



МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН
ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

MONGOLIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ПРОФЕССОР, БАГШ НАРЫН ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ

*Монгол улсад эргэлт хүчний салбар үүсч
хөгжсөний 100 жилийн ойд зориулав.*

№22(8)
296

УЛААНБААТАР ХОТ
2022 ОН



**ХӨДӨЛМӨРИЙН ГАВЬЯАНЫ УЛААН ТУГИЙН ОДОНТ
ШИНЖЛЭХ УХААН, ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СУРГУУЛЬ**

**ПРОФЕССОР, БАГШ НАРЫН
ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ
БҮТЭЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ**

*Монгол улсад эрчим хүчний салбар үүсч
хөгжсөний 100 жилийн ойд зориулав.*

№ 22(8)-296

**УЛААНБААТАР ХОТ
2022**

ISSN 1560-8794

ЗӨВЛӨЛИЙН ДАРГА:
ЗӨВЛӨЛИЙН ГИШҮҮД:

Б.БАТ-ЭРДЭНЭ
Д.ҮЛЭМЖ
Д.СОДНОМДОРЖ
Ш.ГАНТӨМӨР
БЯ.БАТ-ЭРДЭНЭ
А.ТҮМЭНБАЯР

Эмхэтгэсэн: Д.Содномдорж
Хэвлэлтэд бэлтгэсэн: Б.Цэрэнлхам

Хуудасны хэмжээ: 23 а4
Бодит хэвлэлийн хуудас: 22,6 хх
Үсгийн ганитур: Times New Roman

ШУТИС-ийн Хэвлэлийн газарт хэвлэв.

Улаанбаатар хот
2022 он

ГАРЧИГ

I. ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧ

1.	ОЛОН УЛСЫН ЦАХИЛГААН ТЕХНИКИЙН КОМИССЫН СТАНДАРТАД НИЙЦСЭН ЭНЕРГИЙН СЭРГЭЭГДЭХ ЭХ ҮҮСВЭРҮҮДИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ГЭРЧИЛГЭЭЖҮҮЛЭЛТ <i>Д.Содномдорж</i>	5
2.	ОРЧИН ҮЕИЙН НӨХЦӨЛД ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ ШУГАМЫН ГҮЙДЛИЙН ЭДИЙН ЗАСГИЙН НЯГТЫН ҮНЭЛГЭЭ <i>Д.Содномдорж, Б.Даидаваа, Б.Пүрэвсүрэн</i>	12
3.	ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ АГААРЫН ШУГАМЫН ОГТЛОЛЫГ СОНГОХ АРГАЧЛАЛ БОЛОВСРУУЛАХ <i>Д.Содномдорж, Б.Даидаваа, Б.Пүрэвсүрэн</i>	19
4.	110-220 кВ-ЫН ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮР АШГИЙН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН <i>Д.Содномдорж, Б.Даидаваа</i>	24
5.	6/10/35 кВ-ЫН ХУВААРИЛАХ ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮР АШГИЙН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН <i>Д.Содномдорж, Б.Даидаваа</i>	29
6.	УЛААНБААТАРЫН УХААЛАГ ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНИЙ ЗАГВАР БОЛОВСРУУЛАХ <i>Ж.Нандагсамба, Д.Содномдорж, Ш.Гантөмөр</i>	33
7.	ТАЯННУУР УУРХАЙН ЧАДЛЫН ИТГЭЛЦҮҮРИЙГ ДЭЭШЛҮҮЛЖ, ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХЭМНЭСЭН ҮР ДҮН <i>Ж.Нандагсамба, Д.Содномдорж, Ш.Гантөмөр</i>	39
8.	ЦАХИЛГААН СИСТЕМИЙН ГОРИМЫН ТООЦООНЫ ЧАДЛЫН БАЛАНСЫН ЗАГВАРЫН СУДАЛГАА <i>Ш.Гантөмөр, Ж.Нандагсамба, Н.Мөнгөнхөлөгт, Б.Мөнхтогтох</i>	42
9.	ХУВААРИЛАХ СҮЛЖЭЭНИЙ ТОГТСОН ГОРИМЫН ТООЦООНЫ ЗАГВАРЧЛАЛ, ПРОГРАММ ХАНГАМЖ БОЛОВСРУУЛАХ АСУУДАЛД <i>Ш.Гантөмөр, Ж.Нандагсамба, Н.Ихзориг, Д.Мөнгөнсувд</i>	47
10.	ДОРНОГОВИЙН НАРНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ҮР АШГИЙГ НАРНЫ ЦАЦРАГ ОЙЛЛОГЧ ТОЛЬ СУУРИЛУУЛАХ АРГААР ДЭЭШЛҮҮЛЭХ СУДАЛГАА <i>Ш.Гантөмөр, Д.Одхүү, Б.Батцэцэг</i>	50
11.	МОНГОЛ УЛСЫН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМИЙН ХЯНАЛТ, МЭДЭЭЛЛИЙН СИСТЕМИЙН ШИНЭЧЛЭЛТ <i>Ш.Гантөмөр, Г.Мөнхбат</i>	54
12.	35 кВ-ЫН ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ ШУГАМЫН МЕХАНИК ДААЦЫН ТООЦОО, ҮР ДҮН <i>Ш.Гантөмөр, Н.Ихзориг</i>	61
13.	НАМ ХҮЧДЛИЙН СҮЛЖЭЭНИЙ ЭРЧМИЙН АЛДАГДЛЫН ТООЦООНД НЭМЭЛТ ПАРАМЕТРИЙГ ТООЦОХ АРГАЧЛАЛ <i>Ш.Гантөмөр, Н.Ихзориг</i>	64
14.	УЛААНГОМ ХОТЫГ СЭРГЭЭГДЭХ ЭРЧИМ ХҮЧЭЭР ХАНГАХ СУДАЛГАА <i>Ш.Гантөмөр, Б.Цэрэнлхам</i>	68
15.	МОНГОЛ УЛС ДАХЬ ЦУСНЫ САЛБАР ТӨВҮҮДИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖҮҮДИЙН ХЯНАЛТЫН СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА <i>Д.Пүрэвдаш, Ц.Энхмэнд</i>	72
16.	РЕНТГЕН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖҮҮДИЙН ПАРАМЕТРИЙН СУДАЛГАА <i>Д.Пүрэвдаш, Н.Буянбадрах, О.Ялалт</i>	77
17.	ХҮРЭЭЛЭН БУЙ ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН БОХИРДОЛ БА ЭРҮҮЛ МЭНДЭД ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨ <i>М.Баттулга, Ө.Нарангарав</i>	83
18.	ӨВЧТӨНИЙ ХЯНАЛТЫН МОНИТОРУУДЫН ПАРАМЕТРУУДИЙН СУДАЛГАА <i>Д.Пүрэвдаш, Ц.Ууганбат, О.Ялалт</i>	90
19.	ЭМИЙН ҮЙЛДВЭРИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ХЭВИЙН ҮЙЛ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ АСУУДАЛ <i>Д.Пүрэвдаш, Л.Чинзориг, О.Ялалт</i>	94

20. КОМПЬЮТЕРТ ТОМОГРАФ АППАРАТЫН ЗУРГИЙН ЧАНАРТ НӨЛӨӨЛӨХ ПАРАМЕТРУУДИЙГ СТАНДАРТ ПАНТОМ АШИГЛАН ТУРШСАН ДҮН
О.Ялалт, Д.Пурэвдаш 98
21. COVID-19-ИЙН ОНОШИЛГООНД АШИГЛАГДАЖ БУЙ КОМПЬЮТЕРТ ТОМОГРАФ АППАРАТ БАЙРЛАХ ӨРӨӨНИЙ АГААРЫГ ХАЛДВАРГҮЙЖҮҮЛЭХ АРГУУДЫН ҮР ДҮНГ ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА
О.Ялалт, Д.Булгансүрэн 104
22. “110 кВ-ын ЦДАШ-д ГАРСАН ТАСРАЛТУУД, ГЭМТЛИЙН БАЙРЛАЛ ТОДОРХОЙЛОХ АРГЫН НАРИЙВЧЛАЛЫГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ”
Ө.Баярмаа, Ж.Арслан 108
23. ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМИЙН ТОГТВОРЖИЛТ ХАНГАХ АВТОМАТИКИЙН ТУРШИЛТ, СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН
Б.Бат-Эрдэнэ, М.Баттулга, Н.Буян-Өлзий 113

II. ДУЛААНЫ ЭРЧИМ ХҮЧ

1. ЭКСЕРГИ, СИСТЕМИЙН ЭКСЕРГИ-ЭДИЙН ЗАСГИЙН ШИНЖИЛГЭЭ БА ТҮҮНИЙГ ТҮЛШ-ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ОБЪЕКТЫН ХӨГЖЛИЙН ТӨСӨӨЛӨЛ, ОНОВЧТОЙ ХУВИЛБАРЫН СОНГОЛТОНД ХЭРЭГЛЭХ
С.Батмөнх 118
2. ДЦС, ДС-ЫН ЗУУХНЫ ӨӨРЧЛӨЛТ, ШИНЭЧЛЭЛТИЙН ЗАРИМ ҮР ДҮН
Ж.Цэен-Ойдов, С.Батмөнх 125
3. ДАГНАСАН ДУЛААН ХАНГАМЖИНД ДУЛААНЫ ХУРИМТЛУУРТ ЦАХИЛГААН ХАЛААГУУР ХЭРЭГЛЭХ ТУРШИЛТЫН ЗАРИМ ҮР ДҮНГЭЭС
Ж.Цэен-Ойдов, А.Түмэнбаяр, Д.Үлэмж, Б.Баттөр, Ц.Амартувшин 133
4. ОЮУ ТОЛГОЙН ДУЛААНЫ СТАНЦЫН QXF29-2.5/130/70-М МАЯГИЙН УС ХАЛААХ ЗУУХНЫ ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮНГЭЭС
Ж.Цэен-Ойдов, Б.Батсүх-Очир, Б.Жавхлант 140
5. ДУЛААНЫ ШУГАМЫН ДУЛААНЫ АЛДАГДЛЫГ ДУЛААНЫ КАМЕР БҮХИЙ ДРОНООР ХЭМЖИХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА
Д.Цэрэндолгор, Э.Чанцалдулам 145
6. ТӨВЛӨРСӨН ДУЛААН ХАНГАМЖИЙН СИСТЕМД БАРИЛГА БАЙГУУЛАМЖИЙГ ХОЛБОХ, АШИГЛАЛТЫН НАЙДВАРТАЙ, АЮУЛГҮЙ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ АСУУДАЛД
Д.Цэрэндолгор, Э.Чинзориг 150
7. ЭРДЭНЭТ ДЦС-ЫН БКЗ-75-39 ФБ МАЯГИЙН ЗУУХНЫ ТУРШИЛТ, СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН
Д.Анударь, Д.Даваацэрэн 154
8. ЗУУХНЫ АВТОМАТ ТОХИРУУЛГЫН СИСТЕМД ОЛОН ХУВЬСАГЧТАЙ ПИД КОНТРОЛЛЕР АШИГЛАХ ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА
Б.Батзориг, Д.Үлэмж 159
9. МОНГОЛ БЭЛЧЭЭРИЙН ХОНИНЫ МАХНЫ ХӨЛДӨӨЛТИЙН ҮЕИЙН ДУЛААНФИЗИКИЙН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА
М.Оюун-Эрдэнэ 164
10. POSSIBILITIES OF HEAT ENERGY RECOVERY FROM GREYWATER SYSTEMS
М.Оюун-Erdene 168
11. CALCULATION OF MONGOLIAN LAMB MEAT FREEZING TIMES AND SHRINKAGE CRACKS
М.Оюун-Erdene 173
12. УДИРДЛАГЫН ТАРХМАЛ ХУВААРИЛАГДСАН CENTUM VP СИСТЕМ, ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ҮЙЛДВЭРИЙН ТОНОГЛОЛЫН УДИРДЛАГА
Х.Цолмон 177

ОЛОН УЛСЫН ЦАХИЛГААН ТЕХНИКИЙН КОМИССЫН СТАНДАРТАД НИЙЦСЭН ЭНЕРГИЙН СЭРГЭЭГДЭХ ЭХ ҮҮСВЭРҮҮДИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ГЭРЧИЛГЭЭЖҮҮЛЭЛТ

Д.Содномдорж

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
sodnomd@must.edu.mn

Хураангуй

Энэхүү өгүүлэлд олон улсын гэрчилгээжүүлэлтийн IECRE систем дэх олон улсын цахилгаан техникийн комисс (ОУЦТК)-ын стандартын шаардлагуудад энергийн сэргээгдэх эх үүсвэрүүдийн тоног төхөөрөмжийн нийцэлтийн нотолгооны асуудлаар ОУЦТК-ын үйл ажиллагааны талаар авч үзсэн болно. Сэргээгдэх эрчим хүчний хөгжлийн дэлхийн чиг хандлага ба түүний цахилгаан хангамжийг системийн үйл ажиллагаанд нөлөөллийн ерөнхий дүгнэлт өгч ЭСЭҮ-үүдийн тоног төхөөрөмжийн гэрчилгээжүүлэлтийн дүн шинжилгээг хийсэн юм.

Түлхүүр үг: энергийн сэргээгдэх эх үүсвэрүүд, гэрчилгээжүүлэлт, нийцэлтийн нотолгоо, стандарт

I. УДИРТГАЛ

Өнөө үед дэлхийн олон улс орнуудад эрчим хүч энергийн сэргээгдэх эх үүсвэрүүд (ЭСЭҮ)-ийн үндсэн дээр эрчимтэй хөгжиж байна. Зарим улсад түүний хөгжил эрчим хүчний өөрийн нөөц баялгийн дутагдалтай холбоотой эрчим хүчний аюулгүй байдлын түвшинг дээшлүүлэх тэмүүлэлтэй байна. Үүнтэй уялдаад улс орнуудын эрчим хүчний салбарт ЭСЭҮ-ийн өргөн нэвтрэлт нь хүлэмжийн хийг багасгах ба энэ асуудлаар олон улсын хүлээсэн үүргийн биелэлтэд чиглэгдэж байна.

ЭСЭҮ-үүдийн өргөн хэрэглээний хэтийн төлөв технологийн үсрэнгүй хөгжил болон дэлхийн эрчим хүчний ерөнхий зах зээл дээр тийм технологийн өрсөлдөх давуу талыг бий болгох шинэ инновацын шийдэлтэй холбоотой юм. Энэхүү нөхцөл байдал эхний ээлжинд нийгмийн цэцэглэн мандалт ба эрчимтэй хөгжлийн сонирхолд нийцсэн ирээдүйн эрчим хүчний хөгжлийн чиг хандлагын хүрээнд тогтвортой зөрчлийг бий болгоход хүргэдэг.

Эрчим хүчний салбарт хөгжиж буй шинэ технологийн хувь нэмэр олон хүчин зүйлтэй гэдэг нь тодорхой юм. Тухайлбал, ЭСЭҮ-үүдийн өргөн хэрэглээнээс гадна эрчим хүчин дэх нааштай чиг хандлагад эрчим хүчний өндөр үр ашгийг хангасан технологиуд нөлөө үзүүлэх болно. Манай орны эдийн засгийн хувьд эрчим хүчний үр ашиг нь шинжээчид эрчим хүчний нөөц баялаг байдлаар олонтоо авч үздэг маш хурцадмал асуудал гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй. Энд бас янз бүрийн нэвтрүүлэгээр эрчим хүчний үр ашгийг дээшлүүлэхийг хангах технологиудын нэвтрүүлэлт хүлэмжийн хийг 30 хувиас илүүтэйгээр багасгах чадвартай гэдгийг нэмэх хэрэгтэй.

Эдгээр процессууд эрчим хүчинд тодорхой бүтцийн өөрчлөлт шинэчлэлтэд хүргэдэг.

Нийтийн хэрэглээний цахилгаан хангамжийн системд ЭСЭҮ-үүдийн ойргон нягтрал бүх системийн үйл ажиллагааны нөхцөлд болон ЭСЭҮ-үүдийн объектуудад улам их чухал нөлөө үзүүлдэг. ЭСЭҮ-ийн объектуудын үйлдвэрлэлийн байгалийн өгөгдлүүд ба цаг уурын нөхцөлүүдээс хамаарал, хэрэглэгчдийн цахилгаан тоног төхөөрөмжүүд болон хуваарилах шугам сүлжээний удирдлагын шинж төлөвийг өөрчилдөг хурдан өөрчлөгдөх горимуудад уламжлалт эрчим хүчний объектуудын зүгээс шуурхай үйлчлэлийн зайлшгүй байдал, ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээр цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийг гадаад цахилгаан шугам сүлжээний цочролуудаас илүү өндөр хамгаалагдсан байдал нь цахилгаан эрчим хүчний системийн бүтцэд ажиллах үед ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээрх тоног төхөөрөмжүүдэд тавигдах шаардлагуудын нарийн дүрэм журмыг шаарддаг.

Энэхүү чиглэлийн дүрэм журмыг гадаад орнуудын практикт тоног төхөөрөмжийн тодорхой групптэй уялдуулан ОУЦТК-ын олон улсын харгалзах стандартуудыг боловсруулах замаар гүйцэтгэдэг [1]. Стандартуудын боловсруулалтыг ОУЦТК-ын нэгдсэн журмын үндсэн дээр ОУЦТК-ын бүх сонирхогч гишүүн орнуудын мэргэжилтэн, шинжээчдийг татан оролцуулах замаар гүйцэтгэдэг. Цаашид эдгээр стандартуудын хэрэглээг тухайн улсын үндэсний хууль тогтоолтой тохируулан гүйцэтгэнэ.

ОУЦТК-ын боловсруулсан стандартууд олон улсын түвшинд нийцэх нотолгоо болохын тулд идэвхтэй хэрэглэгддэг. Улмаар ОУЦТК-ын гэрчилгээжүүлэлтийн олон улсын системийн янз бүрийн гишүүн орнуудад нийцэлтийн нотолгооны ажлын үр дүнгүүдийг хүлээн зөвшөөрснөөр хангагддаг [2].

Энэ хандлага дээр дурдсан асуудлуудын шийдэлд дэмжлэг үзүүлэхийн зэрэгцээ системийн янз бүрийн гишүүн орнуудад үндэсний зах зээлд гаргах ба нийлүүлэхэд нийцэлтийн нотолгоонд үйлдвэрлэгчдийн зардлыг маш их багасгах боломж олгодог байна. Энэ үед сонирхогч орнууд гэрчилгээжүүлэлтийн олон улсын системд сайн дураараа нэгдэн орох ба тэдэнтэй ажиллаж болно.

