжлалаар тодорхойлно.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 18/60
	Amend Date: 15.12.2024	

$$X_i=x_i \text{ үед } c_i=(\partial f/\partial x_i)=(\partial f/\partial X_i) \quad (5.3)$$

5.2 Мэдрэмжийн коэффициент c_i нь оролтын тооцсон утга x_i -ийн өөрчлөлтөөс үүсэх гаралтын тооцсон утга y -ийн өөрчлөлтийн өргөтгөлийг тодорхойлно. Үүнийг (5.3) –д өгөгдсөн f функцээс эсвэл тоон аргуудаар, өөрөөр хэлбэл $+u(x_i)$ болон $-u(x_i)$ дэх оролтын тооцсон утга x_i дахь өөрчлөлтийн улмаас гаралтын тооцсон утга y дахь өөрчлөлтөөр тооцоолж болон ба $2u(x_i)$ -д хуваагдсан y дахь үр дүнгийн ялгаварыг c_i утга гэж авч болно. Заримдаа $x_i \pm u(x_i)$ дээрх давтан хэмжлийн туршилтаар гарах гаралтын тооцсон утга y -ийн өөрчлөлтийг олох нь илүү тохиромжтой байж болно.

5.3 Хэрвээ загварын функц нь оролтын хэмжигдэхүүн X_i -ийн нийлбэр эсвэл өөрчлөлт бол:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_N) = \sum_{i=1}^N p_i X_i \quad (5.4)$$

(2.2) тэгшитгэлийн дагуу гаралтын тооцсон утга нь оролтын тооцсон утгын нийлбэр эсвэл ялгавараар өгөгдсөн үед

$$y = \sum_{i=1}^N p_i x_i \quad (5.5)$$

Байх бөгөөд мэдрэмжийн коэффициент нь p_i -тай тэнцүү ба (5.1) тэгшитгэл нь доорхи байдлаар хөрвүүлэгдэнэ.

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N p_i^2 u^2(x_i) \quad (5.6)$$

5.4 Хэрвээ загварын функц f нь X_i оролтын хэмжигдэхүүний үржвэр эсвэл хуваагдал бол:

$$f(X_1, X_2, \dots, X_N) = c \prod_{i=1}^N X_i^{p_i} \quad (5.7)$$

Гаралтын тооцсон утга нь оролтын тооцсон утгын үржвэр эсвэл хуваагдал байна.

$$y = c \prod_{i=1}^N X_i^{p_i} \quad (5.8)$$

Хэрэв $w(y)=u(y)/y$ болон $w(x_i)=u(x_i)/x_i$ гэсэн харьцангуй стандарт эргэлзээнүүд өгөгдсөн тохиолдолд мэдрэмжийн коэффициент нь p_i/x_i -тай тэнцүү ба (5.1) илэрхийллээс (5.6) илэрхийллийн адилаар дараахь байдлаар илэрхийлж болно.

$$w^2(y) = \sum_{i=1}^n p_i^2 w^2(x_i) \quad (5.9)$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 19/60
	Amend Date: 15.12.2024	

6. Хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээ

6.1 Шалгалт тохируулгын лабораториуд нь гаралтын тооцсон утга u -ийн стандарт эргэлзээг хамруулах коэффициентоор үржүүлэн хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээ (U)-г илэрхийлэх хэрэгтэй.

$$U=ku(y) \quad (6.1)$$

Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүнийг хэвийн тархалтаар тархсан болон гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээг үнэмшлийн сайн түвшинд тогтоогдсон гэж үзэж байвал тохиолдолд хамруулах коэффициент нь 2 байна. Тодорхойлсон өргөтгөсөн эргэлзээ нь ойролцоогоор 95%-ийн магадлалтай байна.

6.2 Хэвийн тархалттай гэдгийг туршилтаар тэр болгон амархан батлаж чаддаггүй. Хэдий тийм боловч, бие даасан хэмжигдэхүүнүүдийн жишээ нь хэвийн тархалт эсвэл тэгш өнцөгт тархалт зэрэг тархалтаас гарган авсан хэд хэдэн (өөрөөр хэлбэл $N \geq 3$) эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүд байгаа тохиолдолд, гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээ нь харьцуулж болох тодорхой тоогоор тархсан, төвийн хязгаарын теормын нөхцлийг хангаж байгаа болон ойролцооллын өндөр төвшинд байгаа бол гаралтын хэмжигдэхүүний тархалтыг хэвийн гэж авч үзнэ.

6.3 Гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээний найдвартай байдал нь түүний чөлөөний зэргээр тогтоогдоно. (Хавсралт В үз) Хэдий тийм ч, ба хэрэв 10-с доошгүй давтагдах ажиглалт дээр үндэслэсэн А төрлийн тооцооноос гарган авсан эргэлзээ байхгүй үед найдвартай байдлын шалгуурыг байнга хангах шаардлагатай.

6.4 Хэрэв тэдгээр нөхцлүүдийн нэг нь (хэвийн эсвэл хангалттай найдвартай) хангагдаагүй бол стандарт хамруулах коэффициент $k=2$ 95%-иас доошгүй магадлалд байх зохих өргөтгөсөн эргэлзээг авч болно. Эдгээр тохиолдолуудад, өргөтгөсөн эргэлзээний утга нь энгийн тохиолдлынхтой ижил хамруулах магадлалд тохирч байгаа гэдгийг батлах хэрэгтэй ба бусад үйл ажиллагаанууд нь дагалдах шаардлагатай. Жишээлбэл лаборатори хоорондын харьцуулалтын үр дүнг тооцоолох эсвэл тодорхойлон заасан үзүүлэлтүүд хангагдаж байгааг үнэлэх үед ижил хэмжигдэхүүний хэмжлийн 2 утга хэзээ ч харьцуулагдаж байхад ижил хамруулах магадлалын түвшинг хэрэглэх нь зүйтэй юм

6.5 Хэдийгээр хэвийн тархалт гэж үзэж байгаа ч, гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээ хангалттай найдвартай биш байсаар байдаг. Энэ тохиолдолд, давтагдсан хэмжлийн n тоог өсгөх эсвэл бага үнэмшилтэй А төрлийн тооцооллын оронд В төрлийн тооцооллыг хэрэглэх нь тохиромжтой арга тул Хавсралт В-д өгөгдсөн аргыг хэрэглэх нь зүйтэй.

6.6 Дээр дурьдсан хэвийн тархалт гэж авч үзэхэд хангалттай биш тохиолдолд гаралтын тооцсон утгын тархалтын бодит магадлал дээрх мэдээлэл нь ойролцоогоор 95%-ын хамруулах магадлалд тохирсон хамруулах коэффициент k -ийн утгаар тодорхойлогдсон байвал зохино.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 20/60
	Amend Date: 15.12.2024	

7. Хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх

7.1 Шалгалт тохируулгын гэрчилгээн дээр у хэмжигдэхүүний тооцсон утга ба түүнд холбогдох өргөтгөсөн эргэлзээ U -ээс бүрдсэн хэмжлийн бүрэн үр дүнг ($y \pm U$) гэсэн хэлбэрээр өгөх нь зүйтэй. Энэ бичиглэлд дараахи тайлбарыг нэмж оруулах нь зүйтэй.

Илэрхийлэгдсэн хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээ нь ойролцоогоор 95%-ын хамруулах магадлалд тохирсон хэвийн тархалтын хамруулах коэффициент $k=2$ -оор үржүүлсэн стандарт эргэлзээгээр тогтоогдсон.

7.2 Хэрэв Хавсралт А-д заасан аргачлалаар эргэлзээг бодсон тохиолдолд дараахи нэмэлт мэдээллийг тусгавал зүйтэй.

Илэрхийлэгдсэн хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээ нь ойролцоогоор 95%-ын хамруулах магадлалтай тохирсон v_{eff} чөлөөний ашигтай зэрэгтэй t тархалтын хувьд ноогдох хамруулах коэффициент k -аар үржүүлсэн стандарт эргэлзээгээр тогтоогдсон.

7.3 Хэмжлийн эргэлзээний тоон утгыг хамгийн их 2 орноор авах нь зүйтэй. Хэмжлийн үр дүнгийн тоон утгыг эцсийн тайланд тусгахдаа хэмжлийн үр дүнд ноогдох өргөтгөсөн эргэлзээний утгын бага ач холбогдол бүхий тоог бүхэлтгэх хэрэгтэй. Тоог бүхэлтгэхдээ тоонуудыг бүхэлтгэх энгийн дүрмийг хэрэглэх хэрэгтэй.

8. Стандарт эргэлзээг тайлагнах

8.1 Хэмжлийн эргэлзээний задлан шинжилгээг хэмжлийн эргэлзээний тооцоо гэж нэрлэх бөгөөд бүх эргэлзээний эх үүсвэрүүдийг холбогдох стандарт эргэлзээний хамт болон тэдгээрийг тооцоолох аргачлалын жагсаалтыг агуулсан байна. Давтан хэмжлийн хувьд n ажиглалтын тоог мөн тогтоосон байна.

Тодорхой байлгахын тулд энэ задлан шинжилгээнд хамааралтай өгөгдлүүдийг доор заасан хүснэгт маягтаар өгвөл зохимжтой. Энэхүү хүснэгтэнд бүх хэмжигдэхүүнүүдийн физик тэмдэглэгээ эсвэл таних тэмдэглэгээг оруулсан байна. Тэдгээр хэмжигдэхүүний хувьд дор хаяж тооцсон утга x_i болон түүний стандарт эргэлзээ $u(x_i)$, мэдрэмжийн коэффициент c_i болон өөр эргэлзээний нөлөөллийг заасан байна. Чөлөөний зэрэг нь тодорхой байх ёстой. Хэмжигдэхүүн бүрийн тоон утгыг хүснэгтэд тэмдэглэгдсэн байна.

8.2 Загвар жишээ болгон корреляцид ороогүй оролтын хэмжигдэхүүнүүдийн тохиолдолд хэрэглэж болох хүснэгтийг (8.1)-т харуулав. Хүснэгтийн баруун доод буланд өгөгдсөн хэмжлийн үр дүнтэй хамааралтай стандарт эргэлзээ нь гадна талын баруун багана дахь өгөгдсөн бүхий л эргэлзээний квадрат язгуур юм. Энгийнээр, v_{eff} хавсралт В-д тодорхойлогдсон шиг тооцоологдсон байх ёстой.

Хүснэгт 8.1: Эргэлзээний багцын бүдүүвч

Эргэлзээни	Тооцоолс	Хязгаар	Магадлал	Стандарт	Мэдрэмж	Эргэлзээн	Чөлөө
------------	----------	---------	----------	----------	---------	-----------	-------

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ							
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам						
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02					Page: 21/60	
	Amend Date: 15.12.2024						

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

й эх үүсвэр X_i	он x_i	$\pm\Delta x_i$	ын тархалт А эсвэл В төрөл	эргэлзээ $u(x_i)$	ийн коэффице нт c_i	ий нөлөөлөл $u_i(y)$	ий зэрэг v_i
X_1	x_1	Δx_1	А эсвэл В төрөл	$u(x_1)$	c_1	$u_1(y)$	v_1
X_2	x_2	Δx_2	А эсвэл В төрөл	$u(x_2)$	c_2	$u_2(y)$	v_2
X_3	x_3	Δx_3	А эсвэл В төрөл	$u(x_3)$	c_3	$u_3(y)$	v_3
X_N	x_N	Δx_N	А эсвэл В төрөл	$u(x_N)$	c_N	$u_N(y)$	v_N
Y	y					$u_c(y)$	v_{eff}

9. Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох алхам

Практикт энэхүү баримт бичгийн :

Алхам 1. Хэмжигдэж буй хэмжигдэхүүн Y-г оролтын хэмжигдэхүүн X_i –ээс хамаарсан математик тэгшитгэлээр (2.1)-ийн дагуу илэрхийлнэ. Жишээ болгон 2 эталоныг шууд харьцуулах үеийн энгийн тэгшитгэл .

$$Y = X_1 + X_2 \quad (9.1)$$

Алхам 2. Оролтын хэмжигдэхүүнд бүх нөлөө үзүүлж болох залруулгуудыг тодорхойлох болон тооцоолох.

Алхам 3. 8 дугаар хэсэгт заасан эргэлзээний задлан шинжилгээний маягтын дагуу хэмжлийн эргэлзээний бүхий л эх сурвалжуудыг жагсаах

Алхам 4. 4.2 дэд хэсэгт заасны дагуу давтан хэмжигдсэн хэмжигдэхүүнүүдийн стандарт эргэлзээг тооцоолох

Алхам 5. Өмнөх хэмжлээс гарган авсан үр дүн, гарын авлагаас авсан утгууд эсвэл залруулгын утгууд г.м гэх мэт утгуудад 4.3.2 (а)-д заасны дагуу стандарт эргэлзээ нь өгөгдсөн эсвэл тооцоологдож болохоор байна. Ашиглаж буй эргэлзээний дүрслэлд анхаарлаа хандуулах хэрэгтэй. Хэрэв стандарт эргэлзээг гарган авах бэлэн өгөгдөл байхгүй тохиолдолд шинжлэх ухааны туршлага дээр үндэслэсэн $u(x_i)$ -ийн утгыг тогтооно.

Алхам 6. Магадлалын тархалт нь мэдэгдэж байгаа эсвэл төсөөлөгдөж болох оролтын хэмжигдэхүүнүүдэд 4.3.2 (b)-ийн дагуу стандарт эргэлзээ $u(x_i)$ -г болон холбогдох магадлалыг тооцоолно. Хэрэв зөвхөн дээд болон доод хязгаар нь өгөгдсөн эсвэл тооцоологдож болох бол 4.3.2(c)-тэй хамаарах стандарт эргэлзээ $u(x_i)$ -г тооцоолох.

