**ХЭМЖЛИЙН ЭРГЭЛЗЭЭГ ТООЦООЛОХ,**

**ИЛЭРХИЙЛЭХ УДИРДАМЖ**

**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 |

1. **Удиртгал**
	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 томьёонуудыг 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 коэффицент ба чөлөөний ашигтай зэрэг
* Хавсралт С- Хэмжлийн эргэлзээг бодсон жишээнүүд
	1. **Норматив иш таталт**

Энэхүү баримт бичиг нь BIPM, IEC, ISO ба OIML-ын нэр томъёо ба тодорхойлолтуудаар хамтран бэлтгэгдсэн хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх зөвлөмжид голлон суурилсан. Мөн ISO 3534-I (1993) Хэсэг-I 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. BIPM – Олон улсын жин хэмжүүрийн товчоо, ISO – Олон улсын стандартчиллын байгууллага, Швецари (1995)
3. Олон улсын хэмжилзүйн үндсэн болон ерөнхий нэр томъёоны толь. BIPM – 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 хувибар, ISO – Олон улсын стандартчиллын байгууллага, Швецари (1993)
7. **Эргэлзээний талаархи ойлголт, эх үүсвэр ба түүнийг хэмжих**
	1. **Ойлголт**
		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. 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.
		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.
		4. Хэмжлийн эргэлзээ нь хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүнд оновчтой харъяалагдаж байгаа утүуудын тархалтыг харуулсан хэмжлийн үр дүнтэй холбоотой параметр. Энэ параметр нь стандарт хазайлт эсвэл тогтоосон үнэмшлийн төвшний интервалын хагас байж болно.
	2. **Эх үүсвэр**
		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. Эдгээр нь заримдаа тус тусын эргэлзээний санамсаргүй болон байнгын бүрэлдэхүүн хэсгээс үүссэн байна.
		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.

* + 1. 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.
	+ 1. Алдаа нь нэг тохиолдолд байнгын байдлаар илэрч болох боловч өөр тохиолдолд санамсаргүй байдлаар илэрч болно.
	1. **Эргэлзээг хэмжих нь**
		1. Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүн гэдэг бол хэмжлийн гол чухал хэмжигдэхүүн юм. Шалгалт тохируулгад ихэнхдээ нэг хэмжиж буй хэмжигдэхүүн буюу У гаралтын хэмжигдэхүүн нь хэд хэдэн оролтын хэмжигдэхүүний тооноос Xi (i=1,2,3,……., N) хамаарсан дараах функцын дагуу байдаг.

Y=f(X1,X2,………,XN) (2.1)

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

* + 1. Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүн Y-ийн(гаралтаар тогтоосон) тооцсон утгыг y-ээр тэмдэглэн оролтын хэмжигдэхүүний Xi утгын хувьд оролтын тооцсон утга xi-г ашиглан (2.1) тэгшитгэлээс гаргаж авна.

y= f(x1,x2,……xN) (2.2)

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

* + 1. Гаралтын тооцсон утга y-д хамаарах хэмжлийн стандарт эргэлзээ u(y) нь гаралтын тооцсон y-д харгалзах Ү хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүний мэдэгдэхгүй байгаа утгуудын стандарт хазайлт болно. Үүнийг оролтын хэмжигдэхүүн Xi-ийн тооцоолсон xi  болон тэдгээрт хамаарах стандарт хазайлтууд u(xi)-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.

* + 1. Хэмжлийн үр дүнгийн стандарт эргэлзээ нь хэмжлийн үр дүнг бусад хэд хэдэн тоон хэмжигдэхүүний утгуудаас гаргаж авч байгаа үед нийлмэл стандарт эргэлзээ болно.
		2. Өргөтгөсөн эргэлзээг нийлмэл стандарт эргэлзээг хамрах коэффцентээр үржүүлж олно. Энэ нь мөн чанартаа үнэмшлийн өндөр түвшинд тогтоосон хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүний жинхэнэ утгыг агуулсан интервал юм.
1. **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

**Нийлмэл стандарт эргэлзээ (uc)**

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 вариац 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 коэффциент**

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

**Корреляци (Хамаарал)**

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

**Корреляцийн коэффциент**

Хоёр хувьсах хэмжигдэхүүний ковариацын харьцаа ба тэдгээрийн стандарт хазайлтын үр дүн

**Ковариант**

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

(3.1)

n- хос ажиглалтын тоо

**Хамруулах коэффциент (k)**

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

**Хамааруулах магадлал буюу үнэмшлийн төвшин**

Үнэмшлийн интервал эсвэл статистикаар хамрах интервалтай холбоотой магадлалын утга.

**Чөлөөний зэрэг (v)**

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 зїйл нь *p*(*z*)-ийн тодорхойлолтоос  байхад

 E[g(z)]=∫g(z)p(z)dz (3.2)

гэж тодорхойлдог. *μz*-ээр тэмдэглэсэн ба *z*-ийн магадлалт утга буюу дундаж утга гэж томъёолсон санамсаргүй *z* хувьсах хэмжигдэхүүний магадлах зїйлийг



гэж өгнө. Үүнийг статистикийн аргаар , санамсаргүй *z* хувьсах хэмжигдэхүүний n үл хамаарах *zi*ажиглалтын арифметик дундаж буюу дундаж утгаар ба *p*(*z*) магадлалын нягтын функцээр тооцно. Үүнд:

 (3.3)

**Туршилтын стандарт хазайлт** **[s(qj)]**

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

 (3.4)

энд *qk* нь *k* дугаар хэмжлийн үр дүн,  нь авч үзэж буй *n* тооны үр дүнгийн арифметик дундаж.

**Хэмжиж байгаа хэмжигдэхүүн**

Хэмжлийн субьект болж буй хэмжигдэхүүн

**Магадлалын тархалт**

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

**Магадлалын нягтын функц**

Тархалтын функцийн уламжлал (байгаа бол):

 f(x)=dF(x)/dx (3.5)

f(x) dx нь магадлалын элемент

 f(x)dx=Pr(x<X<x+dx) (3.6)

**Магадлалын функц**

*х* утга бүрд *Х* санамсаргүй хувьсах хэмжигдэхүүн нь *х-*тэй тэнцүү магадлалыг өгч буй функц:

 F(x)=Pr(X=x) (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:

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 лабоаторид 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 лабоаторид 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 коэффциент (ci)**

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

**Стандарт хазайлт (σ)**

Вариацын эерэг квадрат язгуур

**Стандарт эргэлзээ**

Стандарт хазайлтаар илэрхийлсэн хэмжлийн үр дүнгийн эргэлзээ

**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

**B төрлийн тооцоо (эргэлзээний)**

Цуврал ажиглалтын статистик шинжилгээнээс өөрөөр эргэлзээг үнэлэх арга

**Эргэлзээ (хэмжил дэх)**

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

**Вариац**

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

1. **Оролтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээг тодорхойлох**
	1. **Ерөнхий ойлголтууд**

Оролтын тооцсон утгатай холбоотой хэмжлийн эргэлзээг A болон B 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 B 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:**

**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 B төрлөөр тооцож болно.

**II : Уртын хэмжүүр**

Харьцуулалтын аргаар **уртын хэмжүүр**ийг шалгаж тохируулах үед нэг нь эргэлзээний тооцоо нь дулааны тэлэлтийн коэффциенттэй [α=δℓ/ℓ] хамааралтай эргэлзээний бүрэлдэхүүнийг агуулсан байна. Ихэвчлэн туршилтад орж байгаа болон эталоны α-г гарын авлага болон үйлдвэрлэгчийн үзүүлэлтүүдээс гарган авдаг. Энэ тохиолдолд, темпратурын хэмжлийн эргэлзээний тооцоо нь A төрөл болох боловч α дах эргэлзээний тооцоо нь B төрөл байна. Хэдий тийм боловч өндөр нарийвчлал шаардсан онцгой тохиолдолд дулааны тэлэлтийн хэмжил хийгдэж байгаа бол α болон температурын эргэлзээг А төрлөөр тодорхойлно.