II. ДЭЛХИЙН СЭРГЭЭГДЭХ ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХӨГЖЛИЙН ЧИГЛЭЛҮҮД

Дэлхийд нар, салхи болон усны урсгалын энергийг ашиглахад түшиглэсэн ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээр энергийн үйлдвэрлэлийн технологиуд арай илүү өргөн тархалтыг олж байна. Усны эрчим хүчийг хууль ёсоор аль эрт уламжлалт, бусад хэлбэрүүдийг өрсөлдөгч гэж нэрлэдэг. Усны эрчим хүч өндөр хөгжилтэй орнуудад болон дэлхийн хэмжээнд цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн бүтцэд олон жилийн турш ихээхэн хувь нэмэр оруулж байна. Үүнээс гадна энэ эрчим хүч нь цахилгаан энергийн гадаадад гаргах хүчин чадлын биелэлтийн, эрчим хүчний системийн ачааллын графикийн үр ашигтай тохируулгын ба энерги багтаамжтай үйлдвэрийн хэрэглэгчдийн цахилгаан хангамжийн болон томоохон үйлдвэрлэлийн хөгжлийн драйверуудын нэг болж байна. Мөн энэ үед дэлхийн хэмжээнд хамгийн их сонирхлыг, хэрэглэгчдийн талын хэрэглээний боломжтой байдал, өргөн хүрээ, илүү өндөр уян хатан чанартай уялдаад нар, салхины энергийн үндсэн дээрх үйлдвэрлэл илүү ихээр татаж байна.

Жил бүр ЭСЭҮ-үүдийн өгөгдлүүдийн үндсэн дээр олон тооны эх үүсвэрүүд ашиглалтад орж тэдгээрийн үйлдвэрлэлийн хэмжээ нэлээд олон орнуудын хувьд уламжлалт үйлдвэрлэлийн оруулж буй хэмжээнээс давж байна. Энд эрчим хүч нь зураг төсөл зохиогчдын урьтал болгож байдаг ашиглалтын хугацаа ихтэй төхөөрөмжүүдийн хувьд хангалттай эрч хүчтэй салбар гэдгийг ойлгох хэрэгтэй юм. Ийм учраас нэг хэсэг технологийг өөр технологиор орлуулалт алгуур явагдаж, хугацааны ихээхэн завсрыг шаарддаг. Иймд ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээр ашиглалтад орж буй төхөөрөмжүүд эрчим хүчний системд холбогдож тэдэнд тавигдах шаардлагууд тогтоосон хэмжээнд нормчлогдох ёстой. Тэдгээрийн холболт болон ашиглалт хэвийн бус ажиллагаанд буюу тэр тусмаа цахилгаан хангамжийн системийг тасалдуулахад хүргэж болохгүй.

Тоног төхөөрөмжүүд эрчим хүчний системийн талаас (ойрын богино залгаа, давтамж гэх мэт) цочролын сөрөг нөлөөнөөс хамгаалагдсан байх ёстой. Ийм учраас ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээр тоног төхөөрөмжид тавигдах шаардлагуудыг боловсруулж оруулах асуудал хөгжингүй эдийн засагтай орнуудад нэн тэргүүний чухал алхам

байдаг. Мөн түүнчлэн далайн энергийг ашиглах, газрын гүний эрчим хүч, нарны энергийн хэрэглээний бааз дээрх чухал технологиуд, мөн биотүлшний үйлдвэрлэл ба тэдгээрийн үндсэн дээр энерги гарган авах технологиудыг тэмдэглэх хэрэгтэй. Хангалттай өндөр экологийн үзүүлэлтүүдийн улмаас байгалийн хийн дээр суурилсан энергийн үйлдвэрлэлийн жил бүрийн өсөлт мэдэгдэхүйц ажиглагдаж байна.

Дэлхийн сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээний өсөлтийн үндсэн хөдөлгөгч хүчнүүдэд дараах хүчин зүйлүүд үйлчилж байна [1].

1. *Малтмал түлшний хамаарлын бууралт.* Энэ хандлага малтмал түлшний хэмжээ их хэмжээний хязгаарлагдмал орнуудын хувьд төдийгүй манай орны хувьд ч энэ түлшний олборлолтоос хэрэглээ хүртэлх хүндрэлтэй логистик тээвэрлэлтийн улмаас чухал юм.

2. *Хүлэмжийн хийн хаягдлын бууралт.* Олон улсын хамтын ажиллагааны ба эхний ээлжинд хэрэглээ маш их боловч түүний үр ашиг харьцангуй доогуур байдаг дэлхийн эдийн засгийн илүү чухал уриалгуудын нэг болж байна. Өнөө үед энэ чиглэлээр олон улсын хэд хэдэн баримт бичиг ба үүсгэл санаачилгууд, жишээ нь Киотын протокол [3] хэрэгжиж байна. Эдгээр баримт бичгүүдэд хэрэглэгдэж буй хандлага ба механизмууд ямагт үр ашигтай бөгөөд бодитой биш гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй юм. Энд олон улс орнуудын сүүлийн жилүүдэд эрчим хүчний секторын хаягдлуудын багасгасан тоон үзүүлэлтүүдийг дурдаж болно [4].

3. *Төрийн болон зах зээлийн урамшуулалт.* Дээр дурдсан сөрөг хүчин зүйлүүд ихээхэн нийгмийн шинж чанартай байдагтай уялдаад төрөөс үндэсний болон олон улсын түвшинд эдгээр сөрөг нөлөөллийг багасгах урамшууллын механизмыг дэвшүүлж байна. Энэ процессын оролцогчдод үзүүлэх үндсэн механизмууд нь илүү экологийн цэвэр шийдлүүдийн өргөн хэрэглээний тусын тулд санал болгож буй хамгийн хямд төсөр технологиуд, зах зээлийн ёс горимын хяналт ба төрийн тэтгэмж тусламж байдаг.

Эрчим хүчинд ЭСЭҮ-үүдийн технологиудын хэрэглээ нь улс орнуудын засгийн газраас авч хэрэгжүүлж буй зайлшгүй арга хэмжээ төдийгүй мөн тэдгээрийг эдийн засгийн ба технологийн үр ашигтай, ирээдүйд өрсөлдөх чадвартай болгож уламжлалт эрчим хүчний өмнө хэд хэдэн давуу талуудтай байдаг. Энэ чиглэлийн хөгжил тоног төхөөрөмжийн эдэлгээний чанар, найдвартай ажиллагаа, үйлдвэрлэлийн бүтээмж, технологийг дээшлүүлэх ба хөрөнгө оруулалтыг ихэсгэхэд хүргэдэг байна. Нөгөө талаас зардлыг багасгахад дэмжлэг үзүүлж, ухаалаг шугам сүлжээ (Smart Grid)-ний технологийг нэвтрүүлэх боломж олгож, зураг төслийн боломжтой байдлыг өргөтгөж, шийдлийн хайлтыг хялбарчилж, тухайн салбарт сургалтын программуудыг хөгжүүлдэг.

Энэ технологиудын зэрэгцээ ба тодорхой нөхцөл байдал ба тэдгээрийн хурдан өсөлтөд саад тотгор болох зүйлүүд байдаг. Өнөөдөр ийм үндсэн саад тотгоруудад бараг бүх шинэ технологиудад хамаатай өндөр өртөг, зах зээл дээр хангалттай хэмжээгээр бэхжиж чадаагүй байдал юм. Нөгөө талаас техникийн шинэлэг байдлын улмаас технологийг гүйцэд боловсрогдоогүйтэй холбоотой зүйлүүд өөрөөр хэлбэл хэрэглэгдэж буй техникийн шийдлүүд хэрэглээний хангалттай туршлага байхгүй ба эдэлгээний чанар болон найдвартай байдлын хангалттай түвшинд хүрээгүй байдаг.

Ирээдүйд боловсон хүчний асуудал ч гарч болно. Учир нь орчин үеийн технологийн нэвтрэлт нь боловсруулагчдаас эхлээд суурилуулах хүртэл шинэ мэргэжилтнүүдийг шаарддаг бөгөөд их дээд сургуулиудаар тусгайлан бэлтгэгдсэн янз бүрийн мэргэжлийн хүмүүс шаардагддаг. Энэ асуултад хариулахын тулд сургалтын програмууд ба мэргэжлийн стандартуудыг хянаж өргөжүүлэх шаардлага гардаг.

Хамгийн чухал асуудал нь эрчим хүчний системийн бүтцэд ажиллах цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх шинэ объектуудын үйл ажиллагаа байдаг. Бие даасан байдлаар ажиллах сайн тодорхойломжтой тоног төхөөрөмжүүд эрчим хүчний системийн бүтцэд ажиллахад ямар ч боломжгүй байж болно. Энэ асуудал ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээр үйлдвэрлэлийн нийт хувь 15-20 хувь болох үед тоног төхөөрөмжүүдийн тоо хэмжээний өсөлттэй холбоотойгоор илт бий болдог байна.

Технологийн шинэлэг байдлын улмаас эрчим хүчний системийн бүтцэд ажиллах асуудалд шинэ тоног төхөөрөмжүүдийн өөр хооронд болон өмнөх үеийн төхөөрөмжүүдтэй нийцэлтийн асуудал гардаг. Хэдийгээр стандартчилал үйл ажиллагааны илүү хуучныг баримтлах хэлбэр байдлаар шинэ төхөөрөмжүүдийн нийцэлтийн шаардлагатай түвшинг хангах шийдлийг боловсруулж амждаггүй байна.

ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээрх тоног төхөөрөмжийн үйлдвэрлэлийн шинж чанар бүс нутгийн уур амьсгал ба цаг уурын нөхцөлөөс ихээхэн хамааралтай юм. Энэ асуудал хэтдээ энергийн хуримтлалын систем, уян хатан цахилгаан шугам сүлжээний технологи, энергийн интернэт болон удирдлагын эрэлт хэрэгцээний системийн тусламжтайгаар шийдэгдэх ба авч үзэж буй технологиудын нэвтрэлтийн үе шатанд тэдгээрийн ерөнхий цахилгаан шугам сүлжээнээс тусгаарлагдсан ажиллагаа олон талын хүндрэлтэй болно.

Нэлээд чухал хүчин зүйл нь экологид үзүүлэх үйлчлэл ба сэргээгдэх эрчим хүчний эрчимтэй

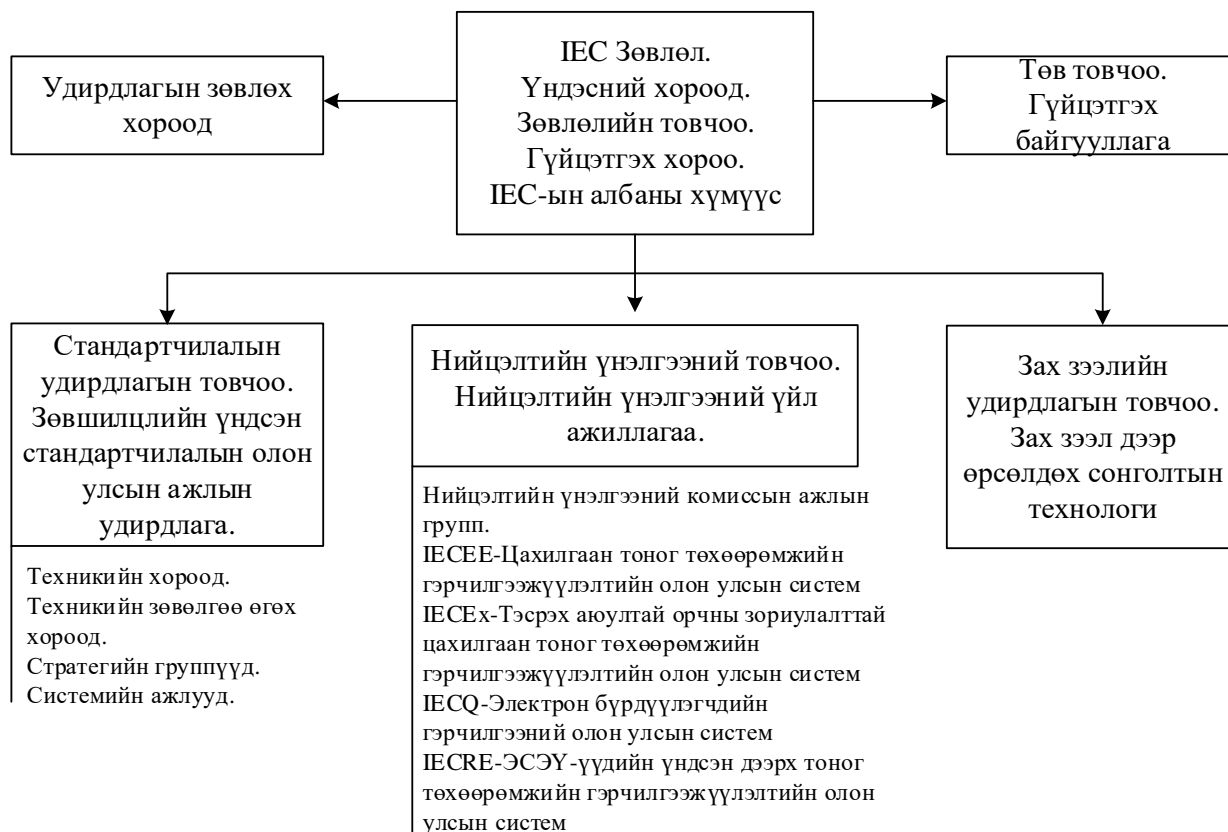
хөгжлийн үед нийгмийн байр суурь болон түүний шинэ технологийн хэвшлийн төлөвшилд өсөн нэмэгдэж буй үүрэг функц байдаг [5, 6]. ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээрх тоног төхөөрөмжүүдийн тодорхой хэлбэрүүдийн хувьд тэдгээрийн хэрэглээний экологийн үр ашиг, ач тус маргаантай бөгөөд нэлээд тохиолдолд энэхүү технологийн хөгжилд хориг тавихад ашигтайгаар олон нийтийн санал бодлыг зайлуулахад хүргэж болно. ЭСЭҮ-үүдийн үйлдвэрлэл, суурилуулалт, үйлчилгээ, засварыг оруулж хэдийгээр гагцхүү түүний үйлдвэрлэлд байгаа сайн талыг авч үзэхгүйгээр тоног төхөөрөмжийн бүх амьдралын циклийг тооцон экологийн бүрдүүлэгчийн илүү бүрэн үнэлгээг бүр илүү ихээр шаардаж байна.

III. ОЛОН УЛСЫН ТҮВШИНД ЭСЭҮ-ҮҮДИЙН ҮНДСЭН ДЭЭРХ ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН СТАНДАРТЧИЛАЛ

Олон улсын түвшинд ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээрх тоног төхөөрөмжийн стандартчилал ба нийцэлтийн нотолгооны асуудлуудаар ОУЦТК ажилладаг. Түүний ажлын хүрээнд усны эрчим хүчний зэрэгцээ салхины эрчим хүч, нарны эрчим хүч болон далайн энергийн талаар онцгойлон тэмдэглэсэн байна. ОУЦТК зөвхөн стандартчиллын асуудлуудаар хязгаарладаггүй байна. Энд ажлын группүүд болон хороод тэргүүний технологийн илүү үр дүнтэй нэвтрэлтэд тодорхой нөхцөлд бий болгож байна [7]. Энэхүү үйл ажиллагаа “цахилгаан технологи” гэдэг ерөнхий нэрийн дор бүх цахилгаан, электрон болон үйлдвэрлэлийн холбоотой технологиудын стандартчилал ба нийцэлтийн нотолгооны механизмуудаар дамжуулан дэлхийн зах зээлийн дэмжлэгийг хангах ОУЦТК-ын үндсэн зорилготой уялдан гүйцэтгэдэг [8]. ОУЦТК-ын ерөнхий зохион байгуулалтын схемийг зураг-1 дээр харуулав.

ОУЦТК-т гурван техникийн мэргэжлийн хороо (ТХ) байгуулагдан үйл ажиллагаа явуулж байна: ТХ82 “нарны фотоцахилгаан систем”, ТХ88 “нарны эрчим хүчний систем”, ТХ114 “далайн энерги”. Стандартуудын сан, оролцогчдын талаарх ерөнхий мэдээлэл болон бүтцийг зураг-2 дээр үзүүлэв.

Тэдгээрийн үйл ажиллагааны хүрээнд бүх мэргэжлийн чиглэлүүд, мөн түүнчлэн ОУЦТК-ын бусад ТХ-дын харилцан үйлчлэлийг хангах арай нийтлэг хэрэглээтэй стандартчиллын тодорхой объектуудыг хариуцсан хороод ордог. Арай чухал үйлдвэрлэлийн холбоотой чиглэлүүд нь эргэлдэгч цахилгаан машин, хүчний электроник, энергийн хуримтлуурын систем, хэмжилтийн аппарат, автоматжуулалт, телемеханик ба бусад.



Зураг 1. ОУЦТК-ын зохион байгуулалтын бүтэц [2].

ЭСЭҮ-үүдийн хүрээнд ОУЦТК-ын ТХ-нууд цахилгаан энергийн үйлдвэрлэл, хувиргалт ба хуваарилалтын зайлшгүй шаардлагатай төхөөрөмжүүд болон сэргээгдэх эрчим хүчний төхөөрөмжүүдийн тэргүүний ололт амжилтуудыг холбосон талбар болно. ЭСЭҮ-үүдийн хүрээнд ОУЦТК-ын техникийн хороодын бүрэлдэхүүн нь техникийн хороодын ажлын ерөнхий горим журмаас үндэслэсэн ОУЦТК-ын гишүүн орнуудын төлөөлөгчид (шинжээчид)-өөс бүрддэг.