Алхам 7. (5.2), (5.3)-д заасан тэгшитгэлийн дагуу оролтийн хэмжигдэхүүн X_i бүрийн хувьд оролтын тооцсон утга x_i -с гарган авсан гаралтын тооцсон утгад холбогдох эргэлзээнд нэмэр оруулж буй $u(x_i)$ -ийг тооцоолоод хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүний стандарт эргэлзээ $u_i(y)$ -ийн квадратыг олох (5.1)-д заасан тэгшитгэлээр тэдгээрийн квадратуудын нийлбэрийг тооцоолох

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	
	Amend Date: 15.12.2024	
		Page: 22/60

Алхам 8. 6 дугаар бүлэгт заасны дагуу хамруулах коэффициент k -г сонгон авч, энэ коэффициентийг гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээгээр үржүүлэн өргөтгөсөн эргэлзээ U -г тооцоолох

Алхам 9. 7 дугаар бүлэгт заасны дагуу шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд хэмжигдэхүүний тооцсон утга u , түүний өргөтгөсөн эргэлзээ болон хамааруулах коэффициент k -г багтаасан хэмжлийн үр дүнг бичих.

ХАВСРАЛТ А

Магадлалын тархалт

А.1 Хэвийн тархалт

Хэвийн тархалтын магадлалын нягтын функц нь :

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad -\infty < x < +\infty \quad (\text{A.1})$$

Энд μ нь дундаж ба σ нь стандарт хазайлт юм. Зураг (А.1) нь дээрхи тархалтыг харуулж байна.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 23/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

(A.3)

A.2 Тэгш өнцөгт тархалт

Тэгш өнцөгт тархалтын магадлалын нягтын функц нь :

$$P(x) = \frac{1}{2a}, a_- < a_+, \text{энд } a = \frac{a_+ - a_-}{2} \quad (\text{A.4})$$

Зураг (A.2) нь дээрхи тархалтыг харуулж байна. X_i -аар өгөгдсөн X_i -ийн магадлал нь:

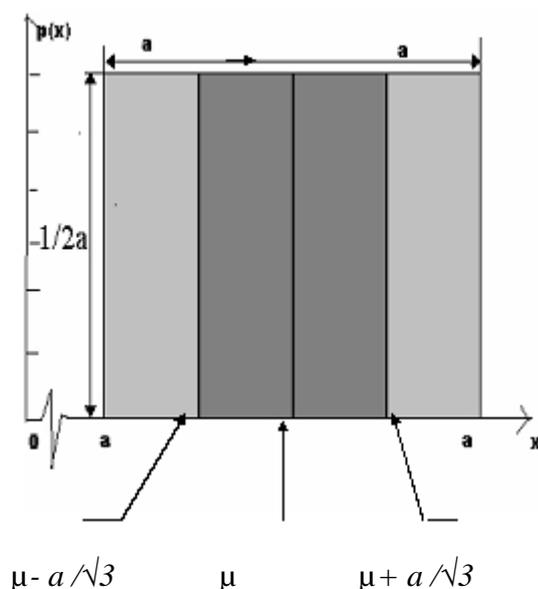
$$E(x_i) = x_i = \frac{a_+ + a_-}{2} \quad (\text{A.5})$$

Ба түүний вариаци нь

$$\text{var}(x_i) = \frac{a^2}{3} \text{ энд } a = \frac{a_+ - a_-}{2} \quad (\text{A.6})$$

A.2.1 Тэгш өнцөгт тархалтын хэрэглэх

Оролтын хэмжигдэхүүн X_i -ийн зөвхөн дээд болон доод хязгааруудыг тогтоох боломжтой бөгөөд X_i -ийн утгуудын энэ интервал дах концентрацийн талаар онцгой мэдлэггүй үед X_i утгын энэ интервалын дотор хаана ч орших магадлал тэгш адил байна. Ийм тохиолдолд тэгш өнцөгт тархалтыг ашиглана.



Зураг (A.1): Тэгш өнцөгт тархалтын бүдүүвч

A.3 Тэгш хэмтэй трапецан тархалт

Дээрх тэгш өнцөгт тархалт нь X_i нь ижил боломжтойгоор интервал дахь дурын утгыг авч болохыг харуулдаг. Хэдий тийм ч, ихэнх бодит тохиолдолуудад X_i нь ижил боломжтойгоор нарийсгасан интервалын голын цэгийн эргэн тойронд утга авч болох ба хязгааруудад ойртсон утгууд нь маш нарийн тохирсон байна. Боломжит тархалт нь

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 25/60
	Amend Date: 15.12.2024	

суурийн өргөн $a_+ - a_- = 2a$ болон оройн өргөн буюу $0 \leq \beta \leq 1$ байх $2\beta a$ тай тэнцүү налуу талуудтай тэгш хэмтэй трапецан тархалтын функцээр илэрхийлэгдэнэ.

Доорхи томъёогоор өгөгдсөн X_i -ийн магадлал нь:

$$E(X_i) = \frac{a_+ + a_-}{2} \quad (A.7)$$

Ба тэрний вариаци нь

$$var(X_i) = \frac{a^2(1 + \beta)^2}{6} \quad (A.8)$$

В нь 1 рүү байх үед тэгш хэмтэй трапецан тархалт нь тэгш өнцөгт тархалтаар солигдоно.

А.3.1 Гурвалжин тархалт

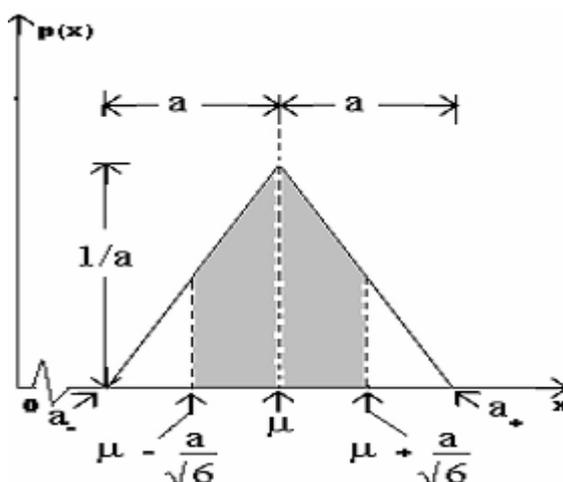
В нь 0-тэй тэнцүү байх үед тэгш хэмтэй трапецан тархалт нь гурвалжин тархалтаар солигдоно. Зураг (А.3) нь энэ төрлийн тархалтыг үзүүлж байна. Тархалтын төв дэх утгуудын их хэмжээний концентрацитай үед гурвалжин тархалтыг хэрэглэх ёстой.

Доорхи томъёогоор өгөгдсөн X_i -ийн магадлал нь:

$$E(X_i) = \frac{a_+ + a_-}{2} \quad (A.9)$$

вариаци нь

$$var(X_i) = \frac{a^2}{6} \quad (A.10)$$



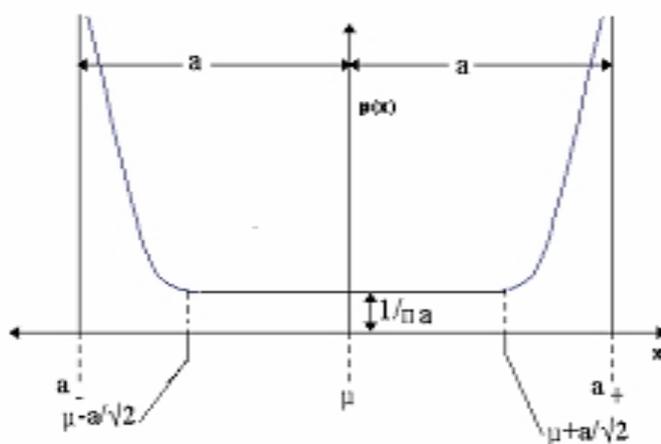
Зураг (А.3): Гурвалжин тархалтын бүдүүвч

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 26/60
	Amend Date: 15.12.2024	

А.4 U хэлбэрийн тархалт

U хэлбэрийн тархалтыг радио болон бичил долгионы давтамжын хэмжилтэнд тодорхойгүй эргэлзээ гарсан тохиолдолд хэрэглэнэ. (Зураг А.4) Өндөр давтамжид хүч нь үүсгүүрийг ачааллахад болон дотоод эсэргүүцэл байхгүй үед тохиолдсон ойлтоос бий болно. Тодорхойгүй эргэлзээ нь $2\Gamma_s\Gamma_L$ –ээр өгөгдсөн ба энд Γ_s болон Γ_L нь үүсгүүрийн ойлтын коэффициент болон дараалласан ачааллыг илэрхийлнэ. Стандарт эргэлзээ нь дараахь байдлаар

$$u^2(x_i) = \frac{(2\Gamma_s\Gamma_L)^2}{2} \quad \text{тооцоологдоно.} \quad (\text{A.11})$$



Зураг (А.4): U хэлбэрийн тархалтын бүдүүвч

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	
	Amend Date: 15.12.2024	
		Page: 27/60

ХАВСРАЛТ В

Чөлөөний ашигтай зэрэгтэй холбоотой хамруулах коэффициент

В.1 Гаралтын тооцсон утга u -ийн стандарт эргэлзээний $u(y)$ үнэн зөв байдлыг хангахын тулд тусгайлан заасан хамруулах магадлалд тохирох хамруулах коэффициент k -ийн утгыг тооцоолоход анхаарах нь чухал. Энэ нь стандарт эргэлзээ $u(y)$ -г маш сайн тооцохын тулд хэмжлийн үр дүнгийн стандарт хазайлтыг анхаарч авч үзэх гэсэн үг юм. Хэвийн тархалтын стандарт хазайлтын утгын хувьд түүвэрлэлтийн хэмжээнээс хамаарч байгаа тооцсон утгын чөлөөний зэрэг нь үнэн зөв байдлын хэмжүүр болно. Гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээний үнэн зөв байдлын зохистой хэмжүүр нь өөр өөр $u_i(y)$ эргэлзээний холбогдох чөлөөний V_i -ийг нэгтгэж барагцаалсан чөлөөний ашигтай зэрэг V_{eff} болно.

В.2 Хамруулах коэффициент k -г тооцоолох үйл ажиллагаа.

Алхам 1. Гаралтын тооцсон утгын хувьд стандарт эргэлзээг тооцоолох

Алхам 2. Вэлч-Саттертвайте-ийн томъёогоор гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээ $u(y)$ -н чөлөөний ашигтай зэргийг V_{eff} тооцоолох

Алхам 3. t тархалтын утгуудын хүснэгтээс хамруулах коэффициент k -ийг тооцоолох. Хэрэв чөлөөний зэрэг V_{eff} ашигтай зэрэг нь бүхэл тоо биш байвал V_{eff} нь дараагийн бага бүхэл тоогоор авах ба тохирсон хамруулах коэффициентийг хүснэгтээс авна.

В.3 Вэлч-Саттертвайте-ийн томъёо нь дараахь хэлбэртэй байна.

$$v_{eff} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{v_i}} \quad (B.1)$$

Энд $u_i(y)$ ($i=1,2,3,\dots,N$) нь (5.1) болон (5.2) –оор тооцоологдсон.

Стандарт эргэлзээний нөлөөлөл нь хоорондоо статистик харилцан хамааралгүйгэж үзэх оролтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээнээс гаргаж авч байгаа үр дүнгийн гаралтын тооцсон утга u -ийн стандарт эргэлзээг нэгдсэн байна. Мөн нь $u_i(y)$ стандарт эргэлзээний чөлөөний ашигтай зэрэг v_i болно.

Тайлбар:

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 28/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

А болон В төрлийн тооцооллын чөлөөний зэргийн тооцоог дараахь байдлаар гүйцэтгэж болно.

А төрлийн тооцоо

Шууд хэмжлийн үр дүнгийн хувьд (А төрлийн тооцоо) чөлөөний зэрэг нь ажиглалтын n тооноос хамаарна.

$$v_i = n-1 \quad (B.2)$$

В төрлийн тооцоо

Энэ төрлийн тооцоонд дээд болон доод хязгаар нь мэдэгдэж байгаа үед

$$v_i \rightarrow \infty \quad (B.3)$$

Энэ нь А болон В төрлийн тооцооны эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүдийг баримтжуулж, $v_i - g$ өгсөн байх нь зүйтэй.

Өндөр нарийвчлалын хэмжил гүйцэтгэдэг итгэмжлэгдсэн шалгалт тохируулгын лабораториуд нь ISO хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх удирдамжыг хэрэглэнэ. (1995) Сонирхсон лабораториуд нь Хавсралт G-с лавлан үзэж болно.(G-2 дугаар хүснэгт болон хавсралт H-ийн холбогдох жишээнүүд)

Хэдий тийм ч v_i нь хязгааргүй руу тэмүүлж байх нь заавал бодит бус байж болно. Энэ нь a_- болон a_+ хязгаарын аль ч тохиолдолд хэмжигдэхүүний боломж нь a_- -аас a_+ дэх интервалын гадна талд маш жижгээр байрлах түгээмэл практик юм.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 29/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Чөлөөний ашигтай зэргийн тайлбар

Эргэлзээний бүрэлдхүүний чөлөөний зэргийн тоог тодорхойлох шалтгаан нь t хүснэгтийн утгыг зөв сонгох боломжийг олгох ба ингэснээр холбогдох эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүд хэр сайн тодорхойлогдсон болохыг үзүүлнэ. Чөлөөний зэргийн тоо их байна гэдэг нь олон тооны хэмжил эсвэл бага вариацийн утгатай, аль эсвэл түүний сарнил бага байна. Чөлөөний зэргийн бага тоо нь их сарнил эсвэл утга нь бага үнэмшилтэй тохирдог.