* 1. **Стандарт эргэлзээний А төрлийн тооцоо**
		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.
		2. Давтан хэмжсэн оролтын хэмжигдэхүүн Xi-г Q-р тэмдэглэе. n удаагийн статистик бие даасан ажиглалтууд дахь Q-гийн тооцсон утга нь ажиглагдсан утгуудын арифметик дундаж qj (j=1,2,.......n) байна.

 (4.1)

Тооцсон утга - гийн хэмжлийн эргэлзээг доорхи аргуудын нэгээр тооцоолно.



* + 1. q-ийн магадлалын тархалтын вариацийн тооцсон утга нь доорхи томъёогоор өгөгдсөн qj утгуудын туршилтын вариаци s2(q) юм.

 (4.2)

s2(q)-ийн эерэг квадрат язгуур нь туршилтын стандарт хазайлтыг томъёолдог. Арифметик дундаж -ийн вариацын хамгийн сайн тооцсон утга нь доорхи томъёогоор тодорхойлогдоно.

 (4.3)

**Хүснэгт 4.1 Температурын стандарт хазайлт болон дундаж утгыг тооцоолох өгөгдлүүд**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ажиглалтын тоо** | **Темпратур****0C** | $$\left(t\_{j}-\overbar{t}\right)\*10^{-2}$$**0C** | $$\left(t\_{j}-\overbar{t}\right)^{2}\*10^{-4}$$**(0C)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** |

-ийн эерэг квадрат язгуур нь дундажийн тооцсон стандарт алдаагаар тодорхойлогддог. Оролтын тооцсон утга -гийн стандарт эргэлзээ нь стандарт алдаа болно.

 (4.4)

* + 1. 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 s2p вариацийн тооцсон утгыг авах боломжтой. Хэрвээ энэхүү тохиолдолд оролтын хэмжигдэхүүн Q-ийн утга нь n тооны бие даасан ажиглалтуудын арифметик дундаж -аар тодорхойлогдох бол дундажийн вариаци нь доорхи томъёоны дагуу тодорхойлогдоно.

 (4.5)

Стандарт эргэлзээ нь 4.4 тэгшитгэлээр өгөгдсөн утгаар илэрхийлэгдэнэ.

**Жишээ :**

**Хүснэгт (4.1) температурийн хэмжлийн утгуудыг үзүүлж байна. Одоо бид доор бусад параметрүүдийг тооцооллоё.**

Дундаж температур

 = 90.72 (4.6)

Дээрхээс уламжлаад температурын хамгийн сайн тооцсон утга нь

 =90.72 (4.7)

Стандарт хазайлт

$\left(t\right)=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum\_{j=1}^{n}(t\_{j}-\overbar{t})}=\sqrt{\frac{1}{9}\left(1040\*10^{-4}\right)}=10.75\*10^{-2} $

0C (4.8)

Дундажийн стандарт алдаа

$s\left(\overbar{t}\right)=\sqrt{\frac{s^{2}(t)}{n}}=\sqrt{\frac{10.75\*10^{-2}}{\sqrt{10}}}=3.40\*10^{-2}$ 0C (4.9)

Стандарт эргэлзээ

$u\left(\overbar{t}\right)=3.40\*10^{-2} $ 0C (4.10)

Чөлөөний зэрэг

V=n-1=9 (4.11)

* 1. **Стандарт эргэлзээний B төрлийн тооцоо**
1. Стандарт эргэлзээний B төрлийн тооцоо нь цуврал ажиглалтын статистик шинжилгээнээс бусад аргаар гарган авсан *Xi* оролтын хэмжигдэхүүний *xi* тооцсон утгад хамаатай эргэлзээний тооцоо юм. Стандарт эргэлзээ u (xi) -г Xi-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;
* 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

a) Нэг хэмжил хийсэн утга, өмнөх хэмжлээс гарсан утга, баримт бичгээс авсан жишиг утга эсвэл залруулгын утга гэх хэмжигдэхүүн Xi-ийн мэдэгдэж байгаа ганц утгыг xi гэе. xi-д хамаарах стандарт эргэлзээ u (xi) 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)

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

Жишээ:

Стандарт эргэлзээг стандарт хазайлтын тодорхой тоогоор үржүүлэн гарган авах ба энэхүү үржвэр нь тусгай коэффциент 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 мг (4.12)

ба тооцсон вариаци нь :

u2(m)=0.0225 г2  (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 мг (4.14)

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

**III тохиолдолд**

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

u(Rs)= 129 µ Ω /2.58=50 µ Ω (4.15)

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

u(Rs)/Rs= 5\*10-6 (4.16)

Тооцсон вариаци нь :

u2=(50 µ Ω)2 =2.5\*10-9 Ω2  (4.17)

**IV тохиолдолд**

Шалгалт тохируулгын гэрчилгээ дээр 50мм-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)=72nm/3=24nm (4.18)

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

 (4.19)

Тооцсон утгын хувьд:

$u^{2}(x\_{i})=\frac{1}{12}(a\_{+}+a\_{-})$ (4.20)

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

 $u^{2}(x\_{i})=\frac{1}{3}(a)^{2}$ (4.21)

**Жишээ:**

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 а+ ба а- хооронд жинхэнэ утга оршин байх боломж адил тэнцүү байна. Тиймээс тэгш өнцөгт тархалтын хувьд:

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

Эндээс

 (4.23)

Ба

 (4.24)


 (4.25)

Иймээс стандарт хазайлт нь


 (4.26)

1. **Гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээний тооцоо**
	1. Корреляцид орооүй оролтын хэмжигдэхүүний хувьд гаралтын тооцсон утга y-ийн стандарт эргэлзээний квадрат нь доорхи байдлаар өгөгдөнө.

 (5.1)

Хэмжигдэхүүн ui(y)(i=1,2,……n) нь оролтын тооцсон утга xi-д хамаарах стандарт эргэлзээнээс гарган авсан үр дүн y гаралтын тооцсон утгад хамаарах стандарт эргэлзээнд хувь нэмрээ оруулна.

 (5.2)

Ci нь xi оролтын тооцсон утгын мэдрэмжийн коэффциентоор тодорхойлогддог. Өөрөөр хэлбэл оролтын тооцсон утга xi-ийн үед тооцоолсон Xi-д хамаарах загварын функц f-ийн уламжлалаар тодорхойлно.

Xi=xi үед ci=(∂f/∂xi)=(∂f/∂Xi) (5.3)

* 1. Мэдрэмжийн коэфциент ci нь оролтын тооцсон утга xi-ийн өөрчлөлтөөс үүсэх гаралтын тооцсон утга у-ийн өөрчлөлтийн өргөтгөлийг тодорхойлно. Үүнийг (5.3) –д өгөгдсөн f функцээс эсвэл тоон аргуудаар, өөрөөр хэлбэл +u(xi) болон -u(xi) дэх оролтын тооцсон утга xi дахь өөрчлөлтийн улмаас гаралтын тооцсон утга у дахь өөрчлөлтөөр тооцоолж болон ба 2u(xi)-д хуваагдсан у дахь үр дүнгийн ялгаварыг ci утга гэж авч болно. Заримдаа xi±u(xi) дээрх давтан хэмжлийн туршилтаар гарах гаралтын тооцсон утга у-ийн өөрчлөлтийг олох нь илүү тохиромжтой байж болно.
	2. Хэрвээ загварын функц нь оролтын хэмжигдэхүүн Xi-ийн нийлбэр эсвэл өөрчлөлт бол:

 (5.4)

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

 (5.5)

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

 (5.6)

* 1. Хэрвээ загварын функц f нь Xi оролтын хэмжигдэхүүний үржвэр эсвэл хуваагдал бол:

 (5.7)

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

 (5.8)

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

 (5.9)

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

U=ku(y) (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.