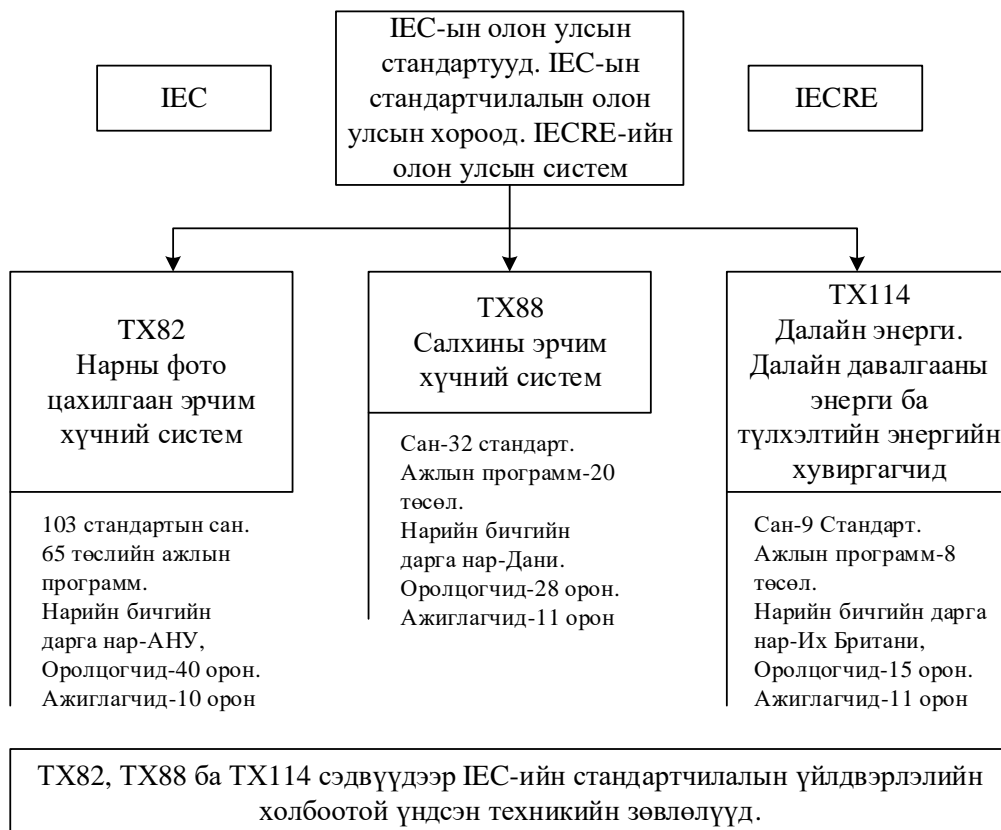
Эдгээр чиглэлүүдийн чухал шаардлагын талаар 40 гаруй орон (ОУЦТК-ын 83 гишүүн орнуудаас) эдгээр техникийн хороодын ажилд идэвхтэй оролцож өөрсдийн тэргүүн туршлагыг дэвшүүлэн техникийн шийдлүүдийг гаргадаг гэдэг баримт гэрчилж байна.

Дэлхийд ОУЦТК-ын стандартуудыг боловсруулах журам горим ба маргаантай талбарууд нь зөвшилцлийг хангах асуудлуудын тэргүүний механизмуудын нэг байдаг. ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээрх тоног төхөөрөмжид тавигдах ОУЦТК-ын стандартуудын шаардлагууд нь өөртөө инновацын чанар ба техникийн шийдлүүдийг зохицуулан хослуулдаг. ОУЦТК-ын

стандартуудын хэрэглээний механизмууд стандартын шаардлагаас тодорхой хэмжээгээр хазайх боломж олгодог. Ингэснээр тухайн салбарт ОУЦТК-ын стандартуудын хэрэглээг шинэ төхөөрөмжийг хэрэглэхийн тулд хэм хэмжээт техникийн баазыг байгуулах үндэс болгодог.

Өнөөдрийн байдлаар ОУЦТК-т ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээрх тоног төхөөрөмжүүдийн 144 стандарт боловсруулагдсан ба мөн 93 бичиг баримт боловсруулагдаж байна (Зураг 2). Өгөгдсөн хүрээнд ОУЦТК-ын стандартууд нь зураг төсөл зохиох, суурилуулах, гэрчилгээ, туршилт, ашиглалт болон бусад зүйлүүдийг багтаасан бүх үе шатанд тоног төхөөрөмжүүдэд тавигдах шаардлагуудын бүрэн цогцыг тогтоодог.

Нийцэлтийн нотолгооны хэсэгт гэхэд ОУЦТК-т одоогоор ОУЦТК-ын стандартуудын шаардлагад нийцсэн төхөөрөмжийн гэрчилгээний дөрвөн системийн ажлыг зохицуулдаг тусгай аппарат (нийцэлтийн нотолгооны товчоо) ажиллаж байна. Тийм системийн нэг бол энергийн сэргээгдэх эх үүсвэрүүдийн үндсэн дээрх төхөөрөмжийн нийцэлтийн нотолгооны олон улсын систем IECRE юм.



Зураг 2. ЭСЭҮ-үүдийн хүрээнд ОУЦТК-ын техникийн хороодын стандартчиллын сангийн талаарх оролцогчид ба мэдээллүүд, бүтэц

IV. НИЙЦЭЛТИЙН НОТОЛГООНЫ ОЛОН УЛСЫН СИСТЕМ IECRE

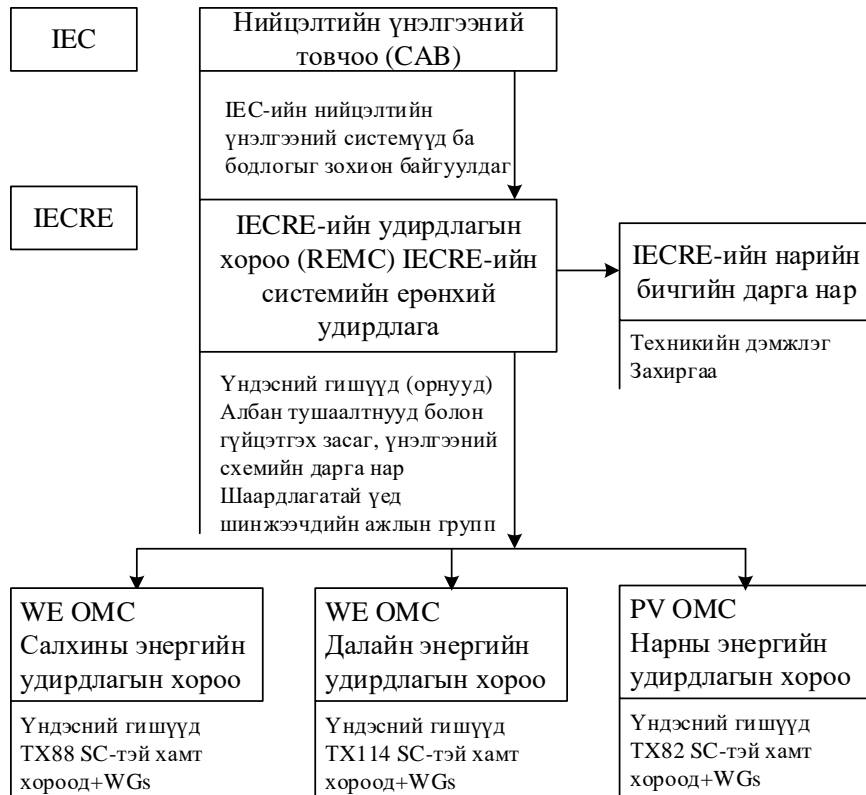
Энэ систем ОУЦТК-ын стандартуудын шаардлагад нийцсэн ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээрх төхөөрөмжийг гэрчилгээжүүлэх зорилгоор 2014 онд байгуулагдсан ба аюулгүй байдлын зайлшгүй шаардлагатай түвшинг хадгалахад сэргээгдэх эрчим хүчтэй холбоотой секторуудад ашиглагдах төхөөрөмжүүд болон үйлчилгээний олон улсын худалдааг хөнгөвчлөхөд чиглэгддэг. IECRE-ийн зохион байгуулалтын бүтцийг зураг-3 дээр үзүүлэв.

IECRE-ийн эдгээр зорилгуудын хувьд REMC хороогоор дамжуулан гэрчилгээжүүлэлтийн олон улсын нэгдсэн системийн удирдлагыг гүйцэтгэж, нийцэлтийн нотолгооны зардлыг багасгах сонирхолтой орнуудын үндэсний түвшин дэх

үнэлгээний ажлын үр дүнгүүдийг хүлээн зөвшөөрөхөд тэмүүлж, ОУЦТК-ын тэргүүний олон улсын стандартуудыг ашигладаг.

Дэлхийд IECRE-ийн хөгжил, боловсронгуй байдал ба үр ашиг гэрчилгээжүүлэх байгууллагууд, туршилтын лабораториуд, нийлүүлэгчдийн мэдүүлэг, туслан гүйцэтгэх байгууллагууд, эцсийн хэрэглэгчид ба бусад гэрчилгээжүүлэлтийн талаарх бодит ба тулгамдсан мэдээллийн сонирхогч талуудын хоорондын харилцан хүлээн зөвшөөрөх замаар гүйцэтгэгддэг.

Түүнчлэн нэлээд чухал зүйл нь нийлүүлэх хэсгүүдийн бүх оролцогчид IECRE-ийн шаардлагыг ойлгох ёстой бөгөөд энэ системд ямар үе шатанд ямар бичиг баримт эхний ээлжинд шаардлагатай вэ? гэдгийг мэдэх хэрэгтэй.



Зураг 3. IECRE-ийн зохион байгуулалтын бүтэц [2].

ОУЦТК-ын стандартаар гэрчилгээжүүлэлтийн системийн олон улсын түвшин дэх хэрэглээ нь хэд хэдэн давуу талуудтай ба тэдгээрийн үндсэн давуу талуудыг авч үзье.

1. Зах зээл дээр бүтээгдэхүүний итгэлийг дээшлүүлэх элементүүдийн нэг болох “IEC”-ийн брэндийн ашиглалт. “IEC”-ийн брэнд эртний түүхтэй ба мэргэжлийн нийгэмлэгт уламжлагдан холбогдож мэргэшээгүй хэрэглэгчдэд аюулгүй байдлын болон ихэвчлэн бүтээгдэхүүний инновацийн баталгаа болдог.

2. IECRE-ийн олон улсын системд ОУЦТК-ын стандартын шаардлагаар үндэсний түвшинд гэрчилгээжүүлэлтийн бусад системүүдийн адил гүйцэтгэсэн нийцэлтийн нотолгоожуулах (гэрчилгээ, туршилтын тогтоол шийдвэрүүдийн) ажлын үр дүнгүүдийн хүлээн зөвшөөрөх боломжтой байдал.

3. Үндэсний түвшинд ОУЦТК-ын стандартын шаардлагаар гэрчилгээжүүлэл-тийн системийн нэвтрэлт нь НҮБ болон бүх дэлхийн худалдааны байгууллагын ажлын хүрээнд итгэлийг хангах механизмуудын нэг байдаг.

4. ОУЦТК-ын стандартаар гэрчилгээжүүлэлтийн системүүд туршилтын процессууд ба үр дүнгүүдийн нөхөн үйлдвэрлэгдэх болон ашиглагдах чанарын шаардлагатай түвшинг хангах боломжтой нээлттэй ба нөхөн үйлдвэрлэх журам дээр үндэслэгдсэн байна.

5. ОУЦТК-ын стандартын боловсруулалтын нээлттэй байдал нь үйлдвэрийн газруудад гэрчилгээжүүлэх үед нотолгооны шаардлагыг ямар байдлаар болон ямар горим журмын үндэслэл дээр тогтоогддогийг мэдэх боломж олгодог.

6. ОУЦТК-ын албан ёсны хэл нь англи, франц, испани болон орос хэл байна.

ОУЦТК-ын үйл ажиллагааны хэтийн чиглэл нь тэргүүний цахилгаан техникийн ба мэдээллийн технологийн уулзвар дээр стандартчиллаар ОУЦТК-ын жанжин шугамыг боловсруулах ухаалаг эрчим хүч (Smart Grid)-ний системийн хороог байгуулах явдал юм. IECRE-д хэрэглэгдэж буй стандартууд ЭСЭҮ-үүдийн үндсэн дээрх төхөөрөмжийн шаардлагыг тогтоож өгөх чухал баримт бичгүүд юм. Цахилгаан энергийн хуримтлуурын системүүд, цахилгаан тээврийн нягтрал, бичил эрчим хүчний систем (Micro Grid), эрэлт хэрэгцээний удирдлага (Demand response), өгөгдлүүдийн боловсруулалт ба дамжуулалтын системүүд (ICT) гэх мэт тийм тэргүүний технологиудтай хослуулан ирээдүйн цахилгаан эрчим хүчний Smart Grid-ийг байгуулах техникийн болон регулятив баазыг бий болгоно [9].

IECRE системийн ажлын горим журам нийцэлтийн үнэлгээний дээд түвшний товчооны баримт бичгүүд, IECRE-ийн удирдлагын хорооны удирдах дүрмүүд, (ME-OMC, PV-OMC, WE-OMC) чиглэлүүдээр IECRE-ийн удирдлагын хороодын үйлдлийн баримт бичгүүд болон системийн нарийн бичгийн дарга нарын засаг захиргааны

баримт бичгүүд болох дөрвөн түвшний үйлдлийн баримт бичгүүдийн тусламжтайгаар гүйцэтгэдэг. Эдүгээ үед системд 38 журам дүрмийн баримт бичгүүд боловсруулагдан хэрэглэгдэж байна.

IEC CA01-ын журмын шаардлагаар IECRE-ийн гишүүнчлэлд ОУЦТК-ын бүрэн эрхт буюу уламжлагдах гишүүнээр дурын улс өрсөлдөж болно гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй [10]. Өнөөгийн байдлаар IECRE-ийн гишүүнээр Герман, Франц, БНХАУ, АНУ, Нидерланд, Япон гэх мэт 16 улс байдаг.

IECRE-ийн гишүүнчлэлийн зэрэгцээ гишүүн орнуудад үнэлгээний гэрчилгээжүүлэлтийн байгууллагууд-RECB, туршилтын лабораториуд-RETL, хяналт шалгалтын байгууллагууд-REIB байгуулагддаг. Одоогоор IECRE-д эдгээр функцийг гүйцэтгэх нийт 31 байгууллага бүртгэгдсэн байдаг. Системийн хамгийн идэвхтэй оролцогчид нь Герман (14 байгууллага), БНХАУ (6 байгууллага) ба Испани (4 байгууллага) болно. Байгууллага бүрд системийн тогтоосон журмаар ОУЦТК-ын стандартын жагсаалтууд бүхий хавсралттай элсэлтийн гэрчилгээ олгодог. Эдгээр жагсаалтуудыг [11] албан ёсны сайтаас үзэж болно.

IEC 61400 стандартын янз бүрийн үеийн шаардлагад нийцүүлэн үйлдвэрлэгдэж буй салхины эрчим хүчний төхөөрөмж (СЭХТ)-ийн гэрчилгээ өргөн тархсан байна. Ингэж гэрчилгээжсэн төхөөрөмжүүд Дани, Герман, БНХАУ улсуудад үйлдвэрлэгдэж байгаа бөгөөд түүний гишүүдийн нийлүүлэлтийн хүрээ дэлхийн олон орныг хамарч байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Гэрчилгээжүүлэлтийн олон улсын систем IECRE нь идэвхтэй төлөвшлийн үе шатанд байгаа ба түүний хөгжил ОУЦТК-ын гэрчилгээжүүлэлтийн үйлчилж буй олон улсын бусад систем (IECEE, IECQ, IECEx)-үүдийн эерэг туршлагыг тооцон явагддаг.
2. Салхины эрчим хүчний төхөөрөмж (СЭХТ)-ийн хүрээнд гэрчилгээжүүлэлтийн олон улсын туршлагын нэлээд хэсэг нь манай орны хувьд ч үндсэн стандартуудыг боловсруулахад хэрэглэж байгаа боловч тэргүүний стандартуудыг нэвтрүүлэх явцад хоцрогдолтой байна.
3. ОУЦТК-ын үйл ажиллагааны хэтийн чиглэл нь тэргүүний цахилгаан техникийн ба мэдээллийн технологийн уулзвар дээр стандартчиллаар ОУЦТК-ын жанжин шугамыг боловсруулах ухаалаг эрчим хүч (Smart Grid)-ний системийн хороог байгуулах шаардлагатай юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] **Иванов А.В., Кучеров Ю.Н., Самков В.М.** Создание системы сертификации оборудования возобновляемых источников энергии на соответствие стандартам Международной электротехнической комиссии. Электричество, 2018, №2.
- [2] **Официальный сайт МЭК:** www.iec.ch.
- [3] <<Киотский протокол к Рамочной конвенции организации объединенных наций об изменении Климата>>, ООН, 1998.
- [4] **Материалы саммита** Глобального развития 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН, доклад министра иностранных дел России С.В.Лаврова.
- [5] **Джереми Риффкин.** Третья промышленная революция. –М.: Альпина нон-фикшн, 2016, 410с.
- [6] **Клаус Шваб.** Четвертая промышленная революция. –М.: ЭКСМО, 2016, 208с.
- [7] **Стандарт IEC IR 63097.** <<Smart Grid Roadmap>>, 2017.
- [8] **Кучеров Ю.Н., Самков В.М., Иванов А.В.** О развитии стандартизации в электроэнергетике с учетом передовой практики МЭК. –Энергия единой сети 2017, №2(31), с.42-49.
- [9] **Официальный сайт** карты стандартов МЭК в области Smart Grid: <http://smartgridstandartsmap.com>
- [10] **IEC CA 01** <<Системные оценки соответствия IEC-основные правила>>. Редакция 1.0, 2016.
- [11] **Официальный сайт** ФГУП <<Стандартинформ>> (www.gostinfo.ru)

ОРЧИН ҮЕИЙН НӨХЦӨЛД ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ ШУГАМЫН ГҮЙДЛИЙН ЭДИЙН ЗАСГИЙН НЯГТЫН ҮНЭЛГЭЭ

Д.Содномдорж¹, Б.Дашдаваа², Б.Пүрэвсүрэн³

¹ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

²Цахилгаан Дамжуулах Үндэсний Сүлжээ ТӨХК

³ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Ахисан түвшний салбар

¹sodnomd@must.edu.mn, ²dashdavaa@transco.mn

Хураангуй

Энэхүү өгүүлэлд цахилгаан шугам сүлжээний гүйдлийн эдийн засгийн нягтын үнэлгээ, манай орны нөхцөлд гүйдлийн эдийн засгийн нягтын талаар гүйцэтгэсэн судалгааны үр дүн, цахилгаан эрчмийн үнээс хамаарах интеграл шилжүүлсэн зардлын дисконтчлогдсон коэффициентуудын тооцооны утгуудын хамаарлын талаар нэгтгэн авч үзсэн юм.