Хэмжлийн эргэлзээний бүрэлдэхүүн бүр нь түүнд тогтоогдсон чөлөөний зэрэг v - тэй байна.

Жишээлбэл: дундаж утга x , $v=n-1$ n - давтагдсан хэмжлийн тоо.

А төрлийн үнэлгээнд үйл ажиллагаа бүхэлдээ энгийн байна. Жишээлбэл : Муруйд тохирсон өгөгдлүүд байгаа үед хүснэгтүүд нь хэрэглээнд тохирох стандарт хазайлтыг өгдөг. Энэхүү стандарт хазайлт нь магадгүй хэмжигдэхүүний утгуудын сарнилттай учраас хэрэглээнд тохирсон утган дахь эргэлзээгээр хэрэглэгддэг. Гол асуудал нь В төрлийн үйл ажиллагаагаар тооцоологдсон бүрэлдэхүүнүүдийг хэрхэн тодорхойлох вэ гэдэгт байна.

Зарим тархалтуудад хязгаарууд нь тодорхойлогдсон байдаг учраас бидэнд тэдгээрийн утга дахь бүрэн найдвар байна гэсэн үг. Дээрхи тохиолдолуудад чөлөөний төвшиний тоонууд нь хязгааргүй байна. Хамгийн муу тохиолдол, энэ тохиолдлыг чиглүүлэх, тухайлбал чөлөөний хязгааргүй төвшиний хязгааруудыг тодорхойлох нь нэгдсэн эргэлзээний чөлөөний хүчинтэй төвшиний тооцооллыг хялбар болгодог.

Хэрэв хязгааруудад өөрсдөд нь эргэлзээ байвал чөлөөний төвшиний хамгийн бага тоо нь тодорхойлогдсон байх ёстой. ISO хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох удирдамж нь томъёонуудыг өгдөг ба тэдгээр нь бүх тархалтын нөхцөлд хэрэглэх боломжтой байдаг.

$$v \approx \frac{1}{2} [\Delta u(x_i)/u(x_i)]^{-2} \dots\dots\dots 1$$

энд

$\Delta u(x_i)/u(x_i)$ нь эргэлзээн дэх харьцангуй эргэлзээ юм.

Энэ нь 1-ээс бага тоо байдаг ба хувь эсвэл бутархай тоогоор илэрхийлэгддэг. Маш бага тоо нь эргэлзээний чухал хэмжигдэхүүнийг сайн тодорхойлдог.

Жишээлбэл: Хэрэв харьцангуй эргэлзээ нь 10% бол

$$\Delta u(x_i)/u(x_i)=0.1$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date:02.06.2010	Amend No: 02	Page: 30/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Эндээс чөлөөний төвшиний тоо нь 50 гэж харагдаж байна. Харьцангуй эргэлзээ нь 25% байхад $v=8$, 50% -ийн харьцангуй эргэлзээ байхад $v=2$ л байна.

Энэ нь математикаар төөрөгдүүлэхгүй ба ялангуяа эргэлзээ нь чухал үед хягааруудыг илүү сайн тодорхойлдог. Тооцоолол (1) нь бид 51 хэмжилт хийж дундажыг авсан үед дундажын харьцангуй эргэлзээ нь 10% байна гэдгийг бидэнд хэлдэг. Энэ нь маш олон хэмжилт хийгдсэн үед эргэлзээний үнэмшил нь В төрлийн тооцоо хийх үед заавал сайн байх албагүй гэдгийг үзүүлдэг. Үнэндээ, 2 болон 3 хэмжилтэнд тулгуурласан эргэлзээг хэрэглэхээс өөрийн мэдлэгт итгэх нь илүү дээр. Энэ нь мөн яагаад бид эргэлзээг 2 оронд хязгаарладагийг үзүүлдэг. Утга нь ихэнхдээ 1%-ийн мэдрэх чадвараас сайн иш татах хангалттай найдвар төрүүлдэггүй.

Эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүд нь нэгдсэн үед нэгдсэн эргэлзээн дэх чөлөөний зэргийн тоог олох болдог. Бүрэлдэхүүн нэг бүрийн чөлөөний зэрэг нь нэгдсэн эргэлзээтэй тохирсон чөлөөний зэргийн хүчинтэй тоог олохоор заавал нэгдсэн байх ёстой. Энийг Вэлч-Саттервайте-ийн томъёо ашиглан тооцоолсон тооцоолол нь :

$$v_{eff} = [u_c^4(y) / \sum \{u_i^4(y) / v_i\}] \dots\dots\dots 2$$

Энд

v_{eff} - Нэгдсэн эргэлзээ u_c -ийн чөлөөний зэргийн хүчинтэй тоо

v_i - u_i -ийн чөлөөний зэргийн тоо, i дах удаагийн эргэлзээний нөхцөл

$u_i(y)$ - c_i u_i -ийн үр дүн

Хүснэгт В.1 Чөлөөний зэрэг v -ийн t тархалт. v -ийн t тархалт нь тархалтын бутархай тоо p -г агуулдаг $-t_p(v)$ -с $+t_p(v)$ дэх интервалыг тодорхойлдог. $p= 68.27\%$, 95.45% , 99.73% ба $k= 1, 2$ ба 3 гэсэн нэрлэсэн дарааллаар

Чөлөөний зэрэг (v)	Бутархай тоо p (%)					
	68.27	90	95	95.45	99	99.73
1	1.84	6.31	12.71	13.97	63.66	235.80
2	1.32	2.92	4.30	4.53	9.92	19.21
3	1.20	2.35	3.18	3.31	5.84	9.22
4	1.14	2.13	2.78	2.87	4.60	6.62
5	1.11	2.02	2.57	2.65	4.03	5.51
6	1.09	1.94	2.45	2.52	3.71	4.90
7	1.08	1.89	2.36	2.43	3.50	4.53
8	1.07	1.89	2.31	2.37	3.36	4.28
9	1.06	1.83	2.26	2.32	3.25	4.09
10	1.05	1.81	2.23	2.28	3.17	3.96
11	1.05	1.80	2.20	2.25	3.11	3.85
12	1.04	1.78	2.18	2.23	3.05	3.76
13	1.04	1.77	2.16	2.21	3.01	3.69
14	1.04	1.76	2.14	2.20	2.98	3.64
15	1.03	1.75	2.13	2.18	2.95	3.59
16	1.03	1.75	2.12	2.17	2.92	3.54
17	1.03	1.74	2.11	2.16	2.90	3.51
18	1.03	1.73	2.10	2.15	2.88	3.48

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	
	Amend Date: 15.12.2024	
		Page: 31/60

19	1.03	1.73	2.09	2.14	2.86	3.45
20	1.03	1.72	2.09	2.13	2.85	3.42
25	1.02	1.71	2.06	2.11	2.79	3.33
30	1.02	1.70	2.04	2.09	2.75	3.27
∞	1.000	1.645	1.960	2.000	2.576	3.000

ХАВСРАЛТ С

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	
	Amend Date: 15.12.2024	
		Page: 32/60

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

Эргэлзээг бодсон жишээнүүд

С.1 25 мм-ийн 0 зэргийн параллель хавтгайн төгсгөлт уртын хэмжүүр ашиглан микрометрийн шалгалт тохируулга хийх

Удиртгал

Шалгалт тохируулгад хамрагдаж байгаа микрометр нь 0-25 мм-ын хэмжлийн хүрээтэй, 25 мм-ын нэрлэсэн утга бүхий төгсгөлт уртын хэмжүүртэй болно.

Хэмжүүрийн Хэмжилзүйн үзүүлэлтүүд:

Хэмжлийн хүрээ – 25мм

Стандарт температур (T_{ref}) – 20 С

Шалгалт тохируулга хийх үеийн температур (T_c) – 23 С

Шалгалт тохируулга хийгдсэн утга – 25.00010±0.00008 мм

Термометрийн хамгийн бага тоолол – 1 С

Математик загвар

$$Y_{GUT} = X_{STD} - \Delta X \quad (C.1)$$

Энд Y_{GUT} - микрометрийн уншилт, X_{STD} – төгсгөлт уртын хэмжүүрийн хэмжээ, ΔX - алдаа эсвэл микрометрийн уншилт болон төгсгөлт уртын хэмжүүрийн хэмжээ хоёрын хоорондох өөрчлөлт

Эргэлзээний тооцоо

Нэгдсэн стандарт эргэлзээний тооцоо нь доорхи байдлаар өгөгдөнө.

$$u_c(Y_{GUT}) = \sqrt{\left[\left\{\frac{\delta Y_{GUT}}{\delta X_{STD}}\right\}u(X_{STD})\right]^2 + \left[\left\{\frac{\delta Y_{GUT}}{\delta \Delta X}\right\}u(\Delta X)\right]^2} \quad (C.2)$$

Хэмжсэн үр дүнгүүд

А төрлийн тооцоо:

5-н уншилт хийгдсэн ба нэрлэсэн утгын хазайлт нь доорхийн дагуу байна.

Дундаж хазайлт

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} = 0.0006\text{мм} \quad (C.3)$$

Стандарт хазайлт

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{4} (12 * 10^{-7})} = \sqrt{3 * 10^{-7}} \text{мм} = 5.47 * 10^{-4} \text{мм} \quad (C.4)$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 33/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Хүснэгт С.1 Стандарт хазайлт болон дунджийг тооцоолох өгөгдлүүд

Ажиглалтын тоо	Нэрлэсэн утгын хазайлт (x_j) (мм)	\bar{x} (мм)	$(x_j - \bar{x}) * 10^{-7}$ (мм)
1	0.001	0.0006	1.6
2	0.000		3.6
3	0.001		1.6
4	0.000		3.6
5	0.001		1.6

Дундажын стандарт хазайлт

$$s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{s^2(x)}{n}} = \frac{5.47 * 10^{-4}}{\sqrt{5}} = 2.446 * 10^{-4} \text{мм} = 0.2446 \mu\text{м} \quad (\text{C.5})$$

Стандарт эргэлзээ

$$(\text{C.6}) \quad u(\bar{x}) = 0.2446 \mu\text{м}$$

Чөлөөний зэрэг

$$v=n-1=5-1=4 \quad (\text{C.7})$$

В төрлийн тооцоо:

Төгсгөлт уртын хэмжүүрийн шалгалт тохируулгын гэрчилээнээс авсан эргэлзээ нь хэвийн тархалтын В төрлийн эргэлзээгээр бодогдсон байна.

$\pm 1^\circ \text{C}$ температураас үүсэх стандарт эргэлзээ u_1

Төгсгөлт уртын хэмжүүрийн стандарт дулааны тэлэлтийн коэффициент нь $11.5 * 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

$$u_1 = 25 * 1 * 11.5 * 10^{-6} \text{мм} = 287.5 * 10^{-6} \text{мм} = 0.2875 \mu\text{м} \quad (\text{C.8})$$

Микрометр болон параллель хавтгайн төгсгөлт уртын хэмжүүрийн температурын зөрүүгээс үүсэх Стандарт эргэлзээ u_2 нь

Микрометр болон параллель хавтгайн төгсгөлт уртын хэмжүүрийн температурын зөрүү $\pm 1^\circ\text{C}$ байна. Ийм учраас эргэлзээний бүрэлдэхүүн нь:

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 34/60
	Amend Date: 15.12.2024	

(C.9)

Микрометр болон параллель хавтгайн төгсгөлт уртын хэмжүүрийн дулаан тэлэлтийн коэффициентийн зөрүүнээс үүсэх стандарт эргэлзээ u_3 нь:

Параллель хавтгайн төгсгөлт уртын эталон хэмжүүр болон микрометрийн шураг хоёрын б дулаан тэлэлтийн коэффициентийн зөрүү 20% байгаа учраас эргэлзээний бүрэлдэхүүн:

$[\Delta T = T_c - T_{\text{эталон}} = 3^\circ\text{C}]$ тул

$$u_3 = 25 * 3 * 11.5 * 10^{-6} * \left(\frac{20}{100}\right) \text{мм} = 0.1725 \mu\text{м} \quad (\text{C.10})$$

Микрометрийн нүүрний тэгш бус байдлаас үүсэх стандарт эргэлзээ u_4 нь:

$$\text{say} \left(\left(1 \frac{1}{2} \text{fringe} \right) \right) \approx u_4 = 0.5 \mu\text{м} \quad (\text{C.11})$$

Микрометрийн нүүрний параллель бус байдлаас үүсэх стандарт эргэлзээ u_5 нь:

$$\text{say} \left(1 \frac{1}{2} \text{fringe} \right) \approx u_5 = 0.5 \mu\text{м} \quad (\text{C.12})$$

Шалгалт тохируулгад ашигласан эталоны стандарт эргэлзээ u_6 нь:

Эталоны шалгалт тохируулгын гэрчилгээнээс авсан эргэлзээний утга 0.08 $\mu\text{м}$. Тэгш өнцөгт тархалт гэж үзвэл стандарт эргэлзээ нь:

$$u_6 = \frac{0.08}{\sqrt{3}} \mu\text{м} = 0.046 \mu\text{м} \quad (\text{C.13})$$

Дээрх 6 тохиолдолд мэдрэмжийн коэффициент нь 1 ба чөлөөний зэрэг нь $v_i = \infty$ [В төрлийн бүрэлдэхүүн]

Чөлөөний зэрэг (v_{eff})