* 1. 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≥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.
	2. Гаралтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээний найдвартай байдал нь түүний чөлөөний зэргээр тогтоогдоно. (Хавсралт B 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.
	3. Хэрэв тэдгээр нөхцлүүдийн нэг нь (хэвийн эсвэл хангалттай найдвартай) хангагдаагүй бол стандарт хамруулах коэффициент к=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
	4. 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 B-д өгөгдсөн аргыг хэрэглэх нь зүйтэй.
	5. 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 коэффцент k-ийн утгаар тодрхойлогдсон байвал зохино.
1. **Хэмжлийн эргэлзээг илэрхийлэх**
	1. Шалгалт тохируулгын гэрчилгээн дээр у хэмжигдэхүүний тооцсон утга ба түүнд холбогдох өргөтгөсөн эргэлзээ U-ээс бүрдсэн хэмжлийн бүрэн үр дүнг (y±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 коэффциент к=2-оор үржүүлсэн стандарт эргэлзээгээр тогтоогдсон.*

* 1. 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 veff чөлөөний ашигтай зэрэгтэй t тархалтын хувьд ноогдох хамруулах коэффциент к-аар үржүүлсэн стандарт эргэлзээгээр тогтоогдсон.*

* 1. 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.
1. **Стандарт эргэлзээг тайлагнах**
	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 xi болон түүний стандарт эргэлзээ u(xi), мэдрэмжийн коэффцент ci болон өөр эргэлзээний нөлөөллийг заасан байна. Чөлөөний зэрэг нь тодорхой байх ёстой. Хэмжигдэхүүн бүрийн тоон утгыг хүснэгтэд тэмдэглэгдсэн байна.

* 1. 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, veff хавсралт B-д тодорхойлогдсон шиг тооцоологдсон байх ёстой.

**Хүснэгт 8.1: Эргэлзээний багцын бүдүүвч**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Эргэлзээний эх үүсвэр Xi** | **Тооцоолсон xi** | **Хязгаар ±Δxi** | **Магадлалын тархалт****А эсвэл B төрөл** | **Стандарт эргэлзээ****u(xi)** | **Мэдрэмжийн коэффциент****ci** | **Эргэлзээний нөлөөлөл****ui(y)** | **Чөлөөний зэрэг****vi** |
| X1 | x1 | Δx1 | А эсвэл B төрөл | u(x1) | c1 | u1(y) | v1 |
| X2 | x2 | Δx2 | А эсвэл B төрөл | u(x2) | c2 | u2(y) | v2 |
| X3 | x3 | Δx3 | А эсвэл B төрөл | u(x3) | c3 | u3(y) | v3 |
|  |
| XN | xN | ΔxN | А эсвэл B төрөл | u(xN) | cN | uN(y) | vN |
| Y | y |  | uc(y) | v.eff |

1. **Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолох алхам**

Практикт энэхүү баримт бичгийн :

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

Y=X1+X2 (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(xi)-ийн утгыг тогтооно.

Алхам 6. Магадлалын тархалт нь мэдэгдэж байгаа эсвэл төсөөлөгдөж болох оролтын хэмжигдэхүүнүүдэд 4.3.2 (b)-ийн дагуу стандарт эргэлзээ u(xi)-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(xi)-г тооцоолох.

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

Алхам 8. 6 дугаар бүлэгт заасны дагуу хамруулах коэффциент к-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 у, түүний өргөтгөсөн эргэлзээ болон хамааруулах коэффциент к-г багтаасан хэмжлийн үр дүнг бичих.

**ХАВСРАЛТ А**

**Магадлалын тархалт**

**А.1 Хэвийн тархалт**

Хэвийн тархалтын магадлалын нягтын функц нь :


 (А.1)

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



 µ -σµµσ



Зураг (А.1): Хэвийн тархалтын бүдүүвч

**А.1.1 Хэвийн тархалтыг хэрэглэх**

Зарим тохиолдолд гаралтын болон оролтын хэмжигдэхүүнд ноогдох эргэлзээ нь зөвхөн үнэмшлийн төвшинд тогтоогдсон байдаг. Энэ тохиолдолд хамруулах коэффцентийн утгыг олох хэрэгтэй учраас ноогдох эргэлзээг хамруулах коэффциентод хувааж стандарт эргэлзээний утгыг гарган авна. Хамруулах коэффициентийн утга нь хэмжигдэхүүний (оролт гаралтын) тархалтаас хамаардаг. Энэхүү тархалтын талаар ямар нэгэн онцгой мэдлэггүй бол хэвийн тархалт гэж төсөөлнө. Хэвийн тархалтын өөр өөр үнэмшлийн төвшин дахь хамааруулах коэффциентийн утгууд нь дараахь хүснэгтэд заасны дагуу байна. Үүнд:

**Хүснэгт 1: Үнэмшлийн төвшин болон харуулах коэффцентийн хамаарал (k)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Үнэмшлийн төвшин | 68.27% | 90% | 95% | 95.45% | 99% | 99.73% |
| Хамруулах коэффцент (k) | 1.000 | 1.645 | 1.960 | 2.000 | 2.576 | 3.000 |

Хэрэв оролтын хэмжигдэхүүн Xi-ийн утга а- болон а+-ийн хоорондох интервалд орших магадлал 50% байна гэсэн мэдээлэл дээр тулгуурласан бол ба Xi-ийн тархалтыг хэвийн гэж таамаглан авч үзэх ба Xi-ийн тооцсон утга нь:

 $u\left(x\_{i}\right)=1.48a дэх x\_{i}=a=\frac{a\_{-}+a\_{+}}{2}$ (А.2)

Хэрэв оролтын хэмжигдэхүүн Xi-ийн утга а- болон а+-ийн хоорондох интервалд орших магадлал 68% байна гэсэн мэдээлэл дээр тулгуурласан бол ба Xi-ийн тархалтыг хэвийн гэж таамаглан авч үзэх ба Xi-ийн тооцсон утга нь:

 (А.3)

**А.2 Тэгш өнцөгт тархалт**

Тэгш өнцөгт тархалтын магадлалын нягтын функц нь :

 $P\left(x\right)=\frac{1}{2a}, a\_{-}<a\_{+}, энд a=\frac{a\_{+}-a\_{-}}{2}$ (А.4)

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

 $E\left(x\_{i}\right)=x\_{i}=\frac{a\_{+}+a\_{-}}{2}$ (А.5)

Ба түүний вариаци нь

$var\left(x\_{i}\right)=\frac{a^{2}}{3} энд a=\frac{a\_{+}-a\_{-}}{2}$ (А.6)

**А.2.1 Тэгш өнцөгт тархалтын хэрэглэх**

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



 µ*- a /*√*3* µ µ*+ a /*√*3*

Зураг (А.1): Тэгш өнцөгт тархалтын бүдүүвч

**А.3 Тэгш хэмтэй трапецан тархалт**

Дээрх тэгш өнцөгт тархалт нь Xi нь ижил боломжтойгоор интервал дахь дурын утгыг авч болохыг харуулдаг. Хэдий тийм ч, ихэнх бодит тохиолдолуудад Xi нь ижил боломжтойгоор нарийсгасан интервалын голын цэгийн эргэн тойронд утга авч болох ба хязгааруудад ойртсон утгууд нь маш нарийн тохирсон байна. Боломжит тархалт нь суурийн өргөн a+-a-=2a болон оройн өргөн буюу 0≤ β ≤ 1 байх 2βа тай тэнцүү налуу талуудттай тэгш хэмтэй трапецан тархалтын функцээр илэрхийлэгдэнэ.

Доорхи томъёогоор өгөгдсөн Xi-ийн магадлал нь:

 (А.7)

Ба тэрний вариаци нь

 (А.8)

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

**А.3.1 Гурвалжин тархалт**

Β 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 Xi-ийн магадлал нь:

 (А.9)

вариаци нь

 (А.10)



Зураг (А.3): Гурвалжин тархалтын бүдүүвч

**А.4 U хэлбэрийн тархалт**

U хэлбэрийн тархалтыг радио болон бичил долгоины 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 2ГsГL –ээр өгөгдсөн ба энд Гs болон ГL нь үүсгүүрийн ойлтын коэффцент болон дараалласан ачааллыг илэрхийлнэ. Стандарт эргэлзээ нь дараахь байдлаар тооцоологдоно.


 (А.11)



Зураг (А.4): U хэлбэрийн тархалтын бүдүүвч

**ХАВСРАЛТ B**

**Чөлөөний ашигтай зэрэгтэй холбоотой хамруулах коэффициент**

B.1 Гаралтын тооцсон утга у-ийн стандарт эргэлзээний u (y) үнэн зөв байдлыг хангахын тулд тусгайлан заасан хамруулах магадлалд тохирох хамруулах коэффцеинт к-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 ui(y) эргэлзээний холбогдох чөлөөний Vi-ийг нэгтгэж барагцаалсан чөлөөний ашигтай зэрэг Veff болно.