Түлхүүр үг: Шугам сүлжээ, гүйдлийн нягт, дисконтчлогдсон коэффициентууд, үнэ өртөг.

I. УДИРТГАЛ

Цахилгаан тоног төхөөрөмжийн дүрэм (ЦТТД)-д дамжуулагчийн огтлолыг гүйдлийн эдийн засгийн нягтаар шалгах ёстой гэж заасан байдаг[1]. Энэ дүрэмд 6-20 кВ-ын хүчдэлийн цахилгаан шугам сүлжээ (ЦШС)-ний хувьд гүйдлийн эдийн засгийн нягтын утгыг хуурмаг чадлыг тэгшитгэх ба хүчдэлийн тохируулгад хэрэглэж буй хэрэгслийг тооцож цахилгаан эрчмийн хэрэглэгчид дээр хүчдэлийн хазайлт зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс ихгүй байх зөвхөн тэр тохиолдолд л хэрэглэхийг зөвшөөрнө гэсэн байна.

Гүйдлийн эдийн засгийн нягт хамгийн их чадлыг ашиглах хугацаа ($T_{нө}$)-тэй урвуу хамааралтай ба энэ хугацаа ихсэхэд гүйдлийн эдийн засгийн нягт буурч, харин дамжуулагчийн огтлолын талбай ихэсдэг. Энэ нь шугам барьж байгуулах өртгийг ихэсгэх боловч эрчим хүчний жилийн алдагдлыг их хэмжээгээр бууруулдаг. Гэмтэл гарах үед нэмэгдэж байгаа ачааллаар дамжуулагчийн хөндлөн огтлолын талбайг тооцож болохгүй.

Учир нь түр зуурын горим учраас эдийн засгийн үр ашиг өгдөггүй. Харин энэ гүйдлийг гүйдлийн эдийн засгийн нягтаар сонгож авсан огтлолынхоо талбайг халалтын нөхцөлөөр шалгадаг.

Гүйдлийн эдийн засгийн нягтаар дамжуулагчийн огтлолын талбайг сонгож болохгүй гурван тохиолдол байдаг.

1. Хамгийн их чадлыг ашиглах хугацаа нь $T_{нө}=4000-5000$ цагаас их 1000 В хүртэлх хүчдэлтэй сүлжээ
2. 1000 В хүртэл хүчдэлтэй шугам сүлжээнээс нэг хэрэглэгчийг тэжээхийн тулд нэг ба хоёр фазаас салаалж, татсан шугам
3. Ашиглах хугацаа нь 3-5 жилээс хэтрэхгүй хэрэглэгчийг тэжээж байгаа шугам тус тус орно.

Гүйдлийн эдийн засгийн нягт нь дамжуулагчийн материал, шугамын хийц ба хамгийн их ашиглах хугацаанаас хамаарна.

II. ДАМЖУУЛАГЧИЙН ГҮЙДЛИЙН ЭДИЙН ЗАСГИЙН НЯГТЫН ҮНЭЛГЭЭ

Өнөөгийн нөхцөлд манай улсад нэг тонн хөнгөн цагааны өртөг 9 сая төгрөг, нэг тонн зэсийн өртөг 30 сая төгрөг (Лондонгийн металлын биржийн 2022 оны 04-р сарын 12-ны байдлаар нэг тонн зэсийн үнэ ханш 10300 ам доллар, хөнгөн цагааны үнэ 3100 ам доллар) байна.

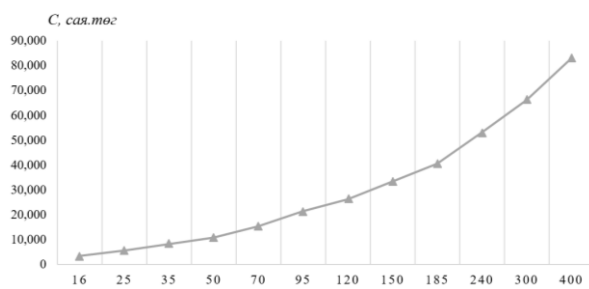
Янз бүрийн огтлолтой шугамын дамжуулагчийн өртгийг 2021 оны түвшинд манайд мөрдөж буй үнэ ханшаар авч үзэж, мөн огтлолоос хамаарах металлын зарцуулалтыг тодорхойлж хүснэгт 1-д харуулав.

Хүснэгт 1. Цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын дамжуулагчийн хөндлөн огтлолоос хамаарах өртөг ба металлын зарцуулалт

Дамжуулагчийн огтлол, мм ²	А (АС) маркийн утасны өртөг		Дамжуулагчийн металлын зарцуулалт, кг/км
	Нэг км дамжуулагчийн өртөг сая.төг/км	3 фазын 1 км дамжуулагчийн өртөг, сая төгрөг	
16	1,725	3,384	54,2
25	1,866	5,598	67,9
35	2,733	8,259	100

50	3,627	10,881	132
70	5,133	15,399	188
95	7,161	21,483	261
120	8760	26,280	324
150	11,100	33,300	409
185	13,540	40,620	500
240	17,710	53,130	650
300	22,060	66,180	812
400	27,710	83,142	1090

Хүснэгт-1-ийн өгөгдлөөр 3 фазын нэг км шугамын өртгийн графикийг дамжуулагчийн хөндлөн огтлолоос хамааруулан байгуулж зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1. 3 фазын нэг км шугамын өртгийг дамжуулагчийн хөндлөн огтлолоос хамаарсан хамаарал

Энэ графикаас шугамын огтлолоос хамаарах 3 фазын нэг км шугамын өртгийн ихсэлтийн коэффициентыг тодорхойлж болно. Энд өртгөө нөхөх хугацааг 8 жил, $\alpha_э=0.125$, $\alpha_н=0.04$ гэж авсан. Мөн $T=25$ жил гэж авсан.

Тэгвэл 1 км шугамын өртгийн ихсэлтийн коэффициент $\lambda=150$ мян.төг/км гэж гарсан болно.

Манай улсын цахилгаан эрчим хүчний үнэ тарифыг өнөөгийн мөрдөж буй дөрвөн төрлийн хэрэглэгчдийн хувьд авч үзвэл: уул уурхайн үйлдвэр: $C_э=155,9$ төг/кВт.ц, бусад үйлдвэр, аж ахуйн нэгж: $C_э=140,39$ төг/кВт.ц, 150 кВт.цаг-аас их цахилгаан эрчим хүч хэрэглэгч айл өрх: $C_э=130,49$ төг/кВт.ц, 150 кВт.цаг-аас бага цахилгаан эрчим хүч хэрэглэгч айл өрх: $C_э=110,29$ төг/кВт.ц.

Нөгөө талаас цахилгаан эрчмийн алдагдлын хугацаа $\tau = 3500$ цаг, хөнгөн цагаан дамжуулагчийн хувийн эсэргүүцлийг $\rho=31,5$ Ом.мм² /км гэж авсан ба дээрх хэрэглэгчдийн хувьд гүйдлийн эдийн засгийн нягтыг тодорхойлно.

Бид ЦШС-ний гүйдлийн эдийн засгийн нягтыг тодорхойлох томьёог [2] бүтээлд дараах хэлбэрт гарган авсан:

$$j_{эз} = \sqrt{\frac{\lambda(\alpha_э + \alpha_н)}{3\rho\tau C_э * 10^{-3}}} \quad (1)$$

Тэгвэл дээрх хэрэглэгчдийн хувьд гүйдлийн эдийн засгийн нягтыг тодорхойлбол:

- Уул уурхайн үйлдвэрийн хэрэглэгчид

$$j_{эз} = \sqrt{\frac{0.15 * 0.165 * 10^6}{3 * 31.5 * 3500 * 155.9 * 10^{-3}}} = 0.693 \text{ A/mm}^2$$

- Бусад үйлдвэр, аж ахуйн нэгж:

$$j_{эз} = \sqrt{\frac{0.15 * 0.165 * 10^6}{3 * 31.5 * 3500 * 140.5 * 10^{-3}}} = 0.729 \text{ A/mm}^2$$

- 150 кВт.ц-аас их хэрэглэгчид:

$$j_{эз} = \sqrt{\frac{0.15 * 0.165 * 10^6}{3 * 31.5 * 3500 * 130.49 * 10^{-3}}} = 0.757 \text{ A/mm}^2$$

- 150 кВт.ц-аас бага хэрэглэгчид:

$$j_{эз} = \sqrt{\frac{0.15 * 0.165 * 10^6}{3 * 31.5 * 3500 * 110.29 * 10^{-3}}} = 0.8237 \text{ A/mm}^2$$

Энэ тооцооны үндсэн дээр дараах дүгнэлтийг хийж болно:

Манай орны хэрэглэгчдийн төрлөөс хамаарсан цахилгаан эрчим хүчний үнийн хувьд гүйдлийн эдийн засгийн нягтын утга янз бүр байгаа бөгөөд ЦТТД-д заасан утгаас даруй 25-37% доогуур байна.

Гүйдлийн эдийн засгийн нягтад шугамын огтлолоос хамаарах өртгийн өсөлтийн λ коэффициент голлох нөлөө үзүүлж байна.

III. МАНАЙ ОРНЫ НӨХЦӨЛД ЦШС-НИЙ ГҮЙДЛИЙН ЭДИЙН ЗАСГИЙН НЯГТЫН СУДАЛГАА

Энд бид дисконтчлогдсон зардал хамгийн бага байх шинжүүрээр 6-110 кВ-ын ЦШС-ний дамжуулагчийн гүйдлийн эдийн засгийн нягтын судалгааны үр дүнгийн талаар авч үзье. Үүний тулд ЦШС-ний барьж байгуулах анхдагч суурь өгөгдлүүдийн хувьд техникийн ба эдийн засгийн хүчин зүйлүүдийн өөрчлөлтөд гаргаж авсан үр дүнгүүдийн мэдрэмжийн үнэлгээг тодорхойлно. Хөрөнгө оруулалтын төслийн үр ашгийн санхүү-эдийн засгийн үндэслэлийн орчин цагийн аргачлалын дагуу гүйдлийн эдийн засгийн нягт нь тодорхой тооцооны T_r хугацаанд ЦШС-ний нэг км шугам барих өртөг ба ашиглалтын үеийн дисконтчлогдсон зардал хамгийн бага байх шинжүүрээр тодорхойлогдоно[3].

Энд агаарын шугам сүлжээний нэг км ЦШС-г барьж байгуулах зардлын ойролцоолсон өртгийг тодорхойлж хүснэгт 2-д харуулав.

Хүснэгт 2. Агаарын шугам барих үнэ

Хүчдэл кВ	Хэлхээ- ний тоо	Шугамын суурь өртөг, сая.төгрөг/км							
		АС-25	АС-35	АС-50	АС-70	АС-95	АС-120	АС-150	АС-185
6-10	1	15,6	16,8	24,0	26,0				
35	1	52,46	53,35	54,22	55,73	57,76			
110	1	-	-	-	83,41	85,44	87,03	89,38	91,81
	2	-	-	-	177,54	181,59	184,79	189,48	194,35

Бид [2] бүтээлд тоног төхөөрөмжийн өртгийн мөнгөний үнэ ханшийг тооцож гүйдлийн эдийн засгийн нягтын илэрхийллийг дараах хэлбэрт гаргаж авсан:

$$j_{эз} = \sqrt{\frac{K_2 K_{деф} * B_T}{C_T}} \quad (2)$$

үүнд:

$$C_T = 3K_{эс} Ц_э \rho \tau d_{m.a} 10^{-3};$$

$$B_T = (1 + E)^{-1} - (1 - \alpha_{с.з} T_a)(1 + E)^{-T_T} + a_{m.үйл} d_{m.a};$$

$$d_{m.a} = \sum_{t=2}^{T_T} (1 + E)^{-t};$$

$$T_a = T_T - T_{бар};$$

K_2 нэг км шугамын огтлолоос хамаарах тоног төхөөрөмжийн өртгийн муруйн горизонталь тэнхлэгтэй харьцангуй налалтын (тангенсын) коэффициент;

$K_{деф}$ дисконтчлогдсон зардлын хэмжээг үнэлэх хугацааны (мөнгөний ханшийг тооцсон) дефляцийн коэффициент (Манай эдийн засгийн салбарын нэртэй эрдэмтэн, академич Т.Дорж, доктор (D.Sc), профессор Л.Оюунцэцэг нарын судалгаагаар $K_{деф}=208$ гэж гарсан).

Судалгааны анхдагч өгөгдлүүдэд дараах эдийн засгийн параметрийн утгуудыг сонгон авсан:

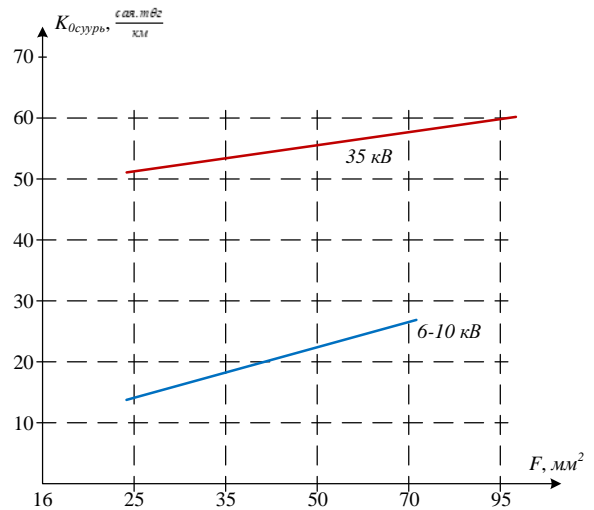
- Дисконтын норм $E=0.1$;
- Тооцооны хугацаа $T_T=10$ жил;
- Дефляцийн коэффициентын утгыг 2000 оны түвшинтэй харьцангуйгаар 2021 оны утга, $K_{деф}=208$;
- $Ц_{э,суурь}=134.32$ төг.кВт.ц (Дээрх хэрэглэгчдийн дундаж үнэ);
- ЦШС-г барьж байгуулах хугацаа, $T_{бар}=1$ жил;
- $\rho = 31,5 \frac{OM * MM^2}{KM}$.

Хүснэгт 3. 6-10-35-110 кВ-ын ЦШС-ний засвар үйлчилгээний ба сэргээн засварлалтын шимтгэлийн коэффициентын утгууд

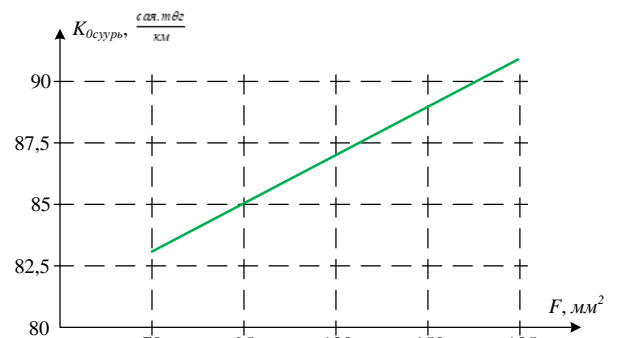
Хүчдэл, кВ	Засвар үйлчилгээний шимтгэл, $\alpha_{ш.үйл}$	Сэргээн засварлалтын шимтгэл, $\alpha_{с.з}$
35-110	0,04	0,02
6-10	0,02	0,03

6-35-110 кВ-ын төмөр бетон тулгууртай агаарын шугамын хөрөнгө оруулалтын болон ашиглалтын зардлын шимтгэлүүдийг [4]-өөс авч хүснэгт 3-д үзүүлэв.

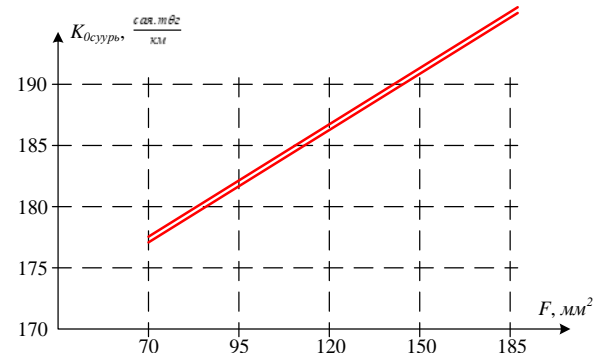
Хүснэгт 2-д өгөгдсөн 6-110 кВ-ын агаарын шугамуудын өртгийн оронг огтлолоос хамааруулан байгуулж зураг 2–зураг 4-д харуулав.



Зураг 2. 6-35 кВ-ын нэг км шугамын өртгийн огтлолоос хамаарах график



Зураг 3. 110 кВ-ын нэг хэлхээтэй шугамын өртгийн огтлолоос хамаарах график



Зураг 4. 110 кВ-ын хоёр хэлхээтэй шугамын өртгийн огтлолоос хамаарах график

Дээрх гурван график дүрслэлээс шугамын өртөг огтлолоос шугаман хамааралтай гэсэн таамаглал дэвшүүлж тэдгээрийн $K_{o.суурь}=K_1+K_2F$ хамаарлын K_1, K_2 коэффициентуудыг хамгийн бага квадратын аргаар олж болно. Хамгийн бага квадратын аргын нөхцөлийг дараах хэлбэрт бичнэ[5].

$$\Phi = \sum_{i=1}^n [K_i - (K_1 + K_2 F_i)]^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

6-10 кВ-ын шугамын хувьд $n=4$ болно. Дээрх (3) функцээс K_1 ба K_2 хувьсахуудаар тухайн уламжлал авч тэгтэй тэнцүүлбэл:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi}{\partial K_1} = 2 \sum_{i=1}^4 (K_{i\text{суурь}} - K_1 - K_2 F_i)(-1) = 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial K_2} = 2 \sum_{i=1}^4 (K_{i\text{суурь}} - K_1 - K_2 F_i)(-F_i) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Энэ тэгшитгэлийн системийг дэлгэрэнгүй хэлбэрт бичвэл:

$$\begin{cases} -\sum_{i=1}^4 K_{i\text{суурь}} + 4K_1 + K_2 \sum_{i=1}^4 F_i = 0; \\ -\sum_{i=1}^4 K_{i\text{суурь}} F_i + K_1 \sum_{i=1}^4 F_i + K_2 \sum_{i=1}^4 F_i^2 = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Сул гишүүдийг баруун гар талд гаргавал:

$$\begin{cases} 4K_1 + K_2 \sum_{i=1}^4 F_i = \sum_{i=1}^4 K_{i\text{суурь}}; \\ K_1 \sum_{i=1}^4 F_i + K_2 \sum_{i=1}^4 F_i^2 = \sum_{i=1}^4 K_{i\text{суурь}} F_i. \end{cases} \quad (6)$$

Энэ тэгшитгэлийн системийг бодож K_1 ба K_2 -ийг олбол: $K_1=9.265$ $K_2=0.252$ гэж гарсан болно. Бусад шугамуудад (35, 110 кВ)-ын хувьд дээрхийн адил тооцоо хийж үр дүнг хүснэгт 4-д үзүүлэв.