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_c(y)^4}{\sum_{i=1}^n \frac{(u_c(y))^4}{v_i}} \quad (\text{C.14})$$

$$v_{\text{eff}} = \frac{(0.531)^4}{\frac{(0.2446)^4}{4} + \frac{(0.165)^4}{\infty} + \frac{(0.165)^4}{\infty} + \frac{(0.099)^4}{\infty} + \frac{(0.288)^4}{\infty} + \frac{(0.288)^4}{\infty} + \frac{(0.046)^4}{\infty}} = \frac{0.07950}{\frac{0.00358}{4}} \cong 89 \cong \infty$$

Нэгдсэн эргэлзээ

Нэгдсэн эргэлзээ $[u_c(Y_{\text{GUT}})]$ нь

$$= \sqrt{(0.2446)^2 + (0.165)^2 + (0.165)^2 + (0.099)^2 + (0.288)^2 + (0.288)^2 + (0.046)^2} \mu\text{м}$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 35/60
	Amend Date: 15.12.2024	

(C.15)

$$u_c(Y_{GUT}) = 0.531 \mu\text{m}$$

(C.16)

Хүснэгт С.2: Эргэлзээний тооцоо

Эргэлзээний эх үүсвэр (Xi)	Тооцоолсон утга (xi) (μм)	Магадлалын тархалт - А болон В - Коэффициент	Стандарт эргэлзээ u(xi) (μм)	Мэдрэмжийн коэффициент	Эргэлзээний нөлөө u_i(y) (μм)	Чөлөөний зэрэг (v_i)
u ₁	0.287	Тэгш өнцөгт В төрөл $\sqrt{3}$	0.165	1.0	0.165	∞
u ₂	0.287	Тэгш өнцөгт В төрөл $\sqrt{3}$	0.165	1.0	0.165	∞
u ₃	0.172	Тэгш өнцөгт В төрөл $\sqrt{3}$	0.099	1.0	0.099	∞
u ₄	0.5	Тэгш өнцөгт В төрөл $\sqrt{3}$	0.288	1.0	0.288	∞
u ₅	0.5	Тэгш өнцөгт В төрөл $\sqrt{3}$	0.288	1.0	0.288	∞
u ₆	0.8	Тэгш өнцөгт В төрөл $\sqrt{3}$	0.046	1.0	0.046	∞
Давгац	u(x̄)	Хэвийн тархалт А төрөл $\sqrt{5}$	0.547	1.0	0.2446	4
					0.531	∞
Өргөтгөсөн эргэлзээ		K=2.00			1.062	∞

Өргөтгөсөн эргэлзээ (U)

Студентийн тархалтын хүснэгтээс 95.4 %-ийн үнэмшлийн түвшин

$v_{\text{eff}} = \infty$,

С.2 Үйлдвэрийн зориулалттай ачаат бүлүүрт манометрийн шалгалт тохируулга

Үйлдвэрийн зориулалттай 60 МПа ачаат бүлүүрт манометрийг эталон бүлүүрт цилиндр (SPC) –г 2 догч эталон болгон ашиглан шалгаж тохируулья.

Ачаат бүлүүрт манометр: 0.1-60 МПа

Цувралын дугаар: xxxxxxxxxx

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	
	Amend Date: 15.12.2024	
		Page: 36/60

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

Үйлдвэрлэгч: xxxxxxxxxxxxxxxx

Үйлдвэрлэгчийн өгөгдөл:

Ялгах чадвар: ± 0.1 МПа

Нарийвчлал: даралтын бүтэн хэмжлийн хүрээний ± 0.1 %

2 догч эталон- Бүлүүрт цилиндр эталон

Хэмжих хүрээ: 0.2-100МПа

Анги: S

Энэ эталоны хэмжилзүйн үзүүлэлтээс: ялгах чадвар ± 0.01 МПа, даралтын хэмжлийн хүрээн дэх эргэлзээ ± 0.01 МПа

Шалгалт тохируулгын аргачлал

Жишиг төвшин

Даралт нь 2-догч стандарт болон шалгах хэмжүүр нь тогтмол хэмжигдэхүүн байх хяналтын төвшинг үүсгэдэг.

Матиматик загвар

$$P_{DWT} = \overline{P_{SPC}} + \Delta P$$

Энд P_{DWT} - үйлдвэрийн DWT хэмжлийн даралт, - $\overline{P_{SPC}}$ стандарт хэмжүүрээс P_{SPC} гаргаж авсан дундаж стандарт даралт юм. Дундаж тэмдэглэгээ нь ижил нөхцөлд хэд хэдэн давталтат хэмжлийн арифметик дундажыг илэрхийлдэг. ΔP нь $\overline{P_{SPC}}$ P_{DWT} -ийн 2 уншилт болон -ийн хоорондох өөрчлөлт юм. Хүснэгт С.4 өгөгдсөн даралтад уншилтын багц бүр дэх стандарт эргэлзээг харуулах σ байгаа үеийн өгөгдлүүдийг үзүүлнэ.

Энгийн болон 100 МПа хүртэл хязгаарагдсан даралтын хүрээнд ΔP нь -ны шугаман функц болох ба энэ нь

$$\Delta P = \Delta P_0 + S_1 * \overline{P_{SPC}} \quad (C.22)$$

Энд

ΔP_0 болон S_1 нь тогтмол хэмжигдэхүүнүүд болно.

Нэгдсэн стандарт эргэлзээний тооцоо нь доорхиор өгөгдөнө.

$$u_c(P_{DWT}) = \sqrt{\left[\left\{\frac{\delta P_{DWT}}{\delta P_{SPC}}\right\}\{u(P_{SPC})\}\right]^2 + \left[\left\{\frac{\delta P_{DWT}}{\delta \Delta P_0}\right\}\{u(\Delta P_0)\}\right]^2 + \left[\left\{\frac{\delta P_{DWT}}{\delta S_1}\right\}\{u(S_1)\}\right]^2} \quad (C.23)$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 37/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Хаалтан дахь хэмжигдэхүүнүүд нь уншилтын давтамж болон тус тусын стандарт хэмжүүрээс хамаарсан стандарт эргэлзээнүүд юм. Энэ нь P_{SPC} -тэй P_{DWT} болон ΔP –тэй P_{DWT} -ийн хэсэг уламжлалууд нь 1 байна. Хэсэг уламжлал S_1 -тэй P_{DWT} нь $\overline{P_{SPC}}$ байна. Бид нэгдсэн стандарт эргэлзээний $\overline{P_{SPC}}$ тооцоололд –ийн утгыг авах шаардлагатай.

Туршилтын үр дүн

Хүснэгт С.4 туршилтаас гаргаж авсан өгөгдлүүдийг үзүүлж байна. Бид даралтын тойргыг ихэсгэх болон багасгах үеийн ижил даралтын цэг дээр 5 уншилтийг $\overline{P_{SPC}}$ хийсэн. нь эдгээр 5 уншилтын дундаж утга. ΔP нь $\overline{P_{SPC}}$ алдаа эсвэл P_{DWT} болон –ийн хоорондын өөрчлөлт юм. PW гэдэг нь Piston and Weight hanger юм.

Стандарт эргэлзээний А төрлийн тооцоо

(1) Давталт / давтамж

Бид бүх даралтанд эсвэл $n=5$ -д 5-н давталтат хэмжилт хийсэн. Хүснэгт С.5-с авсан хамгийн их стандарт эргэлзээ нь :

$$s(q_k) = 0.002687 \text{ МПа} \quad (\text{C.24})$$

Иймээс стандарт эргэлзээ нь

$$u_c(s) = \frac{0.0026827}{\sqrt{5}} = 0.001199 \text{ МПа} \quad (\text{C.25})$$

Чөлөөний зэрэг нь $v_1=5-1=4$

Хүснэгт С.5 Өсгөх болон буулгах даралт

Хэрэглэг дсэн жин	Нэрлэс эн даралт P_{DWT} (МПа)	SPC-ийн уншилт (МПа)					$\overline{P_{SPC}}$ (МПа)	σ (МПа)	ΔP (МПа)
PW	1.0	0.9989	0.9992	0.9988	0.9978	0.9991	0.9987	0.619	1.24
PW,7-8	5.0	4.9965	4.9967	4.9964	4.9971	4.9961	4.9965	0.422	3.44
PW,1	10.0	9.9931	9.993	9.9933	9.9931	9.9935	9.9932	0.162	6.80
PW,1-2	20.0	19.9861	19.9865	19.9867	19.9871	19.9861	19.9865	0.477	13.50
PW,1-3	30.0	29.9791	29.9787	29.9782	29.9799	29.9787	29.9789	0.728	21.08
PW,1-4	40.0	39.9694	39.9706	39.971	39.9701	39.9691	39.9700	0.896	29.96
PW,1-4,6	45.0	44.9665	44.9654	44.9659	44.9671	44.9669	44.9663	0.675	33.64
PW,1-5	50.0	49.96	49.9611	49.9606	49.9604	49.9595	49.9603	0.626	39.68
PW,1-6	55.0	54.9548	54.9576	54.9556	54.9561	54.9545	54.9557	1.364	44.28
PW,1-9	60.0	59.9494	59.9532	59.9498	59.9512	59.9532	59.9513	1.819	48.64
PW,1-9	60.0	59.9497	59.9552	59.9549	59.9512	59.9532	59.9528	2.682	47.16

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ

Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	
	Amend Date: 15.12.2024	
		Page: 38/60

PW,1-6	55.0	54.9568	54.9576	54.9556	54.9561	54.9545	54.9561	0.780	43.88
PW,1-5	50.0	49.9641	49.9611	49.9606	49.9604	49.9595	49.9611	0.911	38.86
PW,1-4,6	45.0	44.9675	44.9654	44.9659	44.9671	44.9669	44.9665	1.000	33.44
PW,1-4	40.0	39.9704	39.9706	39.971	39.9701	39.9691	39.9702	0.603	29.76
PW,1-3	30.0	29.9799	29.9787	29.9782	29.9801	29.9787	29.9791	0.943	20.88
PW,1-2	20.0	19.9871	19.9875	19.9867	19.9871	19.9861	19.9869	0.425	13.10
PW,1	10.0	9.9939	9.993	9.9933	9.9931	9.9935	9.9933	0.392	6.64
PW,7-8	5.0	4.9975	4.9967	4.9964	4.9971	4.9961	4.9967	0.467	3.24
PW	1.0	0.9997	0.9992	0.9988	0.9978	0.9991	0.9989	0.116	1.08

(2) Өгөгдлийн дүн шинжилгээ

Математик загварчлалд дурьдсанаар $\overline{P_{SPC}}$ -ийн даралт бүрд даралтын өөрчлөлт байна гэсэн үг. [(тооцоолол (C.22))] Тэгэхээр энэхүү ΔP нь программтай тохирох $\overline{P_{SPC}}$ шулуунд -тэй тохирсон байна.

Бидэнд хүснэгт C.5-д үзүүлсэн 20 цэгийн өгөгдөл байна. Тохирсон тооцоолол нь

$$\Delta P = 0.000802 * \overline{P_{SPC}}(\text{MPa}) - 0.0013(\text{MPa}) \quad (\text{C.26})$$

Стандарт эргэлзээний тохируулах параметруудийн өөрчлөлтийг хүснэгт C.6-т үзүүлэв. Дээрхи томъёогоос ΔP нь 60 МПа-дахь 0.04682 МПа-тай тэнцүү байна. ΔP нь хамгийн ихдээ 60 МПа байх боловч даралтыг бууруулсанаар энэ нь багасна.

Хүснэгт C.6 Бууралтын хэмжээ

Үндсэн параметрууд	Тохирсон утга
ΔP_0	-0.001304 (МПа)
U(ΔP_0) (1 σ)	0.0012762(МПа)
S1	0.000802
u(S1) (1 σ)	0.000014
Чөлөөний зэрэг	19

ΔP дэх стандарт эргэлзээ нь мэдрэмжийн коэффициенттойгоор тооцоолол (C.23)-р тооцоологдох ба $\overline{P_{SPC}}$ өмнө дурьдсанаар -тай тэнцүү байна.

$$u_2(\Delta P) = \sqrt{u(\Delta P_0)^2 + (\overline{P_{SPC}}) * u(s_1)^2} \quad (\text{C.27})$$

Хамгийн их даралтын утгад [60 МПа] стандартаар эргэлзээ нь доорхийн дагуу буурна.

$$u_2(\Delta P) = \sqrt{(0.0012762)^2 + (60 * 0.000014)^2} = 0.001527 \text{ МПа} \quad (\text{C.28})$$

A төрлийн тооцоолсон стандарт эргэлзээ нь

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date:02.06.2010	Amend No: 02	Page: 39/60
	Amend Date: 15.12.2024	

$$u_a = \sqrt{u_1(s)^2 + u(\Delta P)^2} = \sqrt{(0.001199)^2 + (0.001527)^2} = 0.00194 \text{ МПа} \quad (\text{C.29})$$

Стандарт эргэлзээний В төрлийн тооцоо

Piston cylinder чуулганы үзүүлэлтүүдээс харахад доод (a-) болон дээд (a+) хязгааруудын хооронд дурын газарт байрлах утга нь тэнцүү боломжтой байна. Энэхүү тэгш өнцөгт тархалтын хязгаарууд нь доорхиор өгөгдөнө.

$$a = \frac{a_+ - a_-}{2} = 0.01 \text{ МПа} \quad (\text{C.30})$$

В төрлийн бүрэлдэхүүн нь

$$u_b = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.0057 \text{ МПа} \quad (\text{C.31})$$

Чөлөөний зэрэг нь $v_i = \infty$

Хүснэгт С.7 Стандарт эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүдийн дүн