B.2 Хамруулах коэффциент к-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 Veff тооцоолох

Алхам 3. t тархалтын утгуудын хүснэгтээс хамруулах коэффцент к-ийг тооцоолох. Хэрэв чөлөөний зэрэг Veff ашигтай зэрэг нь бүхэл тоо биш байвал Veff нь дараагийн бага бүхэл тоогоор авах ба тохирсон хамруулах коэффциентийг хүснэгтээс авна.

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

 (B.1)

Энд ui(y) (i=1,2,3,……..N) нь (5.1) болон (5.2) –оор тооцоологдсон.

Стандарт эргэлзээний нөлөөлөл нь хоорондоо статистик харилцан хамааралгүйгэж үзэх оролтын тооцсон утгын стандарт эргэлзээнээсгаргаж авч байгаа үр дүнгийн гаралтын тооцсон утга y-ийн стандарт эргэлзээг нэгдсэн байна. Мөн нь ui(y) стандарт эргэлзээний чөлөөний ашигтай зэрэг vi болно.

Тайлбар:

А болон B 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.

vi = n-1 (B.2)

**B төрлийн тооцоо**

Энэ төрлийн тооцоонд дээд болон доод хязгаар нь мэдэгдэж байгаа үед

 (B.3)

Энэ нь A болон B төрлийн тооцооны эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүдийг баримтжуулж, vi –г 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 vi нь хязгааргүй руу тэмүүлж байх нь заавал бодит бус байж болно. Энэ нь а- болон а+ хязгаарын аль ч тохиолдолд хэмжигдэхүүний боломж нь а--аас а+ дэх интервалын гадна талд маш жижгээр байрлах түгээмэл практик юм.

**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 х, 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 B 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 тохиолдолыг 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≈½[Δu(xi)/u(xi)]-2 ...................................1

энд

Δu(xi)/u(xi) нь эргэлзээн дэх харьцангүй 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

Δu(xi)/u(xi)=0.1

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 төөрөгдүүлөхгүй 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 B 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 яагад 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-Саттертвайте-ийн томъёо ашиглан тооцоолсон тооцоолол нь :

 …………………2

Энд

veff- Нэгдсэн эргэлзээ uc-ийн чөлөөний зэргийн хүчинтэй тоо

vi- ui-ийн чөлөөний зэргийн тоо, i дах удаагийн эргэлзээний нөхцөл

ui(y)- ci ui-ийн үр дүн

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

|  |  |
| --- | --- |
| **Чөлөөний зэрэг** | **Бутархай тоо p (%)** |
| **(v)** | **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 |
| 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 C**

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 (Tc) – 23 C

Шалгалт тохируулга хийгдсэн утга – 25.00010±0.00008 мм

Термометрийн хамгийн бага тоолол – 1 C

**Матиматик загвар**

 (C.1)

Энд YGUT- микрометрийн уншилт, XSTD – 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.

 (C.2)

**Хэмжсэн үр дүнгүүд**

**А төрлийн тооцоо:**

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

Дундаж хазайлт

 (C.3)

**Стандарт хазайлт**

 *(C.4)*



**Хүснэгт С.1 Стандарт хазайлт болон дунджийг тооцоолох өгөгдлүүд**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ажиглалтын тоо** | **Нэрлэсэн утгын хазайлт (xj)** **(мм)** | $$\overbar{x}$$**(мм)** | $$\left(x\_{j}-\overbar{x}\right)\*10^{-7}$$**(мм)** |
| 1 | 0.001 |  | 1.6 |
| 2 | 0.000 | 3.6 |
| 3 | 0.001 | 0.0006 | 1.6 |
| 4 | 0.000 |  | 3.6 |
| 5 | 0.001 | 1.6 |

**Дундажын стандарт хазайлт**

 (C.5)

**Стандарт эргэлзээ**

 (C.6)

**Чөлөөний зэрэг**

v=n-1=5-1=4 (C.7)

**B төрлийн тооцоо:**

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

**±1° С температураас үүсэх стандарт эргэлзээ u1**

Төгсгөлт уртын хэмжүүрийн стандарт дулааны тэлэлтийн коэффцент нь 11.5\*10 -6 /0С.

 (C.8)

**Микрометр болон параллель хавтгайн төгсгөлт уртын хэмжүүрийн температурын зөрүүгээс үүсэх Стандарт эргэлзээ u2 нь**

Микрометр болон параллель хавтгайн төгсгөлт уртын хэмжүүрийн температурын зөрүү ±1°С байна. Ийм учраас эргэлзээний бүрэлдэхүүн нь:

 (C.9)

**Микрометр болон параллель хавтгайн төгсгөлт уртын хэмжүүрийн дулаан тэлэлтийн коэффициентийн зөрүүнээс үүсэх стандарт эргэлзээ u3 нь:**

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

[ΔT=Tc-Tэталон=3°C] тул

 (C.10)

**Микрометрийн нүүрний тэгш бус байдлаас үүсэх стандарт эргэлзээ u4 нь:**

 (C.11)

**Микрометрийн нүүрний параллель бус байдлаас үүсэх стандарт эргэлзээ u5 нь:**

 (C.12)

**Шалгалт тохируулгад ашигласан эталоны стандарт эргэлзээ u6 нь:**

Эталоны шалгалт тохируулгын гэрчилгээнээс авсан эргэлзээний утга 0.08 µм. Тэгш өнцөгт тархалт гэж үзвэл стандарт эргэлзээ нь:

 (C.13)

Дээрх 6 тохиолдолд мэдрэмжийн коэффциент нь 1 ба чөлөөний зэрэг нь vi=∞ [B төрлийн бүрэлдэхүүн]

**Чөлөөний зэрэг (veff)**

 (C.14)

**Нэгдсэн эргэлзээ**

Нэгдсэн эргэлзээ [uc(YGUT)] нь



 (C.15)

 (C.16)

**Хүснэгт С.2: Эргэлзээний тооцоо**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эргэлзээний эх үүсвэр (Xi) | Тооцоолсон утга (xi)(µм) | Магадлалын тархалт - A болон B-Коэффциент | Стандарт эргэлзээ u(xi)(µм) | Мэдрэмжийн коэффциент | Эргэлзээний нөлөө ui(y)(µм) | Чөлөөний зэрэг (vi) |
| u1 | 0.287 | Тэгш өнцөгтB төрөл$√$3 | 0.165 | 1.0 | 0.165 | ∞ |
| u2 | 0.287 | Тэгш өнцөгтB төрөл$√$3 | 0.165 | 1.0 | 0.165 | ∞ |
| u3 | 0.172 | Тэгш өнцөгтB төрөл$√$3 | 0.099 | 1.0 | 0.099 | ∞ |
| u4 | 0.5 | Тэгш өнцөгтB төрөл$√$3 | 0.288 | 1.0 | 0.288 | ∞ |
| u5 | 0.5 | Тэгш өнцөгтB төрөл$√$3 | 0.288 | 1.0 | 0.288 | ∞ |
| u6 | 0.8 | Тэгш өнцөгтB төрөл$√$3 | 0.046 | 1.0 | 0.046 | ∞ |
| Давтац | u($\overbar{x}$) | Хэвийн тархалтА төрөл$$√5$$ | 0.547 | 1.0 | 0.2446 | 4 |
|  |  |  |  |  | 0.531 | ∞ |
| Өргөтгөсөн эргэлзээ |  | К=2.00 |  |  | 1.062 | ∞ |

Өргөтгөсөн эргэлзээ (U)

Стюдентийн тархалтын хүснэгтээс 95.4 %-ийн үнэмшлийн түвшин

٧eff=∞,

**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 тохируулъя.

Ачаат бүлүүрт манометр: 0.1-60 МПа

Цувралын дугаар: ххххххххх

Үйлдвэрлэгч: хххххххххххххх

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**

Энд PDWT- үйлдвэрийн DWT хэмжлийн даралт, - стандарт хэмжүүрээс PSPC гаргаж авсан дундаж стандарт даралт юм. Дундаж тэмдэглэгээ нь ижил нөхцөлд хэд хэдэн давталтат хэмжлийн арифметик дундажыг илэрхийлдэг. ΔP нь PDWT-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

 (C.22)

Энд

ΔP0 болон S1 нь тогтмол хэмжигдэхүүнүүд болно.