Хүснэгт 4. 6-110 кВ-ын агаарын шугамын K_1 ба K_2 коэффициентуудын тооцооны утгууд

Хүчдэл, кВ коэффициент	6-10 кВ		110 кВ	
	Нэг хэлхээт	Нэг хэлхээт	Нэг хэлхээт	Хоёр хэлхээт
K_1	9,265	50,61	55,89	188,85
K_2	0,252	0,0744	0,335	0,71

Одоо бид дээр гарган авсан гүйдлийн эдийн засгийн нягтын (2) илэрхийллийн $V_T, C_T, d_{T.a}$ коэффициентуудын утгуудыг хэрэглэгчдийн төрлөөс хамаарах цахилгаан эрчмийн үнэ (Π_3), тооцооны хугацаа $T_T=10$ жил ба дисконтын норм $E=0.1$ байхад тодорхойлж.

Тэгвэл $d_{T.a} = \sum_{t=1}^{10} (1+0.1)^{-t} = 5.2354$ болно.

V_T коэффициентын тооцоог 35-110 кВ-ын төмөр бетон тулгууртай шугамын хувьд олбол:

$$V_T = (1+0.1)^{-1} - (1-0.02*9)(1+0.1)^{-10} + 0.04*5.2354 = 0.80236 \text{ х.н}$$

6-10 кВ-ын төмөр бетон тулгууртай шугамын хувьд:

$$V_T = (1+0.1)^{-1} - (1-0.03*9)(1+0.1)^{-10} + 0.02*5.2354 = 0.7323 \text{ х.н}$$

C_T коэффициентын утгуудыг хэрэглэгчдийн цахилгааны үнээс хамааруулан тодорхойлж үр дүнг хүснэгт 5-д харуулав.

Хүснэгт 5. C_T коэффициентын утгууд

Хэрэглэгчид	Цахилгаан эрчмийн үнэ, төг/кВт.ц	C_T , мян.төг*мм ² /А ² км
Уул уурхай	155,9	269,96
Бусад үйлдвэр ААН	140,59	243,45
Гэр ахуй 150 кВт.цаг-аас их	130,49	225,96
Гэр ахуй 150 кВт.цаг-аас бага	110,29	190,98

Одоо гүйдлийн эдийн засгийн нягтыг (2) томьёогоор ЦШС-ний хүчдэл, хэрэглэгчдийн

төрлөөс хамааруулан тодорхойлж үр дүнг хүснэгт 6-д үзүүлэв.

Хүснэгт 6. 6-110 кВ-ын ЦШС-ний гүйдлийн эдийн засгийн нягтын утга

Хэрэглэгчид	Гүйдлийн эдийн засгийн нягт $j_{э.з.}$ А/мм ²			
	110 кВ-ын 2 хэлхээтэй шугам	110 кВ-ын нэг хэлхээтэй шугам	35 кВ-ын нэг хэлхээтэй шугам	6-10кВ-ын нэг хэлхээтэй шугам
Уул уурхай	0,662	0,455	0,214	0,377
Бусад үйлдвэр ААН	0,697	0,479	0,226	0,97
Гэр ахуй 150 кВт.ц-аас их	0,724	0,497	0,234	0,412
Гэр ахуй 150 кВт.ц-аас бага	0,787	0,541	0,255	0,448

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд гүйдлийн эдийн засгийн нягтад V_T коэффициент ихээхэн нөлөөтэй байгаа ба энэ V_T коэффициент өөрөө дисконтын норм E болон тооцооны хугацаа T_T -аас хамаарч байна.

Иймд бид V_T коэффициент дисконтын норм, тооцооны хугацаанаас ямар хамааралтай байгааг судалгааг авч үзье.

Энд бид тооцооны хугацаа $T_T=5, 10, 15$ жил байхад дисконтын нормын $E=0,05-0,15$ утгуудад V_T коэффициент хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг авч үзье.

Үүний тулд дисконтын коэффициент $d_{T,a}$ -г тооцооны хугацаа ба дисконтын нормоос хамааруулан тодорхойлъё.

$$T_T=5 \text{ жил } E=0,05 \text{ үед}$$

$$d_{T,a} = \sum_{t=1}^{10} (1+0,05)^{-t} = 3,377$$

Энд дисконтын нормын $E=0,05-0,15$ бүх утгуудад олно. Дараа нь $T_T=10, 15$ жил байх үеийн тооцоог хийнэ. Эцсийн үр дүнг хүснэгт 7-д харуулав.

Хүснэгт 7. Дисконтын коэффициентын утга

T_T жил	$d_{T,a}$ -ийн утгууд										
	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
5	3,377	3,269	3,165	3,067	2,972	2,882	2,795	2,712	2,632	2,556	2,483
10	6,769	6,417	6,089	5,785	5,500	5,235	4,988	4,757	4,541	4,339	4,150
15	9,427	8,769	8,173	7,633	7,143	6,697	6,290	5,918	5,577	5,265	4,979

Дараа нь V_T коэффициентын утгыг T_T хугацаа болон дисконтын нормоос хамааруулан тодорхойлж үр дүнг хүснэгт 8-д харуулав. Гэхдээ энд ЦШС-ний хүчдэлийн түвшингээс хамааруулан

тодорхойлно. Эхлээд бид 35-110 кВ-ын ЦШС-ний хувьд тодорхойлж үр дүнг дараах хүснэгт 8 хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 8. 35-110 кВ-ын ЦШС-ний V_T коэффициентын утга

T_T жил	V_T коэффициентын утгууд										
	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
5	0,366	0,386	0,405	0,422	0,438	0,453	0,466	0,479	0,491	0,512	0,511
10	0,719	0,742	0,761	0,777	0,791	0,802	0,811	0,819	0,825	0,829	0,833
15	0,983	0,994	1,000	1,004	0,005	1,005	1,002	0,998	0,992	0,987	0,980

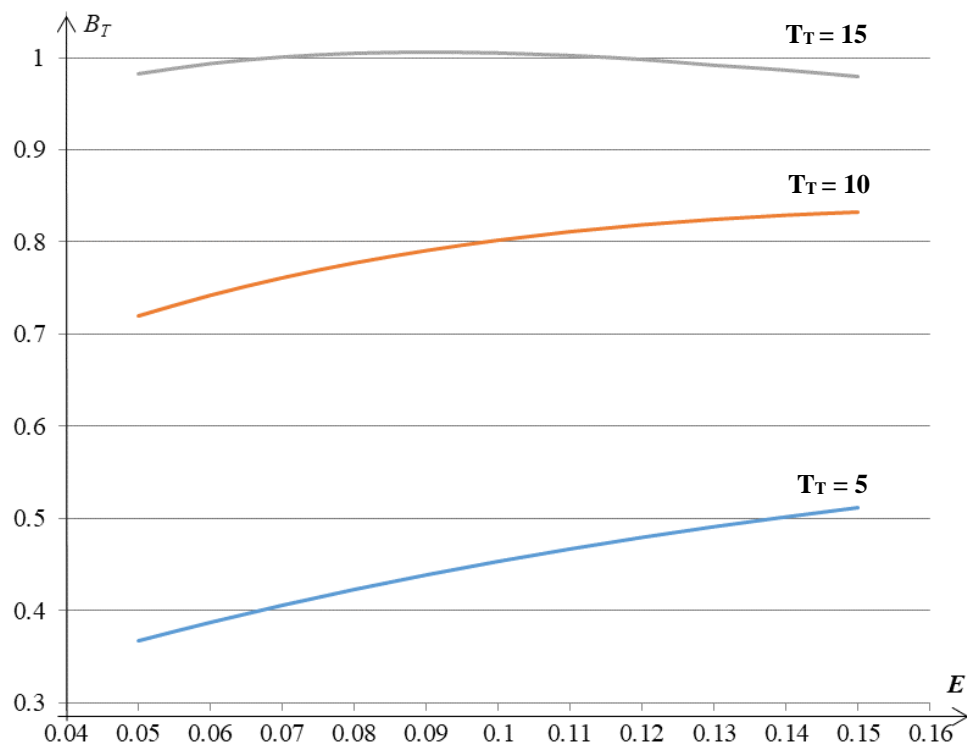
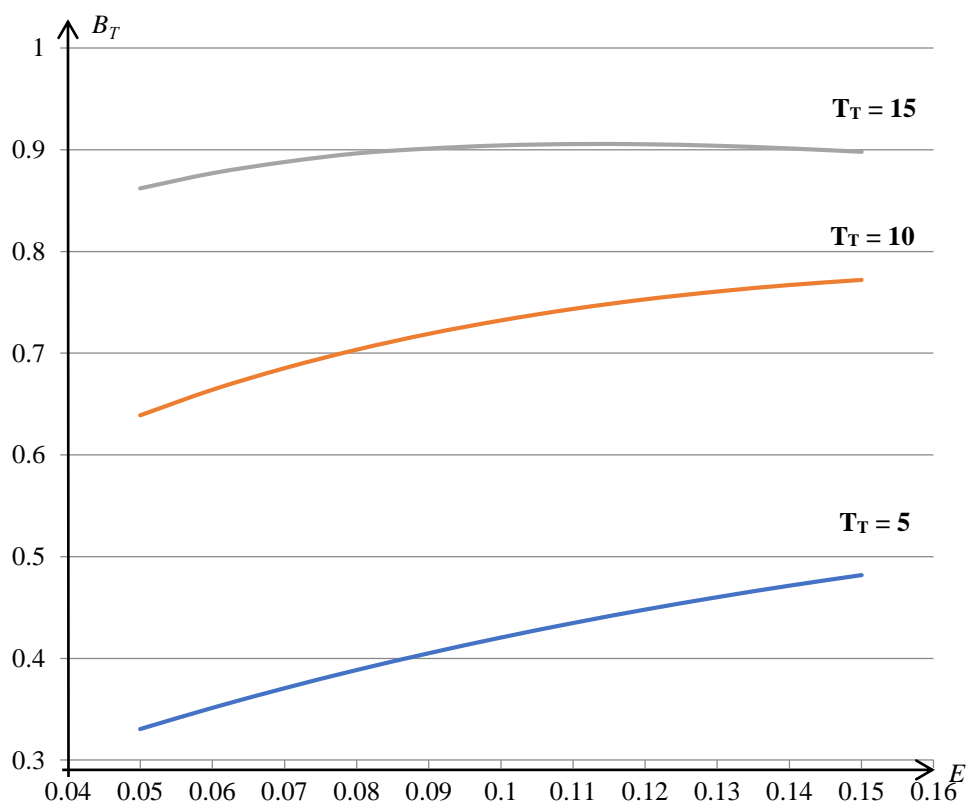
6-10 кВ-ын ЦШС-ний хувьд энэ V_T коэффициентын утгуудыг тодорхойлж үр дүнг хүснэгт 9-д харуулав.

Хүснэгт 9. 6-10 кВ-н ЦШС-ний V_T коэффициентын утгууд

T_T жил	V_T коэффициентын утгууд										
	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
5	0,330	0,351	0,370	0,388	0,405	0,420	0,434	0,448	0,460	0,471	0,482
10	0,639	0,664	0,685	0,703	0,719	0,732	0,743	0,753	0,761	0,767	0,772
15	0,862	0,877	0,888	0,896	0,901	0,904	0,905	0,905	0,904	0,901	0,899

Дээрх тооцооны үр дүнгээр 35-110 кВ-ын болон 6-10 кВ-ын ЦШС-ний V_T коэффициентын утгууд E ба T_T -оос хамаарах хамаарлын муруйг байгуулна. Эхлээд 35-110 кВ-ын шугам сүлжээний

хамаарлыг зураг 5 дээр харуулав. Одоо 6-10 кВ-ын ЦШС-ний V_T коэффициентын хамаарлыг зураг 6 дээр үзүүлэв.

Зураг 5. 110-35 кВ-ын ЦШС-ний V_T коэффициентын хамааралЗураг 6. 6-10 кВ-ын ЦШС-ний V_T коэффициентын хамаарал

Тооцооны үр дүнгээс үзэхэд 110-35 кВ-ын ба 6-10 кВ-ын ЦШС-ний V_T коэффициентын утгууд өөр хоорондоо ойролцоо байгаа ба харин тооцооны

хугацаанаас харьцангуй илүү их хамаарч байна. Гэхдээ тооцооны хугацаа ихсэхэд V_T коэффициентын утгууд дисконтын нормоос

хамаарах хамаарал тогтворжиж байна. Нөгөө талаас гүйдлийн эдийн засгийн нягт цахилгаан эрчмийн үнээс харьцангуй их хамаарч байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Хэрэглэгчдийн цахилгаан эрчмийн үнээс хамааруулсан гүйдлийн эдийн засгийн нягтыг тодорхой тооцооны хугацаанд нэг км агаарын шугамын ашиглалтын болон барьж байгуулах дисконтчлогдсон зардал хамгийн бага байх нөхцөлөөр тодорхойлсон.
2. Гүйдлийн эдийн засгийн нягтад нөлөөлөх гол коэффициент Вт дисконтын норм ба тооцооны Тт хугацаанаас хамаарах хамаарлын судалгааг хүчдэлийн 35-110 кВ болон 6-10 кВ-ын түвшнүүдэд гүйцэтгэж судалгааны үр дүнд шинжилгээ хийхэд 35-110 кВ-ын ба 6-10 кВ-ын ЦШС-ний Вт коэффициентын утгууд ойролцоо гарсан ба харин тооцооны хугацаа ихсэхэд Вт-ийн утга дисконтын нормоос хамаарах хамаарал тогтворжиж байна.
3. Дисконтчлогдсон зардлын шинжүүрээр гарсан гүйдлийн эдийн засгийн нягтын утгууд ЦТТД-

д заасан хэм хэмжээт утгаас доогуур гарч улмаар анхдагч өгөгдлүүдийн өөрчлөлтийн үед энэ харьцаа хадгалагдан үлдэж байна. Энэ нь гүйдлийн эдийн засгийн нягтын ЦТТД-д заасан өгөгдлүүдийг орчин үеийн нөхцөлд ашиглахад алдаатай үр дүнд хүргэж болохыг харуулж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Правила устройства электроустановок, 7-е изд. М.: ЭНАС, 2011.
- [2] Зуев Э.Н. Определение экономической плотности тока на базе критерия минимума дисконтированных затрат-Вестник МЭИ, 2000, №3.
- [3] Справочник по проектированию электрических сетей/ Под ред.Д.Л. Файбисовича. Изд. 4-е переработанное и дополненное. Москва, ЭНАС, 2012.-372с.
- [4] Д.Содномдорж. Инженерийн судалгааны математик аргууд. Нэг сэдэвт бүтээл. Улаанбаатар, 2009, -265 х.х

ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ АГААРЫН ШУГАМЫН ОГТЛОЛЫГ СОНГОХ АРГАЧЛАЛ БОЛОВСРУУЛАХ

Д.Содномдорж¹, Б.Дашдаваа², Б.Пүрэвсүрэн³

¹ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

²Цахилгаан Дамжуулах Үндэсний Сүлжээ ТӨХК

³ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Ахисан түвшний салбар

¹sodnomd@must.edu.mn, ²dashdavaa@transco.mn

Хураангуй

Энэ өгүүлэлд 6-110 кВ-ын хүчдэлтэй цахилгаан шугам сүлжээний нэг км агаарын шугамын зардлын математик загварыг гүйдлээс хамааруулан байгуулж, гүйдлийн эдийн засгийн нягтын завсрын утгуудыг дамжуулагчийн огтлолоос хамааруулан тодорхойлж, улмаар гүйдлийн эдийн засгийн хязгаарын утгуудыг хүчдэлийн түвшин бүрд дамжуулагчийн огтлолын огтлолцол тус бүрийн хувьд байгуулсан үр дүнгийн талаар авч үзсэн болно.

Түлхүүр үг: Огтлол, Аргачлал, гүйдлийн эдийн засгийн нягт, хязгаарын утга, математик загвар

I. УДИРТГАЛ

Орчин үеийн нөхцөлд цахилгаан шугам сүлжээний зураг төсөл зохиох явцад бий болох үндсэн асуудал бол цахилгаан шугам сүлжээ (ЦШС)-ний параметрууд ба шугам сүлжээ барьж байгуулах дарааллыг түүний хөгжлийн нөхцөлөөс үндэслэн тогтоох явдал юм. ЦШС-ний ашиглалтын болон байгууламжийн эдийн засгийн үр ашиг бүхэлдээ ЦШС-ний зүй зохистой байгуулалтаас маш их хамаардаг[1].

ЦШС-ний элементүүдэд түүгээр түгээсэн цахилгаан эрчим хүчний 20 хүртэлх хувь алдагддаг ба энэ алдагдлын дийлэнх хэсэг нь шугам, трансформаторын бодит эсэргүүцэлтэй холбоотой юм. Шугам, трансформаторын халалтад зарцуулагдах энэ алдагдал ЦШС-ний нийт алдагдлын 40 орчим хувийг эзэлдэг ба тоон утгаараа манай ТЭХС-ийн ЦШС-нд ойролцоогоор 300 гаруй сая кВт.ц болно.

Эндээс үзэхэд ЦШС-ний нийт алдагдлын дээрх хэсгийг бууруулах хамгийн үр дүнтэй арга нь агаарын болон кабель шугамын дамжуулагчийн бодит эсэргүүцлийг багасгах асуудал юм. Үүний тулд дамжуулагчийн огтлолыг ихэсгэх шаардлагатай болно.

Иймд ЦШС-ний дамжуулагчийн огтлолын сонголтын үед өрсөлдөгч хоёр хүчин зүйл гарна[2].

- Дамжуулагчийн халалтан дахь цахилгаан эрчмийн алдагдлын зардлын хэмнэлт
- Шугамын хөрөнгө оруулалтын зардлын ихсэлт

1950-иад оны үед тогтоосон гүйдлийн эдийн засгийн нягтын хэм хэмжээт утгууд шугамын огтлолыг сонгох арга зүйд дэвшилттэй алхам болсон, учир нь урьд өмнөх аргачлалаас энэ нь зөвхөн шугамын өртгийн төдийгүй мөн эрчмийн алдагдлын зардлыг тооцдог болсон юм[2, 3].