Эргэлзээний эх үүсвэр (Xi)	Тооцоолол (xi) (МПа)	Хязгаарууд $\pm \Delta x_i$ (МПа)	Боломжиит тархалт - А болон В - Коэффициент	Стандарт эргэлзээ $u(x_i)$ (МПа)	Мэдрэмжийн коэффициент	Эргэлзээний нөлөө $u_i(y)$ (МПа)	Чөлөөний зэрэг (v_i)
U_B	0.01	0.01	Тэгш өнцөгт В төрөл Язгуур дор 3	0.00570	1.0	0.0057	∞
U_A			Хэвийн А төрөл	0.00194	1.0	0.00194	19
$U_c(P_{DWT})$						0.00602	∞
Өргөтгөсөн эргэлзээ			K=2.00			0.012	∞

Нэгдсэн стандарт эргэлзээ

Нэгдсэн стандарт эргэлзээ нь

$$u_c(P_{DWT}) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{(0.00194)^2 + (0.0057)^2} \text{ МПа} = 0.00602 \text{ МПа} \quad (\text{C.32})$$

(C.33)

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 40/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Чөлөөний хүчинтэй зэрэг (v_{eff})

Нэгдсэн стандарт эргэлзээний чөлөөний хүчинтэй зэрэг нь

$$v_{eff} = \frac{(u_c)^2}{\frac{u_1^2}{v_1} + \frac{u_2^2}{v_2} + \frac{u_3^2}{\infty}} = \frac{(0.00602)^4}{\frac{(0.001199)^4}{4} + \frac{(0.001527)^4}{19} + \frac{(0.0057)^4}{\infty}} \approx \infty \quad (C.34)$$

Өргөтгөсөн эргэлзээ

t тархалтын хүснэгтийг ашиглан ойролцоогоор 95.45%-ийн үнэмшлийн төвшинд $k=2$ байхад өргөтгөсөн эргэлзээ нь

$$\begin{aligned} U &= k \cdot u_c (P_{DWT}) \\ &= 2.00 \cdot 0.00602 \text{ МПа} \\ &\approx 0.012 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Үр дүнг тайлагнах

0-60 МПа-ын хүрээнд бүтэн даралтын ойролцоогоор 0.02% байхад эргэлзээ U нь ± 0.012 МПа байна. Энэ нь 95.45%-ийн үнэмшлийн төвшин ба $v=\infty$ чөлөөний зэргийн t тархалтад суурилсан хамруулах коэффициент $k=2.00$ болон нэгдсэн стандарт эргэлзээ $u_c=0.00602$ МПа-аар тодорхойлогдсон.

С.3 Гэрэлтүүлгийн урсгалын хэмжил дэх хэмжлийн эргэлзээний тооцоо

Нэгэн төрлийн бөмбөлөг бүхий эх үүсвэрээс гарах гэрлийн урсгалын хэмжлийг туршилтын чийдэн ашиглан, туршилтын эх үүсвэрийн гэрэлтүүлгийн урсгалыг эталон чийдэн ашиглах байдлаар гэсэн 2 тохиолдол дахь шууд биш гэрэлтүүлийг харьцуулан үнэлэх хэмжлийг гүйцэтгэе.

Гэрлийн урсгалын хэмжил нь доорхи байдлаар зохицуулагдана.

1. Хэмжлийн багажыг асааж, нэмэлт чийдэнг 15 минут халаана.
2. Стандарт чийдэнг бөмбөлөгийн төвд оруулан байрлуулна.
3. Халаасны дараа гэрэлтүүлгийн эталон чийдэнгийн гэрэлтүүлгийг E_s -ээр тодорхойлно.
4. Цахилгаан хүчдлийг салгаж эталон чийдэнг унтраана.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 41/60
	Amend Date: 15.12.2024	

5. Асаастай багаа нэмэлт чийдэнг бөмбөлөгийн төв руу шилжинэ. Энэ нь үргэлж асаатай байх хэрэгтэй ба энэ үед шууд бус гэрэлтүүлэг E_{AS} нь хэмжинэ.
6. Бөмбөлөгөөс эталон чийдэнг авах ба оронд нь туршилтын чийдэнг суулгана. шууд бус гэрэлтүүлгийг E_{AT} хэмжинэ. Энэ үед нэмэлт чийдэн байнга залгаатай байна.
7. Туршилтын лампыг асаана. Халаасны дараа шууд бус гэрлийн урт E_T хэмжигдэнэ.

Дээрхээс харахад шалгах лампын гэрлийн урсгал нь стандарт ламп Φ_s -ын гэрлийн урсгалын функц болж байна. Шууд бус гэрлийн урт нь стандарт ламп болон шалгах ламп тус тусаар тодорхойлогдсон орчин доторхи стандарт ламп болон тус тусын орчин ба шууд бус гэрлийн урт E_s болон E_T доторхи шалгах ламптай нэмэлт ламп E_{AS} болон E_{AT} –с үүснэ. Φ_T -ийн функцын хамаарал нь доорхиор илэрхийлэгдэж болно.

$$\Phi_T = f(\Phi_s, E_s, E_T, E_{AS}, E_{AT}) \quad (C.35)$$

Лампын гэрлийн урсгал Φ_T нь доорхи хамааралтай зохицсон стандарт лампын гэрлийн урсгал Φ_s -ээр тодорхойлогдож болно.

$$\Phi_T = \Phi_s * \frac{E_s}{E_T} * \left[\frac{E_{AS}}{E_{AT}} \right] \quad (C.36)$$

Коэффициент E_{AS}/E_{AT} нь өөр өөр хэмжээнүүдийн нөлөө, шалгах лампын төрөл ба стандарт лампыг тооцдог.

C.36 тооцооллын RHS дэх хэмжигдэхүүнүүд нь үр дүнгийн хэлбэрт байгаа ба нэгдсэн стандарт эргэлзээний тооцоо нь тооцоологдсон хамаатай нэгдсэн вариациар илэрхийлэгдэнэ.

$$\frac{u^2(\Phi_T)}{\Phi_T^2} = \frac{u^2(\Phi_s)}{\Phi_s^2} + \frac{u^2(E_s)}{E_s^2} + \frac{u^2(E_T)}{E_T^2} + \frac{u^2(E_{AS})}{E_{AS}^2} + \frac{u^2(E_{AT})}{E_{AT}^2} \quad (C.37)$$

Хэрэв стандарт эх үүсвэрийн Φ_s нь 1045 μm ба стандарт эргэлзээ нь $\pm 9.12 \mu\text{m}$ гэж өгөгдсөн бол E_s/E_T болон E_{AS}/E_{AT} -ийн магадлалт утгын хэмжилтээс утга Φ_T -г C.36 тооцоололоор илэрхийлж болно.

Хүснэгт C.8 Ажиглалтууд

S. дугаар	E_{AS}	$\overline{E_{AS}}$	$(E_{AS} + \overline{E_{AS}})^2$
1	10.296	10.276	400*10 ⁻⁶
2	10.279		9*10 ⁻⁶
3	10.254		484*10 ⁻⁶
4	10.290		196*10 ⁻⁶
5	10.271		25*10 ⁻⁶
6	10.272		16*10 ⁻⁶
7	10.286		100*10 ⁻⁶
8	10.285		81*10 ⁻⁶

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ

Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 42/60
	Amend Date: 15.12.2024	

9	10.254		484*10 ⁻⁶
10	10.277		441*10 ⁻⁶

Нэг төрлийн стандарт, ижил хэлбэр, хэмжээтэй шалгах ламп, ижил цахилгаан параметрууд болон ижил температурт E_S/E_T болон E_{AS}/E_{AT} -ийн магадлалт утга нь 1 рүү маш ойр байна. Үүнээс үзэхэд Φ_T -ийн утга нь бараг Φ_S -ийн утгатай тэнцүү байх ба эргэлзээ $u(\Phi_T)$ нь тооцоолол (C.37)-р илэрхийлэгдэнэ. Хэдий тийм боловч бид Φ_T –ийн утга болон $u(\Phi_T)$ дахь стандарт эргэлзээг стандарт эргэлзээний А төрлийн тооцооны жишээ болон статистик аргаар тооцоологдсон E_S ба E_T болон E_{AS} ба E_{AT} -ийн хэмжилт дэх эргэлзээгээр тооцоолох болно.

Ижил стандарт ламп болон ижил төрөл, хэмжээтэй шалгах ламданд хэрэв E_{AS} , E_{AT} , E_S болон E_T -ийн магадлал эсвэл дундаж утга 10.276 lux, 10.20 lux, 81.14 lux болон 83.76 lux байвал Φ_T -ийн утга нь тооцоолол C.36-аар тооцоологдоно.

$$\Phi_T = 1045 * \frac{10.276}{10.20} * \frac{83.76}{81.14} = 1086.6 \text{ л м} \quad (\text{C.38})$$

А төрлийн тооцоо

Бид стандарт эргэлзээний тооцоолол $u(E_{AS})$ болон хамаатай стандарт эргэлзээ $u(E_{AS})/E_{AS}$ нь нэг параметр нь болж байгаа үед жишээгээр тайлбарлая. А төрлийн тооцоололоор E_{AS} нь

$$\sum_{i=1}^{10} (E_{AS} - \overline{E_{AS}})^2 = 2326 * 10^{-6} \quad (\text{C.39})$$

Вариаци нь

$$s^2(E_{AS}) = \sum_{i=1}^{10} \frac{(E_{AS} - \overline{E_{AS}})^2}{9} = \frac{2326 * 10^{-6}}{9} \quad (\text{C.40})$$

Стандарт

$$s(E_{AS}) = 16.08 * 10^{-3} \text{ хазайлт нь} \quad (\text{C.41})$$

Стандарт стандарт

$$u(\overline{E_{AS}}) = \frac{16.08 * 10^{-3}}{\sqrt{10}} = 5.08 * 10^{-3} \text{ хазайлт нь} \quad (\text{C.42})$$

эргэлзээгээр мэдэгдэж байгаа дундажын

Хамаатай стандарт эргэлзээ нь

$$\frac{u(\overline{E_{AS}})}{E_{AS}} = 5 * 10^{-4} \quad (\text{C.43})$$

Энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь

$$v_i = n - 1 = 10 - 1 = 9 \quad (\text{C.44})$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 43/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Энгийнээр E_{AT}, E_S болон E_T -ний хамаатай эргэлзээнүүд нь А төрлийн тооцоололоор илэрхийлэгдэж болно. ажиглалтын нийт тоо нь 10 байхад тохиолдол бүр дэх чөлөөний зэрэг нь 9 байна.

Хамаатай эргэлзээнүүдийн утгууд нь

$$\frac{u(\overline{E_{AT}})}{E_{AT}} = 6 * 10^{-4} \quad \text{ба энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь } \nu_i = n - 1 = 10 - 1 = 9 \text{ байна.}$$

$$\frac{u(\overline{E_S})}{E_S} = 1.2 * 10^{-2} \quad \text{ба энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь } \nu_i = n - 1 = 10 - 1 = 9 \text{ байна.}$$

$$\frac{u(\overline{E_T})}{E_T} = 1.6 * 10^{-2} \quad \text{ба энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь } \nu_i = n - 1 = 10 - 1 = 9 \text{ байна.}$$

В төрлийн тооцоо

Φ_S -ийн утга дахь эргэлзээ нь $\pm 9.12 \mu\text{m}$ гэж стандарт лампын шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд өгөгдсөн. Тэгш өнцөгт тархалтаар Φ_S -ийн утга дахь стандарт эргэлзээ нь

$$u(\Phi_S) = \frac{9.12}{\sqrt{3}} = 5.3 \mu\text{m} \quad (\text{C.45})$$

Энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь $\nu_i = \infty$

Хамааралтай стандарт эргэлзээ нь

$$\frac{u(\Phi_S)}{\Phi_S} = \frac{5.3}{1045} = 5 * 10^{-3} \quad (\text{C.46})$$

Нэгдсэн стандарт эргэлзээ нь

Φ_T -ийн утгын хамааралтай нэгдсэн эргэлзээний $\frac{u_c(\Phi_T)}{\Phi_T}$ утга нь C.37-оор тооцоологдсон.

$$\frac{u_c(\Phi_T)^2}{\Phi_T^2} = 25 * 10^{-6} + 144 * 10^{-6} + 256 * 10^{-6} + 0.36 * 10^{-6} + 0.25 * 10^{-6} \quad (\text{C.47})$$

$$\text{Иймээс } \frac{u_c(\Phi_T)}{\Phi_T} = 2.06 * 10^{-2}$$

Чөлөөний хүчинтэй зэрэг нь

$$v_{eff} = \frac{\left[\frac{u_c(\Phi_T)}{\Phi_T} \right]^4}{\frac{\left[\frac{u(\Phi_S)}{\Phi_S} \right]^4}{\infty} + \frac{\left[\frac{u(E_S)}{E_S} \right]^4}{9} + \frac{\left[\frac{u(E_T)}{E_T} \right]^4}{9} + \frac{\left[\frac{u(E_{AS})}{E_{AS}} \right]^4}{9} + \frac{\left[\frac{u(E_{AT})}{E_{AT}} \right]^4}{9}} \quad (\text{C.48})$$

$$v_{eff} = \frac{[2.06 * 10^{-2}]^4}{\frac{[5 * 10^{-3}]^4}{\infty} + \frac{[1.2 * 10^{-2}]^4}{9} + \frac{[1.6 * 10^{-2}]^4}{9} + \frac{[6 * 10^{-2}]^4}{9} + \frac{[5 * 10^{-3}]^4}{9}} \quad (\text{C.49})$$

$$v_{eff} = 18.8 = 19$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	
	Amend Date: 15.12.2024	
		Page: 44/60

(C.50)

Өргөтгөсөн эргэлзээ (U) нь

t тархалтаас 95%-ийн үнэмшлийн төвшинд $v_{\text{eff}}=18.8=19$, хамруулах коэффициент $k=2$ байхад.