**Нэгдсэн стандарт эргэлзээний тооцоо нь доорхиор өгөгдөнө.**

 (C.23)

Хаалтан дахь хэмжигдэхүүнүүд нь уншилтын давтамж болон тус тусын стандарт хэмжүүрээс хамаарсан стандарт эргэлзээнүүд юм. Энэ нь PSPC-тэй PDWT болон ΔP –тэй PDWT-ийн хэсэг уламжлалууд нь 1 байна. Хэсэг уламжлал S1-тэй PDWT нь
байна. Бид нэгдсэн стандарт эргэлзээний 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 хийсэн.
нь эдгээр 5 уншилтын дундаж утга. ΔP нь алдаа эсвэл PDWT болон
-ийн хоорондын өөрчлөлт юм. PW гэдэг нь Piston and Weight hanger юм.

**Стандарт эргэлзээний A 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 :

 (C.24)

Иймээсстандарт эргэлзээ нь

 (C.25)

Чөлөөний зэрэг нь vi=5-1=4

**Хүснэгт C.5 Өсгөх болон буулгах даралт**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Хэрэглэгдсэн жин** | **Нэрлэсэн даралт PDWT****(МПа)** | **SPC-ийн уншилт****(МПа)** | $$\overbar{P\_{SPC}}$$**(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 |
| 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 |

1. **Өгөгдлийн дүн шинжилгээ**

Математик загварчлалд дурьдсанаар
-ийн даралт бүрд даралтын өөрчлөлт байна гэсэн үг. [(тооцоолол (C.22))] Тэгэхээр энэхүү ΔP нь программтай тохирох шулуунд
*-*тэй тохиросон байна.

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

 (C.26)

Стандарт эргэлзээний тохируулах параметрүүдийн өөрчлөлтийг хүснэгт С.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 С.6 Бууралтын хэмжээ**

|  |  |
| --- | --- |
| **Үндсэн параметрүүд** | **Тохирсон утга** |
| ΔP0 | -0.001304 ( МПа) |
| U(ΔP0)(1σ) | 0.0012762( МПа) |
| S1 | 0.000802 |
| u(S1)(1σ) | 0.000014 |
| Чөлөөний зэрэг | 19 |

ΔP дэх стандарт эргэлзээ нь мэдрэмжийн коэффценттойгоор тооцоолол (С.23)-р тооцоологдох ба өмнө дурьдсанаар
-тай тэнцүү байна.

 (C.27)

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

 (C.28)

A төрлийн тооцоолсон стандарт эргэлзээ нь

(C.29)

**Стандарт эргэлзээний B 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.

 (C.30)

B төрлийн бүрэлдэхүүн нь

 (C.31)

Чөлөөний зэрэг нь vi= ∞

**Хүснэгт С.7 Стандарт эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүдийн дүн**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эргэлзээний эх үүсвэр (Xi) | Тооцоолол (xi)(МПа) | Хязгаарууд ±Δxi(МПа) | Боломжиит тархалт - A болон B-Коэффцент | Стандарт эргэлзээ u(xi)(МПа) | Мэдрэмжийн коэффцент | Эргэлзээний нөлөө ui(y)(МПа) | Чөлөөний зэрэг (vi) |
| UB | 0.01 | 0.01 | Тэгш өнцөгтB төрөлЯзгуур дор 3 | 0.00570 | 1.0 | 0.0057 | ∞ |
| UA |  |  | Хэвийн А төрөл | 0.00194 | 1.0 | 0.00194 | 19 |
| Uc(PDWT) |  |  |  |  |  | 0.00602 | ∞ |
| Өргөтгөсөн эргэлзээ |  |  | К=2.00 |  |  | 0.012 | ∞ |

**Нэгдсэн стандарт эргэлзээ**

Нэгдсэн стандарт эргэлзээ нь

 (C.32)

 (C.33)

**Чөлөөний хүчинтэй зэрэг (veff)**

Нэгдсэн стандарт эргэлзээний чөлөөний хүчинтэй зэрэг нь

 (C.34)

Өргөтгөсөн эргэлзээ

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

U=k\*uc (PDWT)

=2.00\*0.00602 МПа

≈0.012 МПа

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=∞ чөлөөний зэргийн t тархалтад суурилсан хамруулах коэффциент к=2.00 болон нэгдсэн стандарт эргэлзээ uc=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 Es-ээр тодорхойлно.
4. Цахилгаан хүчдлийг салгаж эталон чийдэнг унтраана.
5. Асаастай багаа нэмэлт чийдэнг бөмбөлөгийн төв руу шилжинэ. Энэ нь үргэлж асаатай байх хэрэгтэй ба энэ үед шууд бус гэрэлтүүлэг EAS нь хэмжинэ.
6. Бөмбөлөгөөс эталон чийдэнг авах ба оронд нь туршилтын чийдэнг суулгана. шууд бус гэрэлтүүлгийг EAT хэмжинэ. Энэ үед нэмэлт чийдэн байнга залгаатай байна.
7. Туршилтын лампыг асаана. Халаасны дараа шууд бус гэрлийн урт ET хэмжигдэнэ.

Дээрхээс харахад шалгах лампын гэрлийн урсгал нь стандарт ламп Фs- 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 Es болон ET доторхи шалгах ламптай нэмэлт ламп EAS болон EAT –с үүснэ. ФT-ийн функцын хамаарал нь доорхиор илэрхийлэгдэж болно.

 (C.35)

Лампын гэрлийн урсгал ФT нь доорхи хамааралтай зохицсон стандарт лампын гэрлийн урсгал ФS-ээр тодорхойлогдож болно.

 (C.36)

Коэффцент EAS/EAT нь өөр өөр хэмжээнүүдийн нөлөө, шалгах лампын төрөл ба стандарт лампыг тооцдог.

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

(C.37)

Хэрэв стандарт эх үүсвэрийн Фs нь 1045 ℓм ба стандарт эргэлзээ нь ±9.12 ℓм гэж өгөгдсөн бол Es/ET болон EAS/EAT-ийн магадлалт утгын хэмжилтээс утга ФT-г C.36 тооцоололоор илэрхийлж болно.

**Хүснэгт С.8 Ажиглалтууд**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **S. дугаар** | $$E\_{AS}$$ | $$\overbar{E\_{AS}}$$ | $$(E\_{AS}+\overbar{E\_{AS}})^{2}$$ |
| 1 | 10.296 |  | 400\*10-6  |
| 2 | 10.279 | 9\*10-6 |
| 3 | 10.254 | 484\*10-6 |
| 4 | 10.290 | 196\*10-6 |
| 5 | 10.271 | 10.276 | 25\*10-6 |
| 6 | 10.272 |  | 16\*10-6 |
| 7 | 10.286 | 100\*10-6 |
| 8 | 10.285 | 81\*10-6 |
| 9 | 10.254 | 484\*10-6 |
| 10 | 10.277 | 441\*10-6 |

Нэг төрлийн стандарт, ижил хэлбэр, хэмжээтэй шалгах ламп, ижил цахилгаан параметрүүд болон ижил температурт ES/ET болон EAS/EAT-ийн магадлалт утга нь 1 рүү маш ойр байна. Үүнээс үзэхэд ФT-ийн утга нь бараг ФS-ийн утгатай тэнцүү байх ба эргэлзээ u(ФT) нь тооцоолол (С.37)-р илэрхийлэгдэнэ. Хэдий тийм боловч бид ФT –ийн утга болон u(ФT) дахь стандарт эргэлзээг стандарт эргэлзээний А төрлийн тооцооны жишээ болон статистик аргаар тооцоологдсон ES ба ET болон EAS ба EAT-ийн хэмжилт дэх эргэлзээгээр тооцоолох болно.