Гэвч энэ арга агаарын шугамын огтлолоос хамаарах хамаарал шугаман хамааралтай байх хялбарчлал хийдэг. Бодит нөхцөлд огтлолоос хамаарах шугамын өртөг тасралттай функц байх тул алдаатай шийдэлд хүргэдэг байна.

Эрчим хүчний бодлогод эрчим хүчний хэмнэлт гол суурь асуудал болсон өнөө үед гүйдлийн эдийн засгийн нягтын аргыг хэрэглэхэд эрчим хүчний болон материалын эх үүсвэрийн бүх хэлбэрүүдийг хэмнэх шаардлагатай эрс зөрчилдөх болно. Арай илүү нийтлэг арга бол гүйдлийн эдийн засгийн завсрын арга юм.

II. ГҮЙДЛИЙН ЭДИЙН ЗАСГИЙН ЗАВСРЫН АРГА

Манай оронд өргөн ашиглагдаж буй 6-10 ба 35 кВ-ын төмөр бетон тулгууртай нэг хэлхээтэй агаарын шугам, 110 кВ-ын төмөр бетон тулгууртай нэг ба хоёр хэлхээтэй агаарын шугамын гүйдлийн эдийн засгийн завсрын хязгаарын утгуудын талаар авч үзье. Үүний тулд тооцооны анхдагч суурь өгөгдлүүдийг дараах байдлаар сонгож авна.

- Дисконтын норм $E_{\text{суурь}}=0.1$,
- Тооцооны хугацаа $T_m=10$ жил,
- 2010 оны түвшинтэй харьцангуй 2021 оны дефляцийн коэффициент $K_{\text{def}}=208$
- Агаарын шугам барьж ашиглах хугацаа $T_{\text{бар}}=1$ жил
- Их алдагдлын хугацаа $\tau = 3500$ цаг
- 35-110 кВ-ын төмөр бетон тулгууртай агаарын шугамын хөрөнгө оруулалтын засвар, үйлчилгээний зардлын шимтгэл $\alpha_{\text{ш.үйл}}=0.04$
- 35-110 кВ-ын агаарын шугамын сэргээн засварлалтын зардлын шимтгэл $\alpha_{\text{с.з}}=0.02$

- 6-10 кВ-ын төмөр бетон тулгууртай агаарын шугамын хөрөнгө оруулалтын засвар, үйлчилгээний зардлын шимтгэл $\alpha_{ш.үйл}=0.02$
- 6-10 кВ-ын агаарын шугамын сэргээн засварлалтын зардлын шимтгэл $\alpha_{с.з}=0.03$

Нэг км агаарын шугамын барих зардлыг их ачааллаас хамаарах дараах тэгшитгэлийг ашиглана [4].

$$3_{шoi} = d_{экс} K_{оэф} K_{oi} + Ц_э d_{т.а} 3\tau_{oi} 10^{-3} I_{иx}^2 = AK_{oi} + BI_{иx}^2 \quad (1)$$

Энэ тэгшитгэлийн шугамын огтлолоос хамаарахгүй А ба В коэффициентуудыг тодорхойлно. Эдгээр коэффициентууд нь дисконтчлолын тооцооны утга $d_{т.а}$ ба дисконтчлолын эквивалент үржигдэхүүн $d_{экс}$ -ээс хамаарна.

Ашиглалтын хугацаа $T_a = T_r - T_{бар} = 10 - 1 = 9$ жил болно. Тэгвэл дисконтчлолын тооцооны

$$\text{Үржигдэхүүн } d_{т.а} = \sum_{t=1}^{10} (1+0.1)^{-t} = 5.2354$$

Дисконтчлолын эквивалент үржигдэхүүн

$$d_{экс} = (1+E)^{-1} + \alpha_{үйл} d_{т.а} - (1 - \alpha_{с.з} T_a)(1+E)^{-T_r} \quad (2)$$

Энэ $d_{экс}$ хэмжигдэхүүн шугам сүлжээний $\alpha_{үйл}$ ба $\alpha_{с.з}$ -аас хамаарч байгаа тул хүчдэлийн түвшингээс хамааруулан олно.

35-110 кВ-ын шугам:

$$d_{экс} = (1+0.1)^{-1} - (1-0.02*9)(1+0.1)^{-10} + 0.04*5.2354 = 0.8023$$

6-10 кВ-ын шугам:

$$d_{экс} = (1+0.1)^{-1} - (1-0.03*9)(1+0.1)^{-10} + 0.02*5.2354 = 0.7323$$

Эндээс А коэффициентыг олно.

$$A_{35-110} = d_{экс35-110} * K_{оэф} = 0.8023 * 208 = 167$$

$$A_{6-10} = d_{экс6-10} * K_{оэф} = 0.7323 * 208 = 152$$

В коэффициент нь дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

$$B = 3 Ц_э \tau_{т.а} 10^{-3} \quad (3)$$

Энэ коэффициентын утга цахилгаан эрчмийн үнээс хамаарч байна.

Манай ТЭХС-ийн хэрэглэгчдийн цахилгаан эрчмийн үнэ хэрэглэгчдийн төрлөөс хамаарч өөр өөр байгаа ба тэдгээрийн дундаж үнэ $Ц_э = 134.32$ төг/кВт.ц гэж авна.

Тэгвэл $B = 3 * 134.32 * 5.2354 * 3500 = 7.384$ сая кВт.цаг/В*А*км болох ба А, В коэффициентуудын утгууд хүчдэлийн түвшин бүр дэх нэг км шугамын үнэ ба A_{35-110} , A_{6-10} утгууд болон шугамын огтлолын r_0 эсэргүүцлээр тодорхойлогдоно.

$$A_i = A * K_{oi}, B = B * r_{oi}$$

Өөрөөр хэлбэл A_i , B_i коэффициентууд шугамын огтлол бүрд өөр өөр байна.

Иймд тооцооны үр дүнг хүснэгт 1-д харуулав.

Хүснэгт 1. Агаарын шугамын зардлын (1) томьёоны коэффициентуудын утгууд

F _i , мм ²	R _{oi} , сая.төг/км	110 кВ, A ₃₅₋₁₁₀ =24.0708				35 кВ, A ₃₅₋₁₁₀ =24.0708		6-10 кВ, A ₆₋₁₀ =21.971		B _i , сая.төг/км
		K _{oi} сая.төг/км		A _i сая.төг/км		K _{oi} сая.төг/км	A _i сая.төг/км	K _{oi} сая.төг/км	A _i сая.төг/км	
		1 хэл	2 хэл	1 хэл	2 хэл	1 хэл	1 хэл	1 хэл	1 хэл	
25	1.26	-	-			52.46	8761	15.6	2371	9.304
35	0.90	-	-			53.35	8909	16.8	2553	6.645
50	0.63	-	-			54.22	9055	24.0	3648	4.652
70	0.45	83.41	177.54	13929	29649	55.73	9307	26.0	3952	3.323
95	0.331	85.43	181.59	14267	30325	-	-	-	-	2.444
120	0.262	87.03	184.79	14534	30860	-	-	-	-	1.934
150	0.21	89.38	189.48	14926	31643	-	-	-	-	1.551
185	0.17	91.81	194.35	15332	32456	-	-	-	-	1.255

Хүснэгтийн үр дүнгээс 110 кВ-ын шугамын хувьд нэг ба хоёр хэлхээтэй шугам тус бүрд огтлол бүрээр зардлын муруйг $I_{иx}$ утгаас хамааруулан (1) томьёогоор байгуулна.

1. 110 кВ-ын нэг хэлхээтэй шугамын зардлын хамаарал

$$F=70: 3_{шoi}=13929+3.323I_{иx}^2$$

$$F=95: 3_{шoi}=14267+2.444I_{иx}^2$$

$$F=120: 3_{шoi}=14534+1.934I_{иx}^2$$

$$F=150: 3_{шoi}=14926+1.551I_{иx}^2$$

$$F=185: 3_{шoi}=15332+1.255I_{иx}^2$$

2. 110 кВ-ын хоёр хэлхээтэй шугамын зардлын хамаарал:

$$F=70: 3_{шoi}=29649+3.323I_{иx}^2$$

$$F=95: 3_{шoi}=30325+2.444I_{иx}^2$$

$$F=120: 3_{шoi}=30860+1.934I_{иx}^2$$

$$F=150: 3_{шoi}=31643+1.551I_{иx}^2$$

$$F=185: 3_{шoi}=32456+1.255I_{иx}^2$$

3. 35 кВ-ын хоёр хэлхээтэй шугамын зардлын хамаарал:

$$F=25: 3_{шoi}=8761+9304I_{иx}^2$$

$$F=35: 3_{шoi}=8909+6645I_{иx}^2$$

$$F=50: 3_{шoi}=9055+4652I_{иx}^2$$

$$F=70: 3_{шoi}=9307+3323I_{иx}^2$$

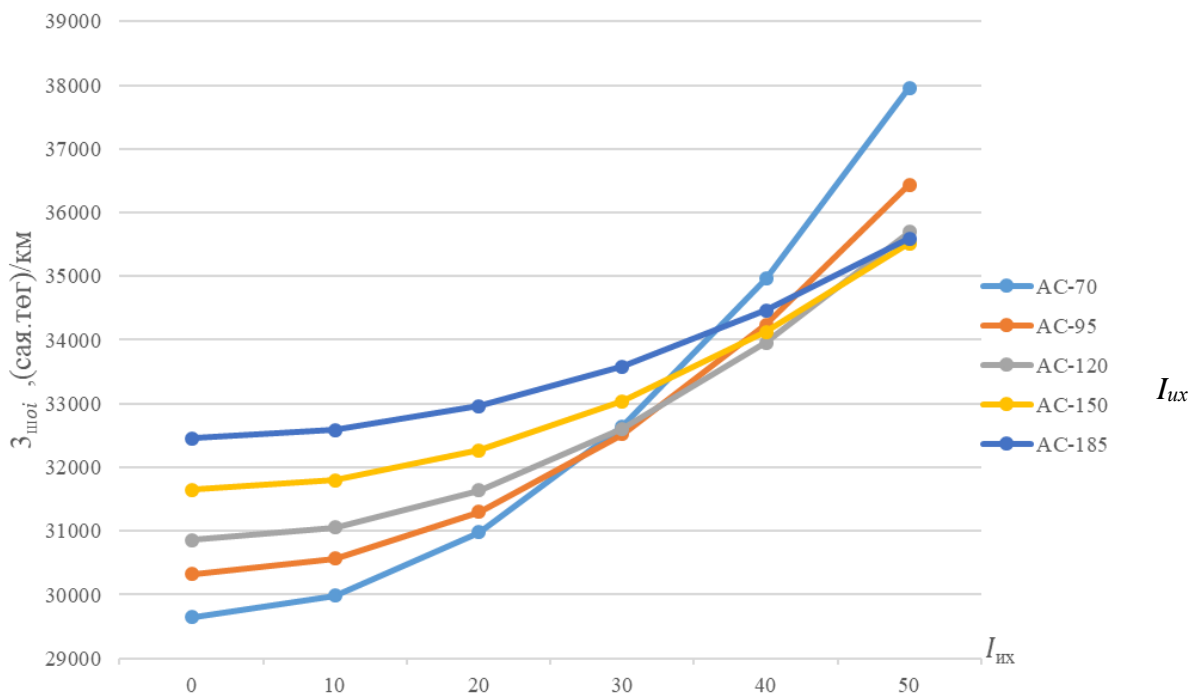
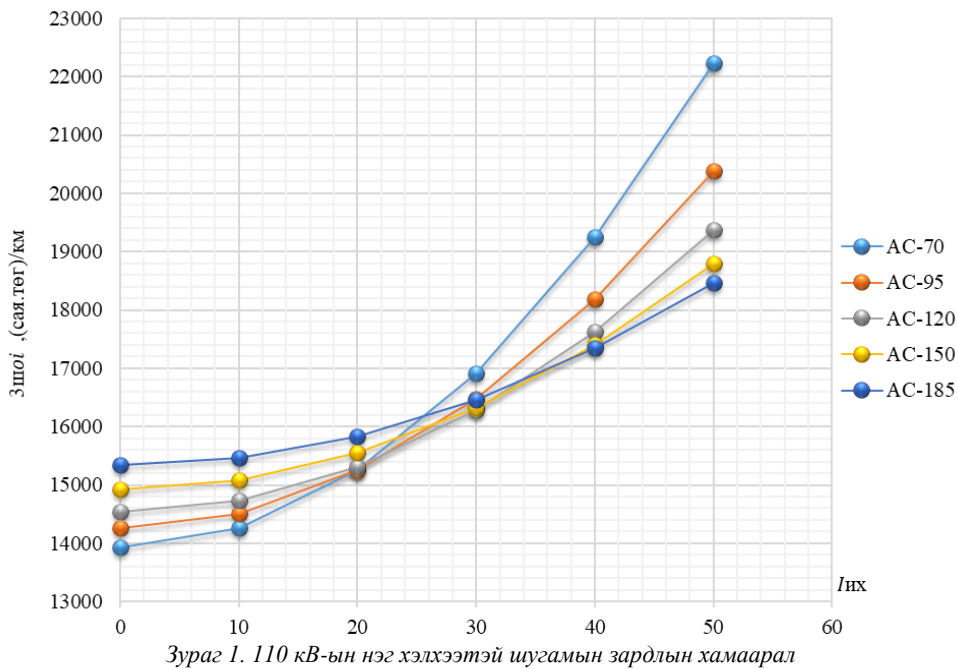
4. 6-10 кВ-ын хоёр хэлхээтэй шугамын зардлын хамаарал:

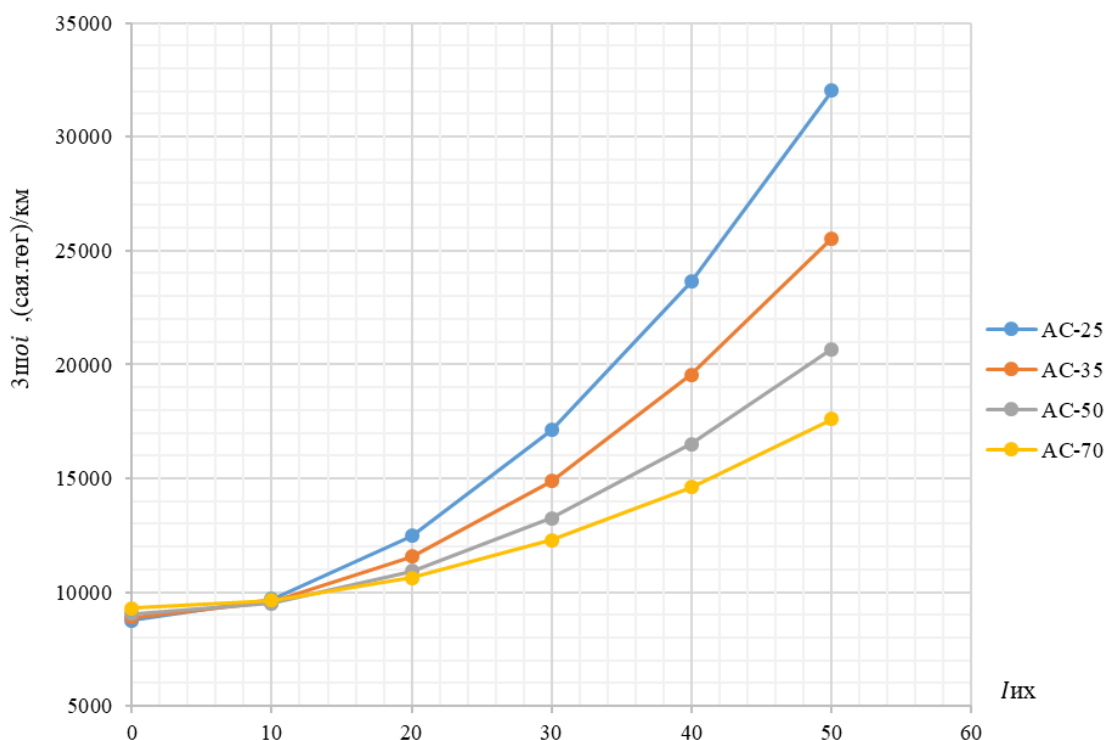
$$F=25: 3_{шoi}=2371+9304I_{иx}^2$$

$$F=35: 3_{шoi}=2553+6645I_{иx}^2$$

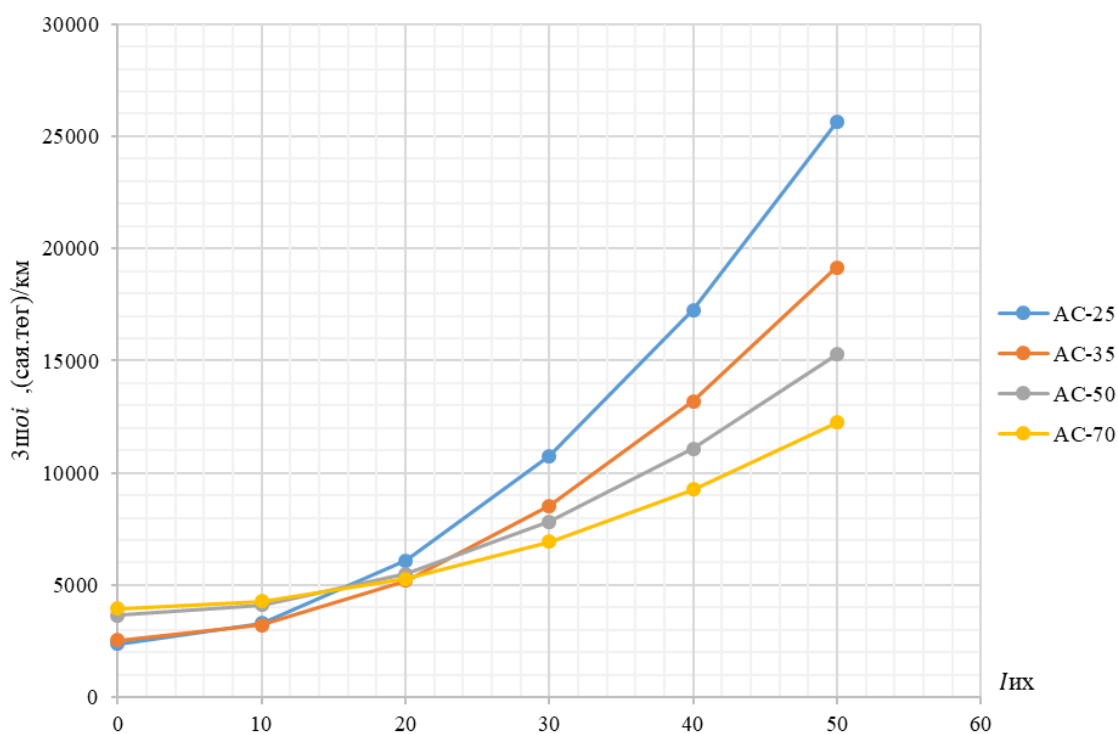
$F=50: Z_{шол} = 3648 + 4652 I_{нх}^2$
 $F=70: Z_{шол} = 3952 + 3323 I_{нх}^2$

Дээрх зардлын хамаарлын тэгшитгэлүүдээр графикийг байгуулж зураг 1-зураг 4-д харуулав.