Үр дүнг тайлагнах

Фт-ийн утга $=(1086.6\pm 22.4)$ ℓм, хамруулах коэффициент $k=2.09$ -тэй өргөтгөсөн эргэлзээнд Фт-ийн утга $=(1086.6\pm 46.8)$ ℓм байна.

Хүснэгт С.9 Эргэлзээний багцын иж бүрдэл

Эргэлзээний эх үүсвэр (X_i)	Тооцоолол (x_i)	Хязгаарууд $\pm\Delta x_i$	Боломжиит тархалт - А болон В -Коэффициент	Стандарт эргэлзээ $u(x_i)$	Мэдрэмжийн коэффициент c_i	Эргэлзээний нөлөө $u_i(y)$	Чөлөөний зэрэг (v_i)
E_S	$u(E_S)$		Хэвийн -А төрөл-язгуур дор 10	$1.2*10^{-2}$	1.0	$1.2*10^{-2}$	9
E_T	$u(E_T)$		Хэвийн -А төрөл-язгуур дор 10	$1.6*10^{-2}$	1.0	$1.6*10^{-2}$	9
E_{AS}	$u(E_{AS})$		Хэвийн -А төрөл-язгуур дор 10	$5*10^{-2}$	1.0	$5*10^{-2}$	9
E_{AT}	$u(E_{AT})$		Хэвийн -А төрөл-язгуур дор 10	$1.6*10^{-2}$	1.0	$1.6*10^{-2}$	9
Φ_S	$u(\Phi_S)$		Тэгш өнцөгт-В төрөл	5.3/М	1.0	5.3 ℓм	∞
Нэгдсэн эргэлзээнүүд	$u_c(\Phi_T)$					22.4 ℓм	19
өргөтгөсөн эргэлзээнүүд			$K=2.09$			46.8 ℓм	19

С.4 Термопар ашиглан температурын хэмжил гүйцэтгэх

Температурын банн доторхи температурыг хэмжирийн тулд К төрлийн термопарыг тоон термометрийн хамт ашиглая.

Тоон термометрийн үзүүлэлтүүд:

Ялгах чадвар: 0.1°C

К төрлийн термопарын нарийвчлал: $\pm 0.6^\circ\text{C}$

Термопар

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 45/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

К төрлийн термопарыг жил бүр шалгалт тохируулгад хамруулдаг. Хамгийн сүүлийн шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд 99% үнэмшлийн түвшинд эргэлзээг $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ гэж өгсөн. Термопарын 500°C дахь залруулга 0.5°C .

Хэмжил

Банни температурын заалт 500°C хүрэх үед хагас цаг тогтмолжуулсаны дараа уншилтыг авна.

Хэмжлийн тэгшитгэл:

$T = D + \text{залруулга}$

T- Хэмжсэн температур

D- тоон термометрийн зааж байгаа утга

Залруулга- К термопар болон тоон заалтат термометрийн залруулга

Хэмжлийн эргэлзээг тооцох

Нэгтгэсэн эргэлзээнд давтац, тоон термометр, термопарын эргэлзээ орно.

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$$

5 1 вольтын хувьсах хүчдлийн хүрээн дэх $6\frac{1}{2}$ оронтой тоон мультметрийг шалгалт тохируулга

Удиртгал

Бид тогтмол 0.5 V –ийн калибровка хийгдсэн дулааны хүчдлийн хувиргагчыг (ДХХ) ашиглан 1 кГц төвшинд 0.5 V -ийн хэвийн утгын 1 вольтын хувьсах хүчдлийн хүрээн дэх $6\frac{1}{2}$ оронтой тоон мультметрийг шалгалт тохируулгад хамруулья.

Өндөр тогтмолжилттой АС калибратораар АС хувьсах хүчдлийг тоон мультметр болон эталон дулааны хүчдэл хувиргагч (ДХХ)-д дамжуулах бөгөөд тоон мультметр DMM дээрхи заалт 0.500000V зааж байхын тулд унтраагуур ба Tee адаптор параллель холбогдох ба тэмдэглэгдсэн нановольтметрээр заагдсан цахилгаан хөдөлгөх хүч (emf_{ex}) тэмдэглэж авъя. АС калибраторыг калибровкад хамрагдсан DC калибратороор сольж DMM-г салгая. Нэмэх туйлын DC тогтмол хүчдэл нь ДХХ дээр нановольтметрийн цахилгаан хөдөлгөх хүчний давталтат заалтаар залруулагдан уншигдана. DC шалгалт тохируулгын гаралтыг V+ гэж тэмдэглэе. DC тогтмол хүчдлийн туйлыг солих ба DC калибраторын гаралтын хүчдэл V- гэж тэмдэглэе. Эдгээр бүх хэмжлийн үйл явцыг хэд хэдэн удаа давтан хийнэ.

Математик загвар

Математик загвар нь

$$V_{AC} = (V_{DC} + \Delta V_{DC} + \Delta V_{TH})(1 + \delta) \quad (\text{C.62})$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 46/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

V_{AC} нь DMM-ийн $0.500000V$ –ийн утгыг заах хүчдлийн тооцсон утга, $V_{DC}=V_{+}+V_{-}/2$ нь калибраторын DC тогтмол хүчдлийн 2 туйлын дундаж, δ нь шалгалт тохируулгын давтамж дахь ДХХ-ийн AC/DC шилжүүлэх засварын коэффициент юм. ΔV_{DC} нь үйлдвэрлэгчийн өгөгдлөөс авсан 3 сарын дотор гарсан тогтвортой байдлын алдаа, байдаг учраас DC калибраторын тогтворжилтын алдаа (тус калибраторыг 3 сарын өмнө шалгалт тохируулгад хамруулсан гэж үзье) ба ΔV_{th} нь DC тогтмол хүчдлийн туйл солилтоос болж дулааны цахилгаан хөдөлгөх хүчнээс үүсэх алдаа юм. Энэ нь маш бага бөгөөд $0.5 V$ байх үед ойролцоогоор $1\mu V$ -той тэнцүү байна. Тэгэхээр илэрхийлэл нь

$$V_{AC} = V_{DC} + \Delta V_{DC} + \delta V_{DC} + \delta \Delta V_{DC} \quad (C.63)$$

$\delta \Delta V_{DC}$ нь хэтэрхий бага учраас ач холбогдолгүй. Таамаглалаар бол δ -ны утгын өөрчлөлт нь хэтэрхий бага учраас мөн ач холбогдолгүй, DMM-ийн ± 1 тоолол нь $\pm 1 \mu V$ байгаа учраас 1 вольтын заалт дээрх тоон мультметрийн алдаа маш бага тул мөн ач холбогдолгүй. Холболтын утас давхар хамгаалагдсан ба маш жижиг байна. Хэмжлийн эталон хавтанг тоон мультметрийн оролтын хавтанд ойр байрлуулсан. Эдгээр байдал нь дамжуулагчийн алдааны уншилтуудыг маш сайн багасгадаг. 10кГц хүртэлх давтамж дээр дээрх анхааруулгуудыг авч хэрэгжүүлсэн тул энэ коэффициентүүдийн алдааны нөлөө маш бага ($\leq 2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}$) байх ба ач холбогдолгүй байж болно.

Оролтууд нь

1. DC калибратор нь 6 сарын зайтайгаар шалгалт тохируулгад тогтмол хамрагдсан. Калибраторын 1V заалт дахь эргэлзээг түүний шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд 95%-ын үнэмшлийн төвшинд $\pm 5.8 \cdot 10^{-6}$ гэж заасан байна. Үйлдвэрлэгчийн үзүүлэлтэд 3 сарын хугацааны тогтворжилт нь $5.0 \cdot 10^{-6}$ байна гэж заасан.
2. AC/DC шилжүүлэх дулааны шилжүүлэгч дэх залруулгын коэффициент нь $+0.008\%$ байна. AC/DC шилжүүлэх эргэлзээ нь 95% -ийн үнэмшлийн төвшинд $\pm 0.01\%$ байна.

DC тогтмол хүчдлийн 2 туйлуудын дундаж утгыг дараах хүснэгтэд үзүүлж байна.

Хүснэгт С.12 Туршилтын ажиглалтууд

Серийн дугаар	Уншилтууд (V)
1	0.499986
2	0.499982
3	0.499991
4	0.499994
5	0.499993

Эргэлзээний тооцоолол нь

$$V_{AC} = V_{DC} + \Delta V_{DC} + \delta V_{DC} \quad (C.64)$$

Засварлагдаагүй оролтын утгын нэгдсэн стандарт эргэлзээ нь

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\delta f}{\delta x_i} \right]^2 u^2(x_i) \quad (C.65)$$

Хэмжлийн нийт эргэлзээний бүрэлдэхүүнд доорхи зүйлүүд хамрана.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 47/60
	Amend Date: 15.12.2024	

$u_1(V) =$ DC калибраторт ашигласан, шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд тэмдэглэгдсэн хүчдлийн эргэлзээ

$u_2(V) =$ Тогтворжилтоос үүссэн DC калибраторын эргэлзээ

$u_3(V) =$ AC/DC шилжүүлэх эргэлзээ

$u_4(V) =$ Холбогдох мэдрэмжийн коэффициент ба давтац (таарц)-аас үүсэх эргэлзээ

$$c_1 = \frac{\delta V_{AC}}{\delta V_{DC}} = 1, \quad c_2 = \frac{\delta V_{AC}}{\delta V_{DC}} = 1, \quad c_3 = \frac{\delta V_{AC}}{\delta \delta} = 1 \quad (C.66)$$

А төрлийн тооцоо

DC тогтмол хүчдлийн дундаж = 0.499989V

Стандарт хазайлт = 0.0000005V

Дундажын стандарт хазайлт буюу стандарт эргэлзээ

$$s(\bar{q}) = \frac{0.000005}{\sqrt{5}} = 2.23 * 10^{-6}V \quad (C.67)$$

Чөлөөний зэрэг

$$v_i = 5 - 1 = 4 \quad (C.68)$$

В төрлийн тооцоо

1. DC калибраторын эргэлзээг шалгалт тохируулган гэрчилгээнээс авна. Тархалт нь хэвийн ба хамруулах коэффициент нь 95%-ын үнэмшлийн төвшинд 1.96 байна.

$$u_1(V) = \frac{a_1}{1.96} = \frac{5.8}{1.96} = 2.96 * 0.5\mu V = 1.48\mu V \quad (C.69)$$

Чөлөөний зэрэг = ∞

2. DC калибраторийн үзүүлэлтүүдээс 3 сарын тогтворжилтын эргэлзээ нь $a_2 = \pm 5.0 * 10^{-6}$ зэрэг. Тэгш өнцөгт тархалтаар стандарт эргэлзээ нь:

$$u_2(V) = \frac{a_2}{\sqrt{3}} = \frac{5.0}{\sqrt{3}} = 2.89 * 0.5\mu V = 1.44\mu V \quad (C.70)$$

Чөлөөний зэрэг = ∞

3. 95%-ийн үнэмшлийн төвшин дэх AC/DC шилжүүлэг нь $a_3 = 100 * 10^{-6}$. Хэвийн тархалттай ба хамруулах коэффициент нь = 1.96.

Стандарт эргэлзээ нь

$$u_3(V) = \frac{a_3}{1.96} = \frac{1 * 100}{1.96} = 51.02 * 0.5\mu V = 25.5\mu V \quad (C.71)$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 48/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Чөлөөний зэрэг = ∞

Нэгдсэн стандарт эргэлзээ нь

Энэ тохиолдолд хамгийн их нөлөө үзүүлэх нь $=25.5\mu V$ байгаа тул

$$u_c = 25.5 + \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 25.5 + \sqrt{(1.48)^2 + (1.44)^2 + (2.23)^2} \quad (C.72)$$

$$= 25.5 + 3.04 = 28.5 \mu V \quad (C.73)$$

Чөлөөний хүч зэрэг (v_{eff})

$$v_{eff} = \frac{[u_c]^4}{\frac{(u_1)^4}{\infty} + \frac{(u_2)^4}{\infty} + \frac{(u_3)^4}{\infty} + \frac{(u_4)^4}{\infty}} \quad (C.74)$$

$$v_{eff} = \frac{[28.5]^4}{\frac{(1.48)^4}{\infty} + \frac{(1.48)^4}{\infty} + \frac{(2.23)^4}{\infty} + \frac{(25.5)^4}{\infty}} = \infty \quad (C.75)$$

Өргөтгөсөн эргэлзээ

95.45%-ийн үнэмшлийн төвшинд харуулах коэффициент $k = 2$ байхад

$$U = k u_c (V) = 2 * 28.5 = 57 \mu V \quad (C.76)$$

Хүснэгт С.13 Эргэлзээний багц

Эргэлзээний эх үүсвэр (x_i)	Тооцсон утгууд (x_i) V	Хэмжээ $\pm \Delta x_i$ μV	Боломжит тархалт - А болон В -Коэффициент	Стандарт эргэлзээ $u(x_i)$ μV	Мэдрэм жийн коэффициент c_i	Эргэлзээний нөлөө $u_i(y)$ μV	Чөлөөний зэрэг (v_i)
u_1	0.5	2.9	Хэвийн -В төрөл -1.96	1.48	1.0	1.48	∞
u_2	0.0	2.5	Тэгш өнцөгт -В төрөл -язгуур дор 3	1.44	1.0	1.44	∞
u_3	0.0	50.0	Хэвийн -В төрөл -1.96	25.5	1.0	25.5	∞
Давтамж			Хэвийн -А төрөл			2.23	4
$u_c(V_{AC})$						28.5	∞

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ

Doc. No: MNAS AG 03

Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам

Issue Date: 02.06.2010

Amend No: 02

Amend Date: 15.12.2024

Page: 49/60

Өргөтгөсөн эргэлзээ			K=2.0			57	∞
------------------------	--	--	-------	--	--	----	---

Үр дүнг тайлагнах

DMM тоон мультметрийн 0.500000 V дээрх заалтын AC хувьсах хүчдлийн хэмжигдсэн дундаж утга нь

$$V_{AC} = 0.499989(1 + 0.000008)V \pm 57\mu V \quad (C.77)$$

C.6 18 ГГц-ийн давтамжид RF хүчний мэдрэгчийн шалгалт тохируулга

Танилцуулга

Энэ хэмжилд Ойлтын коэффициент нь мэдэгдэж байгаа үл мэдэгдэх хүчний мэдрэгчийг стандарт эталонтой харьцуулан шалгалт тохируулга хийнэ. Хэмжил нь баталгаажуулах давтамж дахь хүчний үзэгдлийн харьцаагаар тодорхойлогдсон тохирсон эх үүсвэрээс аль аль хүчний үзэгдэл нь хүчний мэдрэгчид тэнцүү үйлчлэх нөхцлийн дагуу 50 МГц-ын хяналтын давтамж дахь хүчний үзэгдэл нөхцлүүдээр хийгдсэн.