Ижил стандарт ламп болон ижил төрөл, хэмжээтэй шалгах ламданд хэрэв EAS, EAT, ES болон ET-ийн магадлал эсвэл дундаж утга 10.276 lux, 10.20 lux, 81.14 lux болон 83.76 lux байвал ФT-ийн утга нь тооцоолол C.36-аар тооцоологдоно.

 (C.38)

**А төрлийн тооцоо**

Бид стандарт эргэлзээний тооцоолол u(EAS) болон хамаатай стандарт эргэлзээ u(EAS)/EAS нь нэг параметр нь болж байгаа үед жишээгээр тайлбарлая. А төрлийн тооцоололоор EAS нь

 (C.39)

**Вариаци нь**

 (C.40)

**Стандарт хазайлт нь**

 (C.41)

Стандарт эргэлзээгээр мэдэгдэж байгаа дундажын стандарт хазайлт нь

 (C.42)

Хамаатай стандарт эргэлзээ нь

 (C.43)

Энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь

vi=n-1=10-1=9 (C.44)

Энгийнээр EAT,ES болон ET-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

ба энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь vi=n-1=10-1=9 байна.

 ба энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь vi=n-1=10-1=9 байна.

ба энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь vi=n-1=10-1=9 байна.

**B төрлийн тооцоо**

ФS-ийн утга дахь эргэлзээ нь ±9.12ℓм гэж стандарт лампын шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд өгөгдсөн. Тэгш өнцөгт тархалтаар ФS-ийн утга дахь стандарт эргэлзээ нь

 (C.45)

Энэ тохиолдол дахь чөлөөний зэрэг нь vi=∞

**Хамааралтай стандарт эргэлзээ нь**

 (C.46)

**Нэгдсэн стандарт эргэлзээ нь**

ФT-ийн утгын хамааралтай нэгдсэн эргэлзээний $\frac{u\_{C}\left(Ф\_{T}\right)}{Ф\_{T}}$ утга нь C.37-оор тооцоологдсон.

(C.47)

Иймээс $\frac{u\_{C}\left(Ф\_{T}\right)^{}}{Ф\_{T}^{}}$=2.06\*10-2

Чөлөөний хүчинтэй зэрэг нь

 (C.48)

 (C.49)

 (C.50)

**Өргөтгөсөн эргэлзээ (U) нь**

t тархалтаас 95%-ийн үнэмшлийн төвшинд veff=18.8=19, хамруулах коэффцент к=2 байхад.

**Үр дүнг тайлагнах**

Фт-ийн утга =(1086.6±22.4) ℓм, хамруулах коэффцент к=2.09-тэй өргөтгөсөн эргэлзээнд Фт-ийн утга =(1086.6±46.8) ℓм байна.

**Хүснэгт С.9 Эргэлзээний багцын иж бүрдэл**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эргэлзээний эх үүсвэр (Xi) | Тооцоолол (xi) | Хязгаарууд ±Δxi | Боломжиит тархалт- A болон B-Коэффцент | Стандарт эргэлзээ u(xi) | Мэдрэмжийн коэффцент ci | Эргэлзээний нөлөө ui(y) | Чөлөөний зэрэг (vi) |
| ES | u(ES) |  | Хэвийн -А төрөл-язгуур дор 10 | 1.2\*10-2 | 1.0 | 1.2\*10-2  | 9 |
| ET | u(ET) |  | Хэвийн -А төрөл-язгуур дор 10 | 1.6\*10-2 | 1.0 | 1.6\*10-2  | 9 |
| EAS | u(EAS) |  | Хэвийн -А төрөл-язгуур дор 10 | 5\*10-2 | 1.0 | 5\*10-2  | 9 |
| EAT | u(EAT) |  | Хэвийн -А төрөл-язгуур дор 10 | 1.6\*10-2  | 1.0 | 1.6\*10-2  | 9 |
| ФS | u(ФS) |  | Тэгш өнцөгт-B төрөл | 5.3/М | 1.0 | 5.3 ℓм | ∞ |
| Нэгдсэн эргэлзээнүүд | uc(ФT) |  |  |  |  | 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: О.1оС

К төрлийн термопарын нарийвчлал: ±0.6 оС

Термопар

К төрлийн термопарыг жил бүр шалгалт тохируулгад хамруулдаг. Хамгийн сүүлийн шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд 99% үнэмшлийн түвшинд эргэлзээг ±2.0 оС гэж өгсөн. Термопарын 500 оС дахь залруулга 0.5 оС .

Хэмжил

Банны температурын заалт 500 оС хүрэх үед хагас цаг тогтмолжуулсаны дараа уншилтыг авна.

Хэмжлийн тэгшитгэл:

Т=D+залруулга

Т- 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.

$$u\_{c}=\sqrt{u\_{1}^{2}+u\_{2}^{2}+u\_{3}^{2}}$$

**С.5 1 вольтын хувьсах хүчдлийн хүрээн дэх 6½ 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 6½ оронтой тоон мультметрийг шалгалт тохируулгад хамруулья.

Өндөр тогтмолжилттой AC калибратораар AC 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 парелелль холбогдох ба тэмдэглэгдсэн нановольтметрээр заагдсан цахилгаан хөдөлгөх хүч (emf ex) тэмдэглэж авъя. AC калибраторыг калибровкад хамрагдсан DC калибратороор сольж DММ-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

 (C.62)

VАС нь DММ- ийн 0.500000V –ийн утгыг заах хүчдлийн тооцсон утга, VDC=V++V-/2 нь калибраторын DC тогтмол хүчдлийн 2 туйлын дундаж, δ нь шалгалт тохируулгын давтамж дахь ДХХ-ийн AC/DC шилжүүлэх засварын коэффцент юм. ΔVDC 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 ΔVth 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 1µV-той тэнцүү байна. Тэгэхээр илэрхийлэл нь

 (C.63)

δ\* ΔVDC нь хэтэрхий бага учраас ач холбогдолгүй. Таамаглалаар бол δ-ны утгын өөрчлөлт нь хэтэрхий бага учраас мөн ач холбогдолгүй, DMM-ийн ±1 тоолол нь ± 1 µV 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 коэффцентүүдийн алдааны нөлөө маш бага (≤2-с 3\*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 ±5.8\*10-6 гэж заасан байна. Үйлдвэрлэгчийн үзүүлэлтэд 3 сарын хугацааны тогтворжилт нь 5.0\*10-6 байна гэж заасан.
2. AC/DC шилжүүлэх дулааны шилжүүлэгч дэх залруулгын коэффцеинт нь +0.008% байна. AC/DC шилжүүлэх эргэлзээ нь 95% -ийн үнэмшлийн төвшинд ±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

 (C.64)

Засварлагдаагүй оролтын утгын нэгдсэн стандарт эргэлзээ нь

 (C.65)

Хэмжлийн нийт эргэлзээний бүрэлдэхүүнд доорхи зүйлүүд хамрана.

u1(V)= DC калибраторт ашигласан, шалгалт тохируулгын гэрчилгээнд тэмдэглэгдсэн хүчдлийн эргэлзээ

u2(V)= Тогтворжилтоос үүссэн DC калибраторын эргэлзээ

u3(V)= AC/DC шилжүүлэх эргэлзээ

u4(V)= Холбогдох мэдрэмжийн коэффциент ба давтац (таарц)-аас үүсэх эргэлзээ

 (C.66)

**А төрлийн тооцоо**

DC тогтмол хүчдлийн дундаж = 0.499989V

Стандарт хазайлт= 0.0000005V

Дундажын стандарт хазайлт буюу стандарт эргэлзээ

 (C.67)

**Чөлөөний зэрэг**

vi=5-1=4 (C.68)

**B төрлийн тооцоо**

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

 (C.69)

 Чөлөөний зэрэг = ∞

1. DC калибраторийн үзүүлэлтүүдээс 3 сарын тогтворжилтын эргэлзээ нь а2=±5.0+10-6 зэрэг. Тэгш өнцөгт тархалтаар стандарт эргэлзээ нь:

 (C.70)

Чөлөөний зэрэг = ∞

1. 95%-ийн үнэмшлийн төвшин дэх AC/DC шилжүүлэг нь a3=100\*10-6. Хэвийн тархалттай ба хамруулах коэффцент нь = 1.96.