Зураг 3. 35 кВ-ын шугамын зардлын хамаарал



Зураг 4. 6-10 кВ-ын шугамын зардлын хамаарал

Хүснэгт 1-д гарсан тооцооны үр дүнд дүн шинжилгээ хийхэд B_i коэффициентын утгаар тодорхойлогдох $Z_{шoтi}=f(I_{ux})$ параболын эргэлт F_i огтлол ихсэж байхад эрс багасаж байгаа ба харин тогтмол байгуулагч A_i ихсэж байна. Нөгөө талаас

тухайн хүчдэлтэй шугамын зэргэлдээ хоёр огтлолын огтлолцлын цэгт харгалзах гүйдлийн хязгаарын утгуудыг тодорхойлж болно. Жишээ нь 35 кВ-ын шугамын $F=25$ ба $F=35$ огтлол тус

бүрийн зардлыг өөр хооронд нь тэнцүүлэх замаар хоёр огтлолын гүйдлийн хязгаарын утгыг олно.

$$3_{ш0125}=8761+9,304I_{ИХ}^2$$

$$3_{ш0135}=8909+6,645I_{ИХ}^2$$

$$\text{Эндээс } 8761+9,304I_{ИХ}^2=8909+6,645I_{ИХ}^2, \\ 2.659I_{ИХ}^2=148,$$

$$I_{ИХ}=\sqrt{\frac{148}{2.659}}=7.46\text{А};$$

Ингээд 35 кВ-ын шугамын огтлол бүрээр гүйдлийн хязгаарын утгыг тодорхойлж үр дүнг хүснэгт 2-д харуулав.

Хүснэгт 2. 35 кВ-ын нэг хэлхээтэй төмөр бетон тулгууртай шугамын гүйдлийн эдийн засгийн хязгаарын утгууд

35 кВ-ын шугам	Гүйдлийн эдийн засгийн хязгаарын утгууд, А					
	25/35	25/50	25/70	35/50	35/70	50/70
Нэг хэлхээтэй	7,46	7,95	9,55	8,5	10,95	13,8

110 кВ-ын нэг хэлхээтэй болон хоёр хэлхээтэй шугамын гүйдлийн эдийн засгийн хязгаарын

утгуудыг огтлол бүрээр тодорхойлж үр дүнг хүснэгт 3-д үзүүлэв.

Хүснэгт 3. 110 кВ-ын төмөр бетон тулгууртай шугамын гүйдлийн эдийн засгийн хязгаарын утгууд

110 кВ-ын шугам	Гүйдлийн эдийн засгийн хязгаарын утгууд, А									
	70/95	70/120	70/150	70/185	95/120	95/150	95/185	120/150	120/185	150/185
1 хэлхээтэй	19,6	20,87	23,7	26,0	22,9	27,2	29,93	32,0	34,3	37,0
2 хэлхээтэй	27,7	29,5	33,5	36,8	32,4	38,4	42,3	45,2	48,3	52,4

ДҮГНЭЛТ

1. Цахилгаан шугам сүлжээний ашиглалтын болон байгууламжийн эдийн засгийн үр ашиг бүхэлдээ ЦШС-ний зүй зохистой байгуулалтаас маш их хамаардаг ба түүний элементүүдэд алдагдах цахилгаан эрчмийн алдагдал дамжиж буй эрчмийн 20 хүртэлх хувийг эзэлдэг. Энэ алдагдлын дийлэнх нь шугам, трансформаторын бодит эсэргүүцэлд зарцуулагддаг бөгөөд түүнийг багасгах хамгийн үр дүнтэй арга бол шугамын огтлолыг ихэсгэх явдал юм.
2. Бидэнд манай оронд өргөн хэрэглэгддэг 110-6 кВ-ын ЦШС-ний хөрөнгө оруулалтын зардлын гүйдлээс хамаарах математик загварыг хүчдэлийн түвшин бүрд шугамын огтлолоос хамааруулан байгуулж загваруудын тооцооны коэффициентуудыг шугамын огтлолоос хамааруулан тодорхойлсон юм.
3. Мөн тухайн хүчдэлтэй шугамын зэргэлдээ хоёр огтлолд харгалзах гүйдлийн эдийн засгийн хязгаарын утгуудыг тодорхойлсон ба шугамын зардлын гүйдлээс хамаарах графикийг хүчдэлийн түвшин бүрээр байгуулсан болно.

Эдгээр графикийг 6-110 кВ-ын ЦШС-ний зураг төсөл боловсруулах үед шугамын огтлолыг сонгоход ашиглах боломжтой юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Петренко Л.И. Электрические сети и системы. Киев: Высшая школа 1981. с370с.
- [2] Садуллаев Н.М. Оптимизация параметров схемы электроснабжения предприятия по минимуму единовременных затрат-Электрооборудование: Эксплуатация и ремонт. 2009. №9.
- [3] Зуев Э.Н. К вопросу об актуализации нормативов на экономическую плотность тока. -ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика электротехническая промышленность. 2002. №6.
- [4] Злобин С.В. Выбор сечений проводов воздушных линий электропередачи 110 кВ в современных условиях развития электроэнергетики. 3-ая международная научно-техническая конференция. Энергосистема: управление конкуренция, образование. Сборник докладов. Том 2. 14-16 октября 2008 Г.Екатеринбург.

110-220 кВ-ЫН ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮР АШГИЙН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Д.Содномдорж¹, Б.Дашдаваа²

¹ ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

² Цахилгаан Дамжуулах Үндэсний Сүлжээ ТӨХК

¹sodnomd@must.edu.mn, ²dashdavaa@transco.mn

Хураангуй

Манай улсын хэмжээнд цахилгаан дамжуулах шугам сүлжээг бүрдүүлж буй 220, 110 кВ-ын хүчдэлтэй цахилгаан шугам сүлжээ (ЦШС)-ний хөрөнгө оруулалтын интеграл шилжүүлсэн зардлын математик загварыг байгуулж, тэдгээрийн дисконтчлогдсон хэм хэмжээт коэффициентуудын утгыг тооцооны янз бүрийн хугацаанд авч үзэж тодорхойлсон үр дүнгийн талаар энэхүү өгүүлэлд авч үзсэн болно.

Түлхүүр үг: Хөрөнгө оруулалт, ашиглалтын зардал, интеграл зардал, дисконтчлогдсон хэм хэмжээт коэффициент

I. УДИРТГАЛ

Манай улсын цахилгаан дамжуулах үндэсний сүлжээ нь өнөөгийн нөхцөлд 220, 110 кВ-ын хүчдэлтэй сүлжээнээс бүрдэж байгаа бөгөөд хэдийгээр Улаанбаатар-Мандалговийн ЦШС-г 330 кВ-ын хүчдэлтэй байхаар барьсан ч одоогоор 220 кВ-ын хүчдэлийн түвшинд ашиглаж байна. Одоогоор манай улсын хэмжээнд (ТБЭХС, ББЭХС, ЗБЭХС, ӨБЭХС) 220 кВ-ын шугамын нийт урт (нэг хэлхээнд шилжүүлснээр) 3517.12 км, дэд станцын тоо 11, 110 кВ-ын шугамын нийт (нэг хэлхээнд шилжүүлснээр) 6093.444 км, дэд станцын тоо 86 байна.

Иймд эдгээр шугам сүлжээний нийт хөрөнгө оруулалт болон жилийн ашиглалтын зардал маш их ба цаашид ч дээрх хүчдэлтэй шугам сүлжээ болон дэд станцууд олноор баригдах нь зайлшгүй юм. Манай орны цахилгааны хэрэглэгчид өөр хоорондоо алслагдсан өргөн уудам газар нутаг дээр байрласан боловч тэдгээрийн цахилгаан ачаалал харьцангуй бага байгаа нь илүү өндөр хүчдэл (330, 500 кВ) дээр ЦШС-г барих техникийн нөхцөл хараахан бүрдээгүй байгаа болно. Ийм учраас цахилгаан дамжуулах шугам сүлжээний үндсэн хүчдэл нэг хэсэгтээ л 220, 110 кВ-ын хүчдэл байхаар байна.

Энэхүү нөхцөл байдалд бидний өмнө дээрх хүчдэлтэй ЦШС-ний эдийн засгийн үр ашгийн судалгааг зах зээлийн орчин үеийн арга дээр тулгуурлан гүйцэтгэх зайлшгүй шаардлагатай байна.

II. 220 КВ-ЫН ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ АГААРЫН ШУГАМ, ДЭД СТАНЦЫН ИНТЕГРАЛ ШИЛЖҮҮЛСЭН ЗАРДЛЫН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Бид энд манай орны тодорхой байрлалд ашиглагдаж буй 220 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ)-ыг авч үзээгүй ба ер нь 220 кВ-ын ЦДАШ болон дэд станцын хөрөнгө оруулалтын интеграл шилжүүлсэн зардлын математик загварыг байгуулах, тэдгээрийн дисконтчлогдсон хэм хэмжээт коэффициентуудын судалгааг тооцооны янз бүрийн хугацаанаас хамааруулан гүйцэтгэсэн юм.

Өндөр хүчдэлийн ЦДАШ болон дэд станцын хөрөнгө оруулалтын интеграл шилжүүлсэн зардлын математик загварыг бид [1] бүтээлд дараах хэлбэрт гарган авсан юм:

$$Z_T = \alpha_{K,T} K + \alpha_{И,T} I_{av},$$

үүнд K – Хөрөнгө оруулалтын хэмжээ,

I_{av} – Цахилгаан эрчмийн алдагдлын зардал,

$\alpha_{K,T}$ – Хөрөнгө оруулалтын дисконтчлогдсон хэм хэмжээт коэффициент,

$\alpha_{И,T}$ – Ашиглалтын дисконтчлогдсон хэм хэмжээт коэффициент.

Дээрх (1) илэрхийллийн бүх гишүүдийг $\alpha_{И,T}$ - д хувааж жилийн шилжүүлсэн зардлын бүтэц бүхий хялбар зардлыг гарган авна.

$$Z_T = \frac{\alpha_{K,T}}{\alpha_{И,T}} K + I_{av} = E_{K,T} K + I_{av}$$

Цахилгаан дамжуулах агаарын шугамыг төмөр бетон болон төмөр тулгууртайгаар авч үзсэн ба гагцхүү 220 кВ-ын агаарын шугам, дэд станцыг хурдасгасан элэгдэлтэй ба ердийн элэгдэлтэй гэсэн хоёр хувилбараар авч үзсэн юм. Үүнтэй уялдаад агаарын шугам ба дэд станцын тоног төхөөрөмжийн ажиллах дундаж бодит хугацаанд харгалзах сэргээн засварлалтын шимтгэлийн (стандарт) хэм хэмжээт утгуудыг [2] бүтээлд авч үзсэнээр гүйцэтгэсэн болно. Эдгээр сэргээн засварлалтын шимтгэлийн утгуудыг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Өндөр хүчдэлийн ЦДАШ ба дэд станцын сэргээн засварлалтын шимтгэлийн утгууд

Шугам сүлжээний хүчдэл, кВ	Элэгдэл хорогдлын хэлбэр	Сэргээн засварлах шимтгэл, $\alpha_{с.з}$	
		Шугам	Дэд станц
220	Ердийн элэгдэлтэй	-	0.035
	Хурдасгасан элэгдэлтэй	0.067	0.067
110	Ердийн элэгдэлтэй	0.02	0.035

Бидний байгуулсан ЦДАШ-ын хөрөнгө оруулалтын интеграл шилжүүлсэн зардлын математик загвар (1)-ын хөрөнгө оруулалтын дисконтчлогдсон хэм хэмжээт коэффициент ($\alpha_{к.т}$) ба ашиглалтын дисконтчлогдсон хэм хэмжээт коэффициент ($\alpha_{и.т}$)-ийн утгуудыг тооцооны $T_T=5, 10, 15$ жилийн хугацаанд авч үзэж судалгаа явуулсан болно. Дээр гарган авсан (1) ба (2) загваруудын хоёр төрлийн дисконтчлогдсон хэм хэмжээт коэффициентуудыг тодорхойлох томъёог мөн [1] бүтээлд дараах хэлбэртэй гарган авсан. Энд хөрөнгө оруулалтын дисконтчлогдсон хэм хэмжээт коэффициентыг

$$\alpha_{к.т} = 1 + \alpha_{ш.үйл} \sum_{t=1}^{T_T} (1+E)^{-t} - (1 - \alpha_{с.з} T_T) (1+E)^{-T_T}$$

гэж тодорхойлно.

Энд бид үйлчилгээний урсгал зардлын шимтгэлийн коэффициент ($\alpha_{ш.үйл}$)-ийн утгыг 110, 220 кВ-ын сүлжээний шугам болон дэд станцын хувьд [2] бүтээлийн дагуу гаргаж хүснэгт 2-д үзүүлэв.

Ашиглалтын дисконтчлогдсон шимтгэлийн коэффициентыг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$\alpha_{и.т} = \sum_{t=1}^{T_T} (1+E)^{-t},$$

үүнд E-дисконтын норм.

Хүснэгт 2. 110-220 кВ-ын ЦДАШ-ын үйлчилгээний урсгал зардлын шимтгэлийн утгууд

Шугам сүлжээний хүчдэл, кВ	Элэгдэл хорогдлын хэлбэр	Үйлчилгээний урсгал зардлын шимтгэл, $\alpha_{ш.үйл}$	
		Шугам	Дэд станц
220	Ердийн элэгдэлтэй	0.075	0.084
	Хурдасгасан элэгдэлтэй	0.075	0.116
110	Ердийн элэгдэлтэй	0.028	0.094

Одоо бид 220 кВ-ын агаарын шугам ба дэд станцын хөрөнгө оруулалтын болон ашиглалтын дисконтчлогдсон шимтгэлийн коэффициентын утгуудыг дисконтын норм $E=0.04$ -оос $E=0.2$ хүртэлх утгуудад тодорхойлно. Гэхдээ дисконтын нормын тухайн утгыг тооцооны хугацааны $T_T=5, 10, 15$ жил тус бүрээр тодорхойлно.

E=0.04 үед $T_T=5$ жил

- Хэвийн элэгдэлтэй 220 кВ-ын дэд станц:

$$\alpha_{к.т} = 1 + 0.084 \sum_{t=1}^5 (1+0.04)^{-t} - (1 - 0.035 * 5) (1+0.04)^{-5} = 0.69586;$$

$$\alpha_{и.т} = \sum_{t=1}^5 (1+0.04)^{-t} = 4.45182;$$

$$E_{к.т} = \frac{\alpha_{к.т}}{\alpha_{и.т}} = \frac{0.69586}{4.45182} = 0.156309;$$

- Хурдасгасан элэгдэлтэй 220 кВ-ын дэд станц:

$$\alpha_{к.т} = 1 + 0.116 \sum_{t=1}^5 (1+0.04)^{-t} - (1 - 0.067 * 5) (1+0.04)^{-5} = 0.9698;$$

$$\alpha_{и.т} = \sum_{t=1}^5 (1+0.04)^{-t} = 4.45182;$$

$$E_{к.т} = \frac{\alpha_{к.т}}{\alpha_{и.т}} = \frac{0.9698}{4.45182} = 0.2178;$$

- Хурдасгасан элэгдэлтэй агаарын шугам:

$$\alpha_{к.т} = 1 + 0.075 \sum_{t=1}^5 (1+0.04)^{-t} - (1 - 0.067) (1+0.04)^{-5} = 0.7873;$$

$$\alpha_{и.т} = 4.45182;$$

$$E_{к.т} = \frac{\alpha_{к.т}}{\alpha_{и.т}} = \frac{0.7873}{4.45182} = 0.1768;$$

220 кВ-ын ердийн элэгдэлтэй ба хурдасгасан элэгдэлтэй агаарын шугамын $\alpha_{ш.үйл}$ шимтгэлийн утга ижил тул $\alpha_{к.т}$ утгууд мөн ижил байна. Ингээд дисконтын утга $E=0.04$ байхад тооцооны $T_T=10, 15$ утгуудад тооцоог дээрхийн адил гүйцэтгэх замаар дисконтын нормын $E=0.04 \div 0.2$ бүх утгуудад тооцоо хийж үр дүнг хүснэгт 3-д харуулав.