Үл мэдэгдэх хүчний мэдрэгчийн баталгаажуулалтын коэффициент K_x нь дараахь байдлаар тодорхойлогдоно.

$$K_x = (K_x + D_S) * \delta_{DC} * \delta_M * \delta_{REF} \quad (C.78)$$

Энд

K_S = Стандарт мэдрэгчийн баталгаажуулалтын коэффициент

D_S = Сүүлийн баталгаажуулалтаас хойшхи стандарт мэдрэгчийн өөрчлөлт

Δ_{DC} =DC тогтмол хүчдлийн гаралтын харьцаа

δ_M = алдагдлын харьцаа

δ_{REF} =Хүчний эталон эх үүсвэрийн харьцаа (50 МГц-ын богино нөхцлийн тогтворжилт)

Хэмжлийн арга

Хүчний шилжүүлэх систем дээрх стандарт мэдрэгч болон үл мэдэгдэх мэдрэгч 2-ын аль альных нь тусгаарлалт болон холболтыг агуулсан 5 тусдаа хэмжилт хийгдсэн. Бүх хэмжилтүүд баталгаажуулалтын коэффициенттэй пропорционал хүчдлүүдийн харьцааны нөхцөлд хийгдсэн.

Эргэлзээний нөлөөг ер нь авч үздэггүй ба энэ нь засварлагдах боломжтой байдаг.

Тохироогүй эргэлзээ

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date:02.06.2010	Amend No: 02	Page: 50/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Эх үүсвэр нь яг тохироогүй болон эх үүсвэрийн ойлтын коэффициентын фазийн холбоо мэдэгдэхгүй ба стандарт мэдрэгч нь мэдэгдээгүй мөн хяналтын давтамж болон баталгаажуулалтын давтамжид аль аль мэдрэгч нь тохироогүйн улмаас энд эргэлзээ гарч ирнэ. Хазайлтын тохирсон хязгаарууд нь дараахь томъёогоор бодогдоно.

$$\text{тохироогүй эргэлзээ} = \text{стандарт мэдрэгчид} \pm 2\Gamma_G\Gamma_S \quad (C.79)$$

$$\text{тохироогүй эргэлзээ} = \text{үл мэдэгдэх мэдрэгчид} \pm 2\Gamma_G\Gamma_X \quad (C.80)$$

Стандарт болон үл мэдэгдэх мэдрэгчүүдийн $\Gamma_G\Gamma_S$ болон Γ_X -үүд нь эх үүсвэрийн ойлтын коэффициентүүд

Энэ тохиолдолд

$$50\text{МГц дахь } \Gamma_G=0.02 \text{ ба } 18\text{ГГц дахь } \Gamma_G=0.06 \quad (81)$$

$$50\text{МГц дахь } \Gamma_S=0.02 \text{ ба } 18\text{ГГц дахь } \Gamma_S=0.09 \quad (82)$$

$$50\text{МГц дахь } \Gamma_X=0.02 \text{ ба } 18\text{ГГц дахь } \Gamma_X=0.10 \quad (83)$$

Таван эцсийн шалгалт тохируулгын үр дүнгийн урт нөхцлийн тогтворжилт нь жил бүр $\pm 0.4\%$ -иас ихгүй байхаар хязгаарууд олдсон.

Ойлтын коэффициентын утгууд нь лавтай биш. Энэ эргэлзээ нь бодит хэмжигдсэн утгуудын квадрат дахь ойлтын коэффициентийг нэмсэнээр тоологдсон байна.

Багажны шугаман эргэлзээ нь 95%-ийн үнэмшлийн төвшинд 2:1-ийн харьцаатай хяналтын бууралтын стандартын эсрэг хэмжилтээс $\pm 0.01\%$ -д байхаар тооцоологдсон байна.

Эталон эх үүсвэр

Эталон эх үүсвэрийн гаралтын хүчний харьцаа нь ± 0.004 -ийн хазайлтад 1 байхаар тооцоологдсон байна.

Стандарт мэдрэгч

Стандарт мэдрэгч нь 6 сарын өмнө баталгаажуулалт хийгдсэн. Түүний шалгалт тохируулгын гэрчилгээнээс авсан калибраовкын коэффициентийн утга нь

$$0.965 \pm 0.012$$

95%-ийн үнэмшлийн төвшинд байна.

Эргэлзээний тооцоолол

А төрлийн эргэлзээ

Үл мэдэгдэх хүчний мэдрэгчийн шалгалт тохируулгын коэффициентийн хэмжигдсэн утгуудыг Хүснэгт С.14-өөр харуулав.

Дундаж утга нь

$$\overline{K_X} = 0.9496 \cong 0.950$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 51/60
	Amend Date: 15.12.2024	

(C.84)

Хүснэгт С.14 Үл мэдэгдэх хүчний мэдрэгчийн шалгалт тохируулгын коэффициент

Дугаар	шалгалт тохируулгын коэффициент
1	0.958
2	0.946
3	0.951
4	0.950
5	0.943

Туршилтын стандарт хазайлт $[s(K_x)]$

$$s(K_x) = 0.0057 \quad (C.85)$$

$u(s)K_x$ дахь стандарт эргэлзээ

$$u(K_x) = \frac{0.0057}{\sqrt{5}} = 0.0025 \quad (C.86)$$

Чөлөөний зэрэг $=5-1=4$

В төрлийн эргэлзээ

1. Стандарт мэдрэгчийн шалгалт тохируулгын гэрчилгээн дээр эргэлзээ нь тэмдэглэгдсэн ба энэ нь 95%-ийн үнэмшлийн төвшинд $= \pm 0.012$ байна. Стандарт эргэлзээ $u(K_S)$ нь

$$u(K_S) = \frac{0.012}{1.96} = 0.0061 \quad (C.87)$$

Чөлөөний зэрэг $=\infty$

2. Сүүлийн баталгаажилт хийлгэснээс хойших шалгалт тохируулгын коэффициентийн шилжилт дэх эргэлзээ нь ± 0.002 . Энэ нь тэгш өнцөгт тархалт ба стандарт эргэлзээ юм.

$$u(D_S) = \frac{0.002}{\sqrt{3}} = 0.0012 \quad (C.88)$$

Чөлөөний зэрэг $=\infty$

3. 50 МГц-ын эталон эх үүсвэрийн тогтворжилтоос хамаарсан эргэлзээ нь ± 0.004 . Энэ нь тэгш өнцөгт тархалт ба стандарт эргэлзээ $u(\delta_{REF})$ юм.

$$u(\delta_{REF}) = \frac{0.004}{\sqrt{3}} = 0.0023$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 52/60
	Amend Date: 15.12.2024	

(C.89)

Чөлөөний зэрэг= ∞

4. Багажны шугаман хамаарлаас хамаарсан эргэлзээ нь ± 0.001 . Энэ нь хэвийн тархалт ба стандарт эргэлзээ $u(\delta_{DC})$ юм.

$$u(\delta_{DC}) = \frac{0.001}{1.96} = 0.0023 \quad (C.90)$$

Чөлөөний зэрэг= ∞

5. Тохироогүйгээс хамаарсан эргэлзээ

- a. 50 МГц дэх стандарт мэдрэгч = ± 0.0008
- b. 50 МГц дэх үл мэдэгдэх мэдрэгч = ± 0.0008
- c. 18 ГГц дэх стандарт мэдрэгч = ± 0.0108
- d. 18 ГГц дэх үл мэдэгдэх мэдрэгч = ± 0.012

Стандарт эргэлзээний хэв маягтай тохирсон U хэлбэрийн тархалт нь

$$50 \text{ МГц дахь } u(M_S) = \frac{0.0008}{\sqrt{2}} = 0.00056 \quad (C.91)$$

$$50 \text{ МГц дахь } u(M_X) = \frac{0.0008}{\sqrt{2}} = 0.00056 \quad (C.92)$$

$$18 \text{ ГГц дахь } u(M_S) = \frac{0.0108}{\sqrt{2}} = 0.0076 \quad (C.93)$$

$$18 \text{ ГГц дахь } u(M_X) = \frac{0.012}{\sqrt{2}} = 0.0085 \quad (C.94)$$

Нэгдсэн стандарт эргэлзээ

$$u_c^2(K_X) = u^2(K_S) + u^2(D_S) + u^2(\delta_{REF}) + u^2(\delta) + u^2(M_{SX}) + u^2(K_T) \quad (C.92)$$

$$u_c^2(K_X) = (0.0061)^2 + (0.0012)^2 + (0.0023)^2 + (0.0005)^2 + 2(0.0056)^2 + (0.0076)^2 + (0.0085)^2 + (0.0025)^2$$

ЭСВЭЛ

$$u_c(K_X) \approx 0.0134 \quad (C.93)$$

Чөлөөний хүчинтэй зэрэг (v_{eff})

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 53/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

Вэлч-саттертмэйтэ-ийн томъёоноос (v_{eff}) нь тооцоологдсон ба ойролцоогоор 3301 эсвэл ∞ байна.

Хүснэгт С.15 Эргэлзээний багц

Эргэлзээний эх үүсвэр (X_i)	Тооцоолол (x_i)	Хязгаарууд $\pm\Delta x_i$	Боломжит тархалт - А болон В	Стандарт эргэлзээ $u(x_i)$	Мэдрэмжийн коэффициент c_i	Эргэлзээний нөлөө $u_i(y)$	Чөлөөний зэрэг (v_i)
K_S	0.965	0.012	Хэвийн -В төрөл	0.0061	1.0	0.0061	∞
D_S	0.002	0.002	Тэгш өнцөгт -В төрөл	0.0012	1.0	0.0012	∞
Δ_{DC}	1.0	0.001	Хэвийн -В төрөл	0.0005	1.0	0.0005	∞
Δ_{REF}	1.0	0.004	Тэгш өнцөгт -В төрөл	0.0023	1.0	0.0023	∞
50 МГц дэх тохироогүй Γ_S	0.0	0.0008	-U хэлбэрийн -хийх-	0.00056	1.0	0.00056	∞
Γ_X	0.0	0.0008		0.00056		0.00056	
18 ГГц дэх тохироогүй Γ_S	0.0	0.0108	-хийх- -хийх- -В төрөл	0.0076	1.0	0.0076	∞
Γ_X	0.0	0.012		0.0085		0.0085	
Давтамж			Хэвийн -А төрөл -Язгуур дор 5	0.0025	1.0	0.0025	4
$u_C(K_X)$						0.0134	3301
Өргөтгөсөн эргэлзээ			$K=1.96$			0.0263	∞

Өргөтгөсөн эргэлзээ $U(K_X)$

$$U(K_X) = 0.0134 * 2 = 0.0268 \approx 0.027 \quad (97)$$

Үр дүнг тайлагнах

18 ГГц дэх үл мэдэгдэх хүчний мэдрэгчийн шалгалт тохируулгын коэффициент нь 0.450 ± 0.027 байна.

Тайлагнагдсан хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээ нь хэвийн тархалт нь хамруулах боломж эсвэл 95%-ийн үнэмшлийн төвшинд тохирсон хамруулах коэффициент 1.96-аар үржүүлэгдсэн нэгдсэн стандартаас мэдээллэгдсэн байна.

С.8 4¼ тоон мультметрийн 100V заалт дахь шалгалт тохируулга

Удиртгал

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 54/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Бид шууд хүчдлийн калибратороор 10В –г гаргаж 100 вольтын хэмжлийн хүрээтэй 4¼ тоон мультметрийг шалгаж тохируулъя.

Математик загвар

Тооцоололд ашиглагдаж байгаа математик загвар нь

$$V_x = V_S + \Delta V_x \quad (C.98)$$

Энд

V_x = Тоон мультмерийн заасан хүчдэл

V_S = Калибратороос өгсөн хүчдэл

V_S =Мультметрийн алдаа

Зарим хялбар таамаглалуудыг дэвшүүлье.