Стандарт эргэлзээ нь

 (C.71)

Чөлөөний зэрэг = ∞

**Нэгдсэн стандарт эргэлзээ нь**

Энэ тохиолдолд хамгийн их нөлөө үзүүлэх нь =25.5µV байгаа тул

 (C.72)

=25.5+3.04=28.5 µV (C.73)

**Чөлөөний хүч зэрэг (veff)**

 (C.74)

 (C.75)

**Өргөтгөсөн эргэлзээ**

95.45%-ийн үнэмшлийн төвшинд харуулах коэффцент к =2 байхад

 (C.76)

**Хүснэгт С.13 Эргэлзээний багц**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эргэлзээний эх үүсвэр (Xi) | Тооцсон утгууд (xi)V | Хэмжээ ±ΔxiµV | Боломжит тархалт- A болон B-Коэффцент | Стандарт эргэлзээ u(xi)µV | Мэдрэмжийн коэффцент ci | Эргэлзээний нөлөө ui(y)µV | Чөлөөний зэрэг (vi) |
| u1 | 0.5 | 2.9 | Хэвийн-B төрөл-1.96 | 1.48 | 1.0 | 1.48 | ∞ |
| u2 | 0.0 | 2.5 | Тэгш өнцөгт-B төрөл-язгуур дор 3 | 1.44 | 1.0 | 1.44 | ∞ |
| u3 | 0.0 | 50.0 | Хэвийн-B төрөл-1.96 | 25.5 | 1.0 | 25.5 | ∞ |
| Давтамж |  |  | Хэвийн-А төрөл |  |  | 2.23 | 4 |
| uc(VAC) |  |  |  |  |  | 28.5 | ∞ |
| Өргөтгөсөн эргэлзээ |  |  | К=2.0 |  |  | 57 | ∞ |

**Үр дүнг тайлагнах**

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

 (C.77)

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

**Танилцуулга**

Энэ хэмжилд Ойлтын коэффцент 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 коэффцент Кх нь дараахь байдлаар тодорхойлогдоно.

 (C.78)

Энд

Ks= Стандарт мэдрэгчийн баталгаажуулалтын коэффциент

Ds= Сүүлийн баталгаажуулалтаас хойшхи стандарт мэдрэгчийн өөрчлөлт

ΔDC=DC тогтмол хүчдлийн гаралтын харьцаа

δм= алдагдлын харьцаа

δREF=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 коэффценттэй пропорционал хүчдлүүдийн харьцааны нөхцөлд хийгдсэн.

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

**Тохироогүй эргэлзээ**

Эх үүсвэр нь яг тохироогүй болон эх үүсварийн ойлтын коэффцентын 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.

 (C.79)

 (C.80)

Стандарт болон үл мэдэгдэх мэдрэгчүүдийн ГGГS болон ГX-үүд нь эх үүсвэрийн ойлтын коэффцентүүд

Энэ тохиолдолд

50МГц дахь ГG=0.02 ба 18ГГц дахь ГG=0.06 (81)

50МГц дахь ГS=0.02 ба 18ГГц дахь ГS=0.09 (82)

50МГц дахь ГX=0.02 ба 18ГГц дахь ГX=0.10 (83)

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

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

Багажны шугаман эргэлзээ нь 95%-ийн үнэмшлийн төвшинд 2:1-ийн харьцаатай хяналтын бууралтын стандартын эсрэг хэмжилтээс ±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 коэффцентийн утга нь

0.965±0.012

95%-ийн үнэмшлийн төвшинд байна.

**Эргэлзээний тооцоолол**

**А төрлийн эргэлзээ**

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

Дундаж утга нь

 (C.84)

**Хүснэгт С.14 Үл мэдэгдэх хүчний мэдрэгчийн шалгалт тохируулгын коэффциент**

|  |  |
| --- | --- |
| **Дугаар** | **шалгалт тохируулгын коэффцент** |
| 1 | 0.958 |
| 2 | 0.946 |
| 3 | 0.951 |
| 4 | 0.950 |
| 5 | 0.943 |

Туршилтын стандарт хазайлт [s(Kx)]

 (C.85)

u(s)Kx дахь стандарт эргэлзээ

 (C.86)

Чөлөөний зэрэг =5-1=4

**B төрлийн эргэлзээ**

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

 (C.87)

Чөлөөний зэрэг=∞

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

 (C.88)

Чөлөөний зэрэг=∞

1. 50 МГц-ын эталон эх үүсвэрийн тогтворжилтоос хамаарсан эргэлзээ нь ±0.004. Энэ нь тэгш өнцөгт тархалт ба стандарт эргэлзээ u(δREF) юм.

 (C.89)

Чөлөөний зэрэг=∞

1. Багажны шугаман хамаарлаас хамаарсан эргэлзээ нь ±0.001. Энэ нь хэвийн тархалт ба стандарт эргэлзээ u(δDC) юм.

 (C.90)

Чөлөөний зэрэг=∞

1. Тохироогүйгээс хамаарсан эргэлзээ
2. 50 МГц дэх стандарт мэдрэгч = ±0.0008
3. 50 МГц дэх үл мэдэгдэх мэдрэгч = ±0.0008
4. 18 ГГц дэх стандарт мэдрэгч = ±0.0108
5. 18 ГГц дэх үл мэдэгдэх мэдрэгч = ±0.012

 Стандарт эргэлзээний хэв маягтай тохирсон U хэлбэрийн тархалт нь

 (C.91)

 (C.92)

 (C.93)

 (C.94)

**Нэгдсэн стандарт эргэлзээ**

 (C.92)

эсвэл

 (C.93)

**Чөлөөний хүчинтэй зэрэг(veff)**

Вэлч-саттертмэйтэ-ийн томъёоноос (veff) нь тооцоологдсон ба ойролцоогоор 3301 эсвэл ∞ байна.

**Хүснэгт С.15 Эргэлзээний багц**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эргэлзээний эх үүсвэр (Xi) | Тооцоолол (xi) | Хязгаарууд ±Δxi | Боломжит тархалт- A болон B | Стандарт эргэлзээ u(xi) | Мэдрэмжийн коэффцент ci | Эргэлзээний нөлөө ui(y) | Чөлөөний зэрэг (vi) |
| KS | 0.965 | 0.012 | Хэвийн-B төрөл | 0.0061 | 1.0 | 0.0061 | ∞ |
| DS | 0.002 | 0.002 | Тэгш өнцөгт-B төрөл | 0.0012 | 1.0 | 0.0012 | ∞ |
| ΔDC | 1.0 | 0.001 | Хэвийн-B төрөл | 0.0005 | 1.0 | 0.0005 | ∞ |
| ΔREF | 1.0 | 0.004 | Тэгш өнцөгт-B төрөл | 0.0023 | 1.0 | 0.0023 | ∞ |
| 50 МГц дэх тохироогүйГSГX | 0.00.0 | 0.00080.0008 | -U хэлбэрийн-хийх- | 0.000560.00056 | 1.0 | 0.000560.00056 | ∞ |
| 18 ГГц дэх тохироогүйГsГx | 0.00.0 | 0.01080.012 | -хийх--хийх--B төрөл | 0.00760.0085 | 1.0 | 0.00760.0085 | ∞ |
| Давтамж |  |  | Хэвийн-А төрөл-Язгуур дор 5 | 0.0025 | 1.0 | 0.0025 | 4 |
| uC(KX) |  |  |  |  |  | 0.0134 | 3301 |
| Өргөтгөсөн эргэлзээ |  |  | К=1.96 |  |  | 0.0263 | ∞ |

**Өргөтгөсөн эргэлзээ U(Kx)**

U(KX)=0.0134\*2=0.0268≈0.027 (97)

**Үр дүнг тайлагнах**

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

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

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

Удиртгал

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

**Математик загвар**

Тооцоололд ашиглагдаж байгаа математик загвар нь

 (C.98)

Энд

VX= Тоон мультмерийн заасан хүчдэл

VS= Калиборатороос өгсөн хүчдэл

VS=Мультметрийн алдаа

Зарим хялбар таамаглалуудыг дэвшүүлье.