- (i) Цахилгаан утасны бүрдэл эсвэл холболтууд нь ялихгүй гэж тооцогдсоноос хамаарсан алдаа
- (ii) Бүх оролтын хэмжигдэхүүнүүд нь корреляцид ороогүй

Бидэнд доорхи оролтын уггууд мэдэгдэж байна. Үүнд:

- (a) Калибратор нь тогтмол 6 сар тутам шалгалт тохируулгад хамрагддаг. 10 V-ийн хамрах хүрээнд үзүүлэлтүүд нь : 99%-ийн үнэмшлийн төвшин дэх ялгах чадвар = 10 μ V, (гаралтынугтын $4.5 \cdot 10^{-6} + 100 \mu$ V)

$$V_x = V_S + \Delta V_x \quad (C.99)$$

- (b) 4¼ тоон мультметрийн үзүүлэлтүүд нь : 100 V-ийн хүрээнд 99%-ийн үнэмшлийн төвшиний эргэлзээтэй ба ялгах чадвар = 10 μ V үед заалт 99.99 байсан. \pm (уншилтын 10^{-5} + уншилтын дээд хязгаарын $0.2 \cdot 10^{-5}$)

Ажиглалт

Калибратороос гаргасан хүчдэл	Тоон мультметрийн заалт
10.00000 V	10.01 V

Ижил утгыг заах мультметрын уншилтын давтац нь тоололд шилжүүлэх үйл явцаас болоод ± 1 байна. Энэ нь эталон калибраторийн өндөр нарийвчлалаас хамаарч байна.

Нэгдсэн стандарт эргэлзээ

Корреляцид ороогүй оролтын хэмжигдэхүүнүүдэд нэгдсэн стэндрт эргэлзээ нь

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{\delta f}{\delta x_i} \right) \right]^2 u^2(x_i) \quad (C.100)$$

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 55/60
	Amend Date: 15.12.2024	

Нийт хэмжлийн эргэлзээнийн бүрэлдэхүүнүүд нь доорхиос бүрдэнэ.

$u_1(V)$ = Калибораторийн гаргасан хүчдлийн эргэлзээ

$u_2(V)$ = Мультиметрийн санамсаргүй алдаанаас үүсэх эргэлзээ

Тохирсон мэдрэмжийн коэффициент нь

$$c_1 = \frac{\delta V_x}{\delta V_s} = 1, \quad c_2 = \frac{\delta V_x}{\delta \Delta V_x} = 1 \quad (C.101)$$

Эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүдийн тооцоолол

А төрлийн тооцоо

Ижил утгыг заах мультиметрын уншилтын давтац нь тоололд шилжүүлэх үйл явцаас болоод ± 1 байна. Энэ нь эталон калибораторийн өндөр нарийвчлалаас хамаарна. Энэ тохиолдолд А төрлийн эргэлзээ нь маш өчүүхэнээр төсөөлөгдөж болох тул тооцохгүй байж болох ба давтац (таарц)-ын эргэлзээг мультиметрийн ялгах чадварын алдааг ашиглан В төрлийн эргэлзээгээр авч үзэж болно.

В төрлийн тооцоо

(i) Калибраториос гаргасан хүчдлийн эргэлзээ нь

$$\begin{aligned} a_1 &= 4.5 \cdot 10^{-6} \text{ГАРАЛТЫН утга} + 100 \mu V \\ &= (4.5 \cdot 10 + 100) \mu V = 145 \mu V \end{aligned} \quad (C.102)$$

Хэвийн тархалттай байх үеийн 99 %-ийн үнэмшлийн төвшинд хамруулах коэффициент $k = 2.58$ ба гаргасан хүчдлийн стандарт эргэлзээ нь

$$u_1(V) = \frac{a_1}{2.58} = \left(\frac{145}{2.58} \right) \mu V = 56.20 \mu V \quad (C.103)$$

Чөлөөний зэрэг = $v_1 = \infty$ (C.104)

(ii) 100 V-ийн хүрэн дэх мультиметрийн үзүүлэлтүүд : ялгах чадвар нь 10 мV (1 тоолол) Уншилтууд өөрчлөгдөөгүй байгаагаас хойш энэ хязгаарыг хагасаар авч үзнэ.

$$a_2 = \frac{10}{2} \text{ мV} = 5 \text{ мV} \quad (C.105)$$

Тэгш өнцөгт тархалтад мультиметрийн ялгах чадвараас эргэлзээнээс хамаарсан стандарт эргэлзээ нь

$$u_2 V = \frac{a_2}{\sqrt{3}} = \frac{5}{\sqrt{3}} \text{ мV} = 2886.75 V \quad (C.106)$$

Чөлөөний зэрэг = $v_2 = \infty$ (C.107)

Нэгдсэн стандарт хазайлт

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 56/60
	Amend Date: 15.12.2024	

(C.108)

Чөлөөний хүчинтэй зэрэг v_{eff} нь $v_1=\infty$ болон $v_2=\infty$ шиг $=\infty$

Өргөтгөсөн эргэлзээ

хамруулах коэффициент $k=2$ ба 95.45 %-ийн үнэмшлийн төвшинд:

$$U=ku_c(V)=2*2.89 \text{ мV}=5.78\text{мV}$$

Үр дүн

Үл мэдэгдэх үүрийн хэмжигдсэн хүчдлийн дундаж утга нь $10.01 \text{ V} \pm 5.78 \text{ мV}$ байна.

Тайлагнасан хэмжлийн өргөтгөсөн эргэлзээ нь ойролцоогоор 95.45 % -ийн магадлалтай байх үед тохирох хэвийн тархалтад хамруулах коэффициент $k=2$ -оор үржүүлэгдсэн хэмжлийн стандарт эргэлзээгээр мэдээллэгдсэн байна.

Хүснэгт С.16 Эргэлзээний багц

Эргэлзээний эх үүсвэр (X_i)	Тооцоолол (x_i)	Боломжит тархалт - А болон В	Стандарт эргэлзээ $u(x_i)$	Мэдрэмжийн коэффициент c_i	Эргэлзээний нөлөө $u_i(y)$	Чөлөөний зэрэг (v_i)
V_S	10.00 V	Хэвийн -В төрөл -2.5	56.2 μV	1.0	56.2 μV	∞
ΔV_X	0.01 V	Тэгш өнцөгт -В төрөл -язгуур дор 3	2886.25 μV	1.0	2886.75 μV	∞
Давтамж		Хэвийн -А төрөл	0	0	0	∞
$u_c(V_X)$					2.89 μV	∞
Өргөтгөсөн эргэлзээ		$K=2$			5.78 μV	∞

С 7 10 кг-ийн нэрлэсэн утгатай туухайны шалгалт тохируулга

Танилцуулга

10 кг-ийн нэрлэсэн утгатай, OIML-ийн M_1 ангийн туухайны шалгалт тохируулгыг OIML-ийн F_2 ангийн ижил нэрлэсэн утгатай туухайтай харьцуулан масс компаратор ашиглан шалгалт тохируулга хийе. Масс компараторийн гүйцэтгэлийн үзүүлэлтийг өмнө нь тодорхойлсон байв.

Математик модель

Мэдэгдэхгүй байгаа томъёолсон массыг дараахь томъёогоор олъё.

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 57/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta A$$

m_s -эталон туухайны томъёолсон масс

δm_D - Сүүлчийн шалгалт тохируулгаас хойш гарсан эталон туухайны өөрчлөлт

δm - Эталон болон шалгагдаж байгаа туухайны зөрүү

δm_c - Туухайны жингийн тавган дээрх байрлалаас болон соронзон орны нөлөөллөөс үүссэн залруулга

δA - агаар хөвөлтийн залруулга

Корреляцид ороогүй оролтын утгуудын хувьд нийлмэл стандарт эргэлзээ нь:

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \right]^2 u^2(x_i)$$

Өгөгдлүүдийн талаар дэлгэрэнгүй мэдээлэл

1. Эталон туухайн масс m_s : Эталон туухайны үалгалт тохируулгын гэрчилгээн дээр өгөгдсөн утга 10,000005 г ба түүний өргөтгөсөн эргэлзээ 45 мг (Хамруулах коэффициент-2).
2. Эталон туухайны утгын өөрчлөлт- δm_D : Эталон туухайны утгын өөрчлөлтийг өмнөх шалгалт тохируулгын үеэс ± 15 мг зөрүүтэй болсон.
3. Компоратор δm : Цуврал хэмжлүүдийг хийж 2 туухайн хоорондох зөрүүг өмнө нь тогтооход 25 мг байв.
4. Туухайны жингийн тавган дээрх байрлалаас болон соронзон орны нөлөөллөөс үүссэн залруулга δm_c : ± 10 мг.
5. Агаарын хөвөлтийн залруулга δA : Агаарын хөвөлтийн залруулгыг 10 мг гэж тооцсон

Хүснэгт с.7 Хэмжил

д/д	Уншилт А (г)	Уншилт В (г)	Уншилт В (г)	Уншилт А (г)	Ажиглагдсан зөрүү (г)
1	0,015	0,020	0,025	0,010	0,010
2	0,010	0,030	0,020	0,010	0,015
3	0,020	0,045	0,040	0,015	0,025
4	0,020	0,040	0,030	0,010	0,020
5	0,010	0,030	0,020	0,010	0,015

А ТӨРЛИЙН ҮНЭЛГЭЭ

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	
	Amend Date: 15.12.2024	
		Page: 58/60

Эталон туухай А болон шалгагдаж байгаа туухай В-гийн массын хоорондох зөрүүг 5 цуврал ажиглалтаар АВВА гэсэн давхар орлуулан жинлэлтийн аргаар тогтооход арифметик дундаж нь $\delta m = 0,017$ мг

Стандарт хазайлтыг цувралаас тогтоовол:

$$S_p(\delta m) = 0.025 \text{ мг}$$

$$\text{Стандарт эргэлзээ нь } u_A = \frac{25}{\sqrt{5}} \text{ мг} = 11.18 \text{ мг}$$

$$\text{Чөлөөний зэрэг } = 5-1=4$$

В төрлийн үнэлгээ

1. Эталон туухайны үалгалт тохируулгын гэрчилгээнээс эталон туухайны өргөтгөсөн эргэлзээ 45 мг хамруулах коэффициент $k=2$ учраас

$$u(m_s) = \frac{45}{2} \text{ мг} = 22.5 \text{ мг}$$

2. Эталон туухайны утгын өөрчлөлт ± 15 мг байгаа учраас тэгш өнцөгт тархалт гэж үзээд стандарт эргэлзээ нь:

$$u(\delta m_D) = \frac{15}{\sqrt{3}} = 8.66 \text{ мг}$$

3. Туухайны жингийн тавган дээрх байрлалаас болон соронзон орны нөлөөллөөс үүссэн өөрчлөлт ± 10 мг бол тэгш өнцөгт тархалт гэж үзвэл стандарт эргэлзээ нь

$$u(\delta m_c) = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ мг} = 5.77 \text{ мг}$$

4. Агаарын хөвөлтийн залруулгыг 10 мг гэж тооцсон ба тэгш өнцөгт тархалт гэж үзвэл стандарт эргэлзээ нь

$$u(\delta A) = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ мг} = 5.77 \text{ мг}$$

В төрлийн нийт эргэлзээ

$$u_b = \sqrt{22.5^2 + 8.66^2 + 5.77^2 + 5.77^2} \text{ мг} = 25.45 \text{ мг}$$

Чөлөөний зэрэг $\nu_i = \infty$

$$\text{Ашигтай чөлөөний зэрэг } \nu_{\text{эфф}} = \frac{27.8^4}{\frac{11.8^4}{4} + \frac{22.5^4}{\infty} + \frac{8.66^4}{\infty} + \frac{5.77^4}{\infty} + \frac{5.77^4}{\infty}} = \frac{598029.44}{\frac{15623}{4}} = 153.1 = \infty$$

Нийлмэл эргэлзээ

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 27,8 \text{ мг}$$

Өргөтгөсөн эргэлзээ

$$U = k u_c(m) = 2 * 27,8 \text{ мг} = 55,6 \text{ мг}$$

Хүснэгт С.7 Стандарт эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүдийн дүн

Эргэлзээний эх үүсвэр	Тооцоолол (x_i)	Хязгаарууд $\pm \Delta x_i$	Боломжиит тархалт	Стандарт эргэлзээ	Мэдрэмжийн коэффициент	Эргэлзээний нөлөө $u_i(y)$	Чөлөөний зэрэг
-----------------------	---------------------	-----------------------------	-------------------	-------------------	------------------------	----------------------------	----------------

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ							
Doc. No: MNAS AG 03		Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам					
Issue Date: 02.06.2010		Amend No: 02				Page: 59/60	
		Amend Date: 15.12.2024					

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ

(Xi)	(MПа)	(MПа)	- А болон В Коэффициент	u(xi) (MПа)		(MПа)	(vi)
m_s	10.000005 kg	45 mg	Normal - В төрөл - 2	22,5	1,0	22,5	∞
δm_d	15 мг	7,5 мг	Тэгш өнцөгт -В төрөл - $\sqrt{3}$	8,66	1,0	8,66	∞
δm_c	10 мг	5 мг	Тэгш өнцөгт -В төрөл - $\sqrt{3}$	5,77	1,0	5,77	∞
δA	10 мг	5 мг	Тэгш өнцөгт -В төрөл - $\sqrt{3}$	5,77	1,0	5,77	∞
Давтах чадварын			Хэвийн А төрөл	11,18	1,0	11,18	4
$u_c(m)$						27,8	∞
Өргөтгөсөн эргэлзээ			K=2.00			55,6	∞

МОНГОЛ УЛСЫН ҮНДЭСНИЙ ИТГЭМЖЛЭЛИЙН ТӨВ		
Doc. No: MNAS AG 03	Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох, илэрхийлэх удирдам	
Issue Date: 02.06.2010	Amend No: 02	Page: 60/60
	Amend Date: 15.12.2024	

ХУВЬ. ЦАХИМААС ХЭВЛЭСЭН НЬ ХЯНАЛТГҮЙ ХУВЬ