1. Цахилгаан утасны бүрдэл эсвэл холболтууд нь ялихгүй гэж тооцогдсоноос хамаарсан алдаа
2. Бүх оролтын хэмжигдэхүүнүүд нь корреляцид ороогүй

Бидэнд доорхи оролтын утгууд мэдэгдэж байна. Үүнд:

1. Калибратор нь тогтмол 6 сар тутам шалгалт тохируулгад хамрагддаг. 10 V-ийн хамрах хүрээнд үзүүлэлтүүд нь : 99%-ийн үнэмшлийн төвшин дэх ялгах чадвар = 10 µV, (гаралтынутгын 4.5\*10-6+100 µV)

 (C.99)

1. 4¼ тоон мультметрийн үзүүлэлтүүд нь : 100 V-ийн хүрээнд 99%-ийн үнэмшлийн төвшиний эргэлзээтэй ба ялгах чадвар = 10 µV үед заалт 99.99 байсан. ±(уншилтын 10-5 + уншилтын дээд хязгаарын 0.2\* 10-5 )

Ажиглалт

|  |  |
| --- | --- |
| **Калиборатороос 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 калибораторийн өндөр нарийвчлалаас хамаарч байна.

**Нэгдсэн стандарт эргэлзээ**

Корреляцид ороогүй оролтын хэмжигдэхүүнүүдэд нэгдсэн стэндарт эргэлзээ нь

 (C.100)

Нийт хэмжлийн эргэлзээнийн бүрэлдэхүүнүүд нь доорхиос бүрдэнэ.

u1(V)= Калибораторийн гаргасан хүчдлийн эргэлзээ

u2(V)= Мультметрийн санамсаргүй алдаанаас үүсэх эргэлзээ

**Тохирсон мэдрэмжийн коэффцент нь**

 (C.101)

**Эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүдийн тооцоолол**

**А төрлийн тооцоо**

Ижил утгыг заах мультметрын 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 мультметрийн ялгах чадварын алдааг ашиглан B төрлийн эргэлзээгээр авч үзэж болно.

**B төрлийн тооцоо**

1. Калибраториос гаргасан хүчдлийн эргэлзээ нь

 a1=4.5\*10-6ГАРАЛТЫН утга +100 µV

= (4.5\*10+100) µV = 145 µV (C.102)

Хэвийн тархалттай байх үеийн 99 %-ийн үнэмшлийн төвшинд хамруулах коэффцент к =2.58 ба гаргасан хүчдлийн стандарт эргэлзээ нь

 (C.103)

Чөлөөний зэрэг = v1=∞ (C.104)

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

 (C.105)

Тэгш өнцөгт тархалтад мультметрийн ялгах чадвараас эргэлзээнээс хамаарсан стандарт эргэлзээ нь

 (C.106)

Чөлөөний зэрэг = v2=∞ (C.107)

**Нэгдсэн стандарт хазайлт**

 (C.108)

Чөлөөний хүчинтэй зэрэг veff нь v1=∞ болон v2=∞ шиг =∞

**Өргөтгөсөн эргэлзээ**

хамруулах коэффцент к=2 ба 95.45 %-ийн үнэмшлийн төвшинд:

U=kuc(V)=2\*2.89 мV=5.78мV

**Үр дүн**

Үл мэдэгдэх үүрийн хэмжигдсэн хүчдлийн дундаж утга нь 10.01 V±5.78 мV байна.

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

**Хүснэгт C.16 Эргэлзээний багц**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эргэлзээний эх үүсвэр (Xi) | Тооцоолол (xi) | Боломжит тархалт- A болон B | Стандарт эргэлзээ u(xi) | Мэдрэмжийн коэффцент ci | Эргэлзээний нөлөө ui(y) | Чөлөөний зэрэг (vi) |
|  |  |  |  |  |  |  |
| VS | 10.00 V | Хэвийн-B төрөл-2.5 | 56.2 µV | 1.0 | 56.2 µV | ∞ |
| ΔVX | 0.01 V | Тэгш өнцөгт-B төрөл-язгуур дор 3 | 2886.25 µV | 1.0 | 2886.75 µV | ∞ |
| Давтамж |  | Хэвийн-А төрөл | 0 | 0 | 0 | ∞ |
| uc(Vx) |  |  |  |  | 2.89 µV | ∞ |
| Өргөтгөсөн эргэлзээ |  | К=2 |  |  | 5.78 µV | ∞ |

**С 7 10 кг-ийн нэрлэсэн утгатай туухайны шалгалт тохируулга**

**Танилцуулга**

10 кг-ийн нэрлэсэн утгатай, OIML-ийн М1 ангийн туухайны шалгалт тохируулгыг OIML-ийн F2 ангийн ижил нэрлэсэн утгатай туухайтай харьцуулан масс компоратор ашиглан шалгалт тохируулга хийе. Масс компароторийн гүйцэтгэлийн үзүүлэлтийг өмнө нь тодорхойлсон байв.

**Математик модель**

Мэдэгдэхгүй байгаа томъёолсон массыг дараахь томъёогоор олъё.

 mx=ms+ᵟmD+ᵟm+ᵟmc+ᵟA

ms-эталон туухайны томъёолсон масс

ᵟmD- Сүүлчийн шалгалт тохируулгаас хойш гарсан эталон туухайны өөрчлөлт

ᵟm- Эталон болон шалгагдаж байгаа туухайны зөрүү

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

ᵟA- агаар хөвөлтийн залруулга

Корреляцид ороогүй оролтын утгуудын хувьд нийлмэл стандарт эргэлзээ нь:



Өгөгдлүүдийн талаар дэлгэрэнгүй мэдээлэл

* + - 1. Эталон туухайн масс ms: 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-ᵟmD: 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 ᵟmc: ±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**

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 ᵟm= 0,017 мг

Стандарт хазайлтыг цувралаас тогтоовол:

Sp(ᵟm) =0.025 мг

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

Чөлөөний зэрэг = 5-1=4

**В төрлийн үнэлгээ**

Эталон туухайны үалгалт тохируулгын гэрчилгээнээс этолон туухайны өргөтгөсөн эргэлзээ 45 мг хамруулах коэффициент к=2 учраас

u(ms) = $\frac{45}{2} мг=22.5 мг$

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

u(ᵟmD)= $\frac{15}{√3}=8.66 мг $

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

u(ᵟmc)= $\frac{10}{√3} мг=5.77 мг$

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

 u(ᵟA)= $\frac{10}{√3} мг=5.77 мг$

В төрлийн нийт эргэлзээ

$$u\_{b}=\sqrt{22.5^{2}+8.66^{2}+5.77^{2}+5.77^{2} мг^{2}}=25.45 мг $$

 Чөлөөний зэрэг νi= ∞

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

Нийлмэл эргэлзээ

$u\_{c}=\sqrt{u\_{A}^{2}+u\_{B}^{2}=}$27,8 мг

Өргөтгөсөн эргэлзээ

U=kuc(m)=2\*27,8 мг=55,6 мг

**Хүснэгт С.7 Стандарт эргэлзээний бүрэлдэхүүнүүдийн дүн**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эргэлзээний эх үүсвэр (Xi) | Тооцоолол (xi)(МПа) | Хязгаарууд ±Δxi(МПа) | Боломжиит тархалт - A болон B Коэффцент | Стандарт эргэлзээ u(xi)(МПа) | Мэдрэмжийн коэффцент | Эргэлзээний нөлөө ui(y)(МПа) | Чөлөөний зэрэг (vi) |
| **m** s  | 10.000005 kg  | 45 mg | Normal - B төрөл- 2 | 22,5 | 1.0 | 22,5 | ∞ |
| δ**m** d  | 15 мг | 7,5 мг | Тэгш өнцөгт-B төрөл-$\sqrt{3}$ | 8,66 | 1,0 | 8,66 | ∞ |
| ᵟmc | 10 мг | 5 мг | Тэгш өнцөгт-B төрөл-$\sqrt{3}$ | 5,77 | 1,0 | 5,77 | ∞ |
| δ**A**  | 10 мг | 5 мг | Тэгш өнцөгт-B 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 |  |  | К=2.00 |  |  | 55,6 | ∞ |