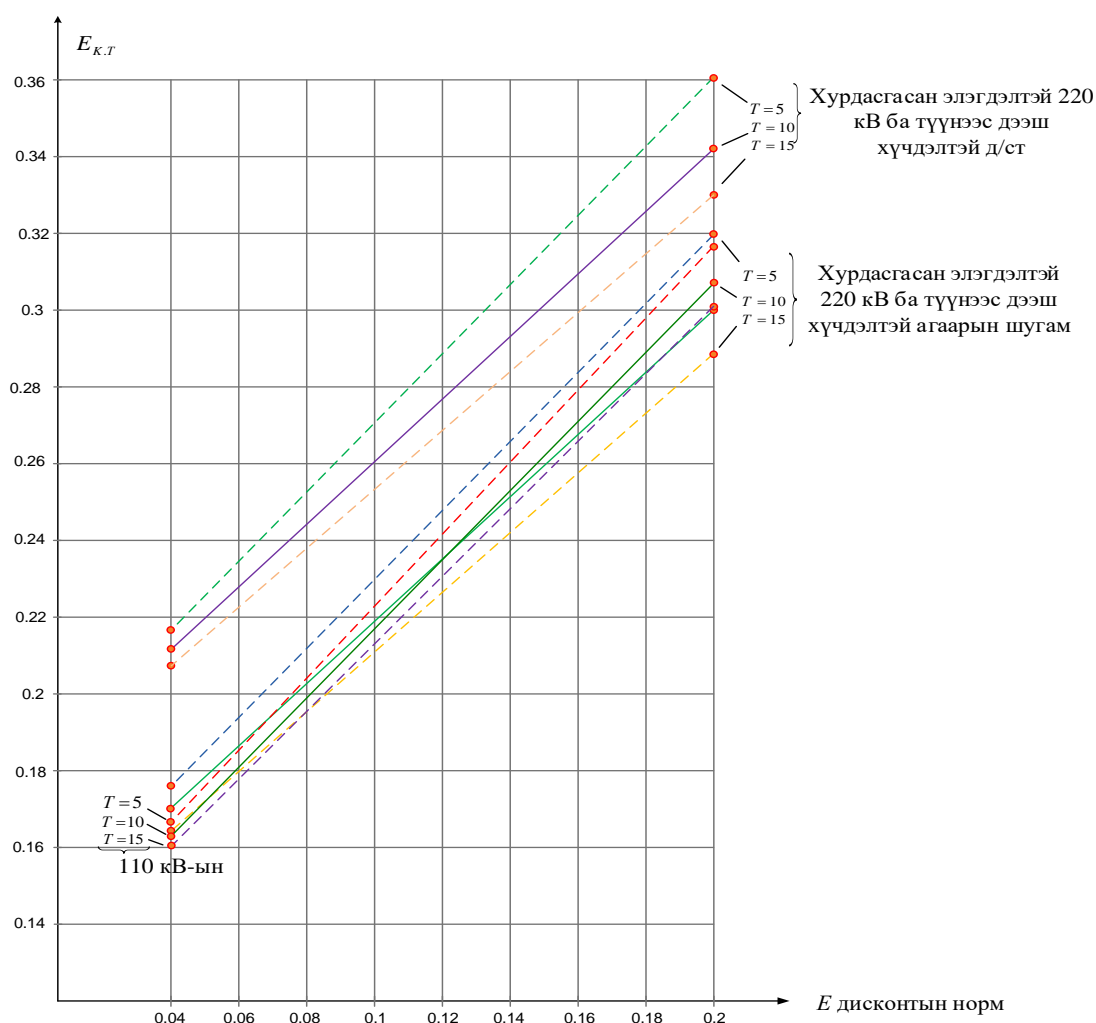
Хүснэгт 3. 220 кВ-ын хурдасгасан ба ердийн элэгдэлтэй дэд станц болон хурдасгасан элэгдэлтэй агаарын шугамын дисконтчлогдсон хэм хэмжээт утгууд

E	T _T , жил	Ердийн ба хурдасгасан элэгдэлтэй агаарын шугам, $\alpha_{с.з}=0.067$		Хурдасгасан элэгдэлтэй дэд станц, $\alpha_{с.з}=0.067$		Ердийн элэгдэлтэй дэд станц, $\alpha_{с.з}=0.067$	
		$\alpha_{к.т}$	$E_{к.т}$	$\alpha_{к.т}$	$E_{к.т}$	$\alpha_{к.т}$	$E_{к.т}$
0.04	5	0.7873	0.1768	0.9698	0.2178	0.6959	0.1563
	10	1.3853	0.1708	1.7180	0.2118	1.2422	0.1532
	15	1.8338	0.1650	2.2900	0.2060	1.6702	0.1502
	5	0.8469	0.2120	1.1060	0.2531	0.7739	0.1938

0.08	10	1.3503	0.2012	1.6260	0.2423	1.5693	0.1826
	15	1.6419	0.1918	1.993	0.2328	1.5693	0.1826
0.125	5	0.8980	0.2522	1.0430	0.2930	0.8412	0.2285
	10	1.3136	0.2258	1.5406	0.2783	1.2650	0.2285
	15	1.4975	0.2258	1.7694	0.2668	1.4760	0.225
0.2	5	0.9570	0.3200	1.0800	0.3610	0.9196	0.3062
	10	1.2611	0.3010	1.4330	0.3418	1.2471	0.2975
	15	1.3506	0.2890	1.5420	0.3300	1.3620	0.2913

Дээрх үр дүнгийн шинжилгээнээс харахад хэдийгээр тооцооны T_T хугацаанаас хамаарах a_{KT} ба a_{HT} коэффициентуудын хамаарал хүчтэй байгаа боловч энэ E_{KT} коэффициентын утга харьцангуй сул хамааралтай байна (тогтмол). Энэ нь (2) томьёоны давуу талыг харуулж байна. Эндээс E_{KT}

коэффициентыг тодорхойлох номограммыг байгуулах боломжтой болж байна. Ингээд 220 кВ-ын агаарын шугам ба дэд станцын элэгдлийн янз бүрийн хэлбэрүүдэд байгуулсан номограммыг Зураг-1 дээр үзүүлэв.



Зураг 1. 220 кВ-ын агаарын шугам ба дэд станцын хурдасгасан элэгдэлтэй үеийн E_{KT} коэффициентын номограмм

Ш. 110 КВ-ЫН ЦДАШ-ЫН ИНТЕГРАЛ ШИЛЖҮҮЛСЭН ЗАРДЛЫН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

110 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугам сүлжээний шугам ба трансформаторуудыг бид ердийн (энгийн) элэгдэлтэй нөхцөлд авч үзсэн

бөгөөд шугамыг мөн төмөр бетон болон төмөр тулгууртайгаар тооцоо хийсэн болно. Энэ шугам сүлжээний интеграл шилжүүлсэн зардлын математик загварууд ба түүний дискончлогдсон коэффициентуудыг тодорхойлох томьёо 220 кВ-ын сүлжээтэй ижил байна.

Харин хөрөнгө оруулалтын сэргээн засварлалтын шимтгэл $\alpha_{с.з}$ болон үйлчилгээний урсгал засварын шимтгэлийн коэффициентууд өөр байгаа ба тэдгээрийг хүснэгт-1 ба хүснэгт-2-д харуулсан болно. Иймд энэ шугам сүлжээний хөрөнгө оруулалтын интеграл шилжүүлсэн загварын коэффициентуудын тооцоог дээрээс авч дарааллын дагуу гүйцэтгэсэн юм.

E=0.04 үед T_T=5жил

110 кВ-ын шугам:

Хөрөнгө оруулалтын дисконтчлогдсон коэффициент

$$\alpha_{к.т} = 1 + 0.028 \sum_{t=1}^5 (1 + 0.04)^{-t} - (1 - 0.02 * 5)(1 + 0.04)^{-5} = 0.38492$$

Ашиглалтын дисконтчлогдсон коэффициент

$$\alpha_{н.т} = \sum_{t=1}^5 (1 + 0.04)^{-t} = 4.45182$$

$$E_{к.т} = \frac{\alpha_{к.т}}{\alpha_{н.т}} = \frac{0.38492}{4.45182} = 0.08646$$

110 кВ-ын дэд станц:

$$\alpha_{к.т} = 1 + 0.094 \sum_{t=1}^5 (1 + 0.04)^{-t} - (1 - 0.035)(1 + 0.04)^{-5} = 0.740381$$

$$\alpha_{н.т} = 4.45182$$

$$E_{к.т} = \frac{\alpha_{к.т}}{\alpha_{н.т}} = \frac{0.740381}{4.45182} = 0.166309$$

Ийм байдлаар T_T=10, 15 тооцооны хугацаанд болон E=0.04÷0.2 байх бүх утгуудын хувьд тооцоог гүйцэтгэж үр дүнг хүснэгт 4-д харуулав.

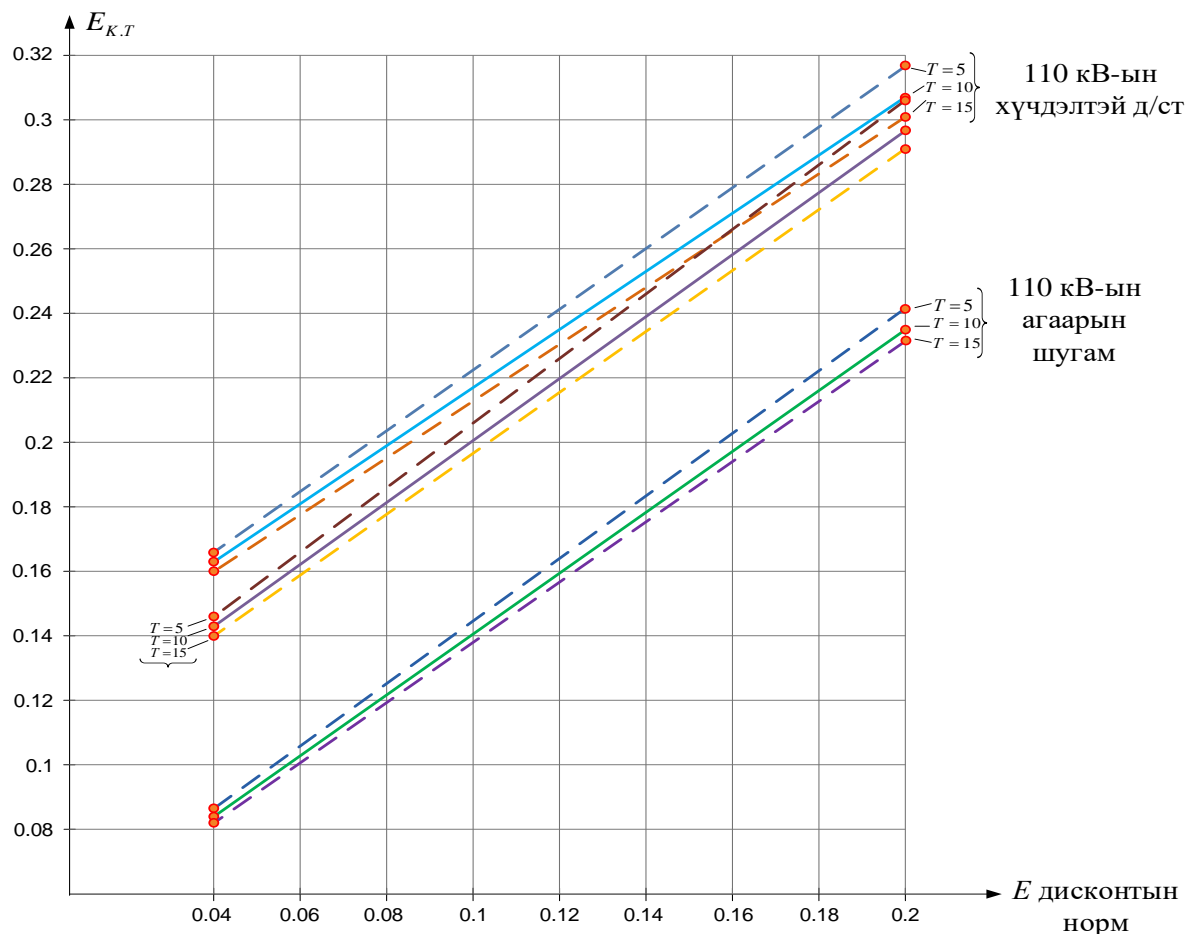
Хүснэгт 4. 110 кВ-ын ердийн элэгдэлтэй шугам ба дэд станцын дисконтчлогдсон коэффициентууд

E	T _T , жил	Агаарын шугам, $\alpha_{с.з}=0.02$		Дэд станц, $\alpha_{с.з}=0.035$		$\alpha_{н.т}$
		$\alpha_{к.т}$	$E_{к.т}$	$\alpha_{к.т}$	$E_{к.т}$	
0.04	5	0.38492	0.08646	0.74038	0.16631	4.45182
	10	0.686665	0.08465	1.323307	0.163151	8.11896
	15	0.92263	0.082982	1.781378	0.160219	11.1184
0.06	5	0.445414	0.1057	0.77947	0.185044	4.212364
	10	0.759374	0.103173	1.328892	0.180553	7.36009
	15	0.979857	0.100888	1.714751	0.1754751	9.71225
0.08	5	0.499271	0.125045	0.813834	0.203829	3.99271
	10	0.817327	0.121805	1.329672	0.19816	6.71008
	15	1.018996	0.119048	1.654851	0.193335	8.55948
0.10	5	0.547313	0.144379	0.844074	0.222664	3.79079
	10	0.863613	0.140549	1.326986	0.21596	6.14457
	15	1.004473	0.132061	1.463878	0.192461	7.6061
0.125	5	0.60026	0.168585	0.876877	0.246274	3.560568
	10	0.908663	0.164124	1.32026	0.238467	5.536431
	15	1.066099	0.160729	1.54232	0.232525	6.632894
0.15	5	0.646401	0.192831	0.904932	0.269955	3.352155
	10	0.942778	0.187852	1.311094	0.261238	5.018769
	15	1.0777	0.181305	1.949969	0.255033	5.990711
0.2	5	0.722012	0.2451037	0.949569	0.317516	2.990612
	10	0.988185	0.235704	1.289114	0.307483	4.192472
	15	1.085479	0.232164	1.408664	0.301288	4.675473

110 кВ-ын ердийн элэгдэлтэй ЦШС-ий шугам ба дэд станцын дисконтчлогдсон коэффициентын номограммыг зураг-2 дээр үзүүлэв.

Бидний байгуулсан номограммуудаас $E_{к.т}$ коэффициент ба дисконтын E нормын хооронд маш хатуу холбоотой болох нь харагдаж байна. Цахилгаан эрчим хүчний хөрөнгө оруулалт зардлаа нөхөх хангалттай их хугацаатай байдаг бөгөөд энэ нь тухайн салбарт хөрөнгө оруулах бизнесийн сонирхлыг бууруулдаг байна. Энэ

сонирхлыг нэмэгдүүлэх ба үйлдвэрлэлийн үндсэн фондыг шинэчлэх тэмүүлэл нь агаарын шугам сүлжээ ба дэд станцын элэгдлийн хурдасгасан нормыг хэрэглэх боломжийг бий болгодог. Үүнтэй уялдаад [3] бүтээлд элэгдлийн хурдасгасан нормыг хэрэглэх үед эдгээр объектуудын дисконтчлогдсон коэффициентуудыг тодорхойлох тооцооны аргачлалын дагуу бид дээрх тооцоог гүйцэтгэж үр дүнг хүснэгт-4-д үзүүлсэн юм.



Зураг 2. 110 кВ-ын агаарын шугам ба дэд станцын ердийн элэгдлийн нормын үед дэх $E_{k,T}$ коэффициентын номограмм

ДУГНЭЛТ

- Зах зээлийн эдийн засгийн нөхцөлд цахилгаан шугам сүлжээний эдийн засгийн үр ашгийг интеграл шилжүүлсэн зардлын аргаар тооцох нь илүү үр дүнтэй ба энэ аргын гол давуу тал нь төвлөрсөн эдийн засгийн тогтолцооны үед өргөн хэрэглэгдэж байсан статик тохиолдолд жилийн шилжүүлсэн зардлын аргын энгийн ба тохиромжтой байдлыг хадгалахын зэрэгцээ E_n коэффициентыг тодорхойлох шаардлагагүй болно.
- Манай орны эрчим хүчний төхөөрөмжүүдийн элэгдэл хорогдлын шимтгэлийн ердийн нормын үед 110 кВ-ын агаарын шугам, дэд станц болон хурдасгасан ба ердийн элэгдэлтэй байх үеийн 220 кВ-ын агаарын шугам ба дэд станцын интеграл шилжүүлсэн зардлын математик загварын $a_{k,T}$, $a_{n,T}$ коэффициентуудын тоон утгуудыг дисконтын норм (E) ба тооцооны хугацаа (T)-аас хамааруулан тодорхойлж улмаар дээрх объектуудын $E_{k,T}$ коэффициентын дисконтын нормоос хамаарах номограммыг байгуулсан.
- Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд $a_{k,T}$ ба $a_{n,T}$ коэффициентууд тооцооны хугацаа (T)-аас хүчтэй хамааралтай ба харин $E_{k,T}$ коэффициент

тооцооны хугацаанаас маш бага хамааралтай байна. Энэ нь интеграл шилжүүлсэн аргын гол давуу талыг харуулж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Д.Содномдорж, Б.Дашдаваа. Эрчим хүчний системийн эдийн засгийн үр ашгийн үндсэн шинжүүрүүд. Эрчим хүч & engineering. 2022-6(220).
- [2] Справочник по проектированию электроэнергетических систем /Под ред. С.С.Рокотяна и И.М. Шапиро. 3-е изд. Энергоатомиздат, 1985
- [3] Ананичева С.С., Мызин А.Л. Оценка сравнительной эффективности инвестиционных проектов методом интегральных приведенных затрат”. 3-ая международная научно-техническая конференция. Энергосистема: управление, конкуренция образование. Сборник докладов. Том-2. 14-16 окт.2008 г, Екатеринбург.

6-10-35 кВ-ЫН ХУВААРИЛАХ ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ЭДИЙН ЗАСГИЙН ҮР АШГИЙН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Д.Содномдорж¹, Б.Дашдаваа²

¹ ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

²Цахилгаан Дамжуулах Үндэсний Сүлжээ ТӨХК

¹sodnomd@must.edu.mn, ²dashdavaa@transco.mn

Хураангуй

Энэхүү өгүүлэлд бид 6-10-35 кВ-ын хүчдэлтэй хуваарилах (Түгээх) цахилгаан шугам сүлжээ (ХЦШС)-ний хөрөнгө оруулалтын интеграл шилжүүлсэн зардлын математик загварын дисконтчлогдсон коэффициентуудын утгыг тооцооны хугацааны янз бүрийн завсарт тодорхойлсон үр дүн болон тэдгээрийн номограммын талаар авч үзсэн болно.

Түлхүүр үг: Хөрөнгө оруулалт, хуваарилах сүлжээ, интеграл зардал, дисконтчлогдсон коэффициент, ашиглалтын зардал

I. УДИРТГАЛ

Цахилгаан энергийг цахилгаан станцаас хэрэглэгчдэд, хэрэглэгчдийн хооронд дамжуулахад зориулагдсан техникийн төхөөрөмжүүдийн нэгдлийг цахилгаан шугам сүлжээ гэнэ[1]. Цахилгаан шугам сүлжээг хүчдэлийн түвшингээр, хийц маягаар, гүйдлийн төрлөөр, зориулалтаар гэж олон ангилдаг бөгөөд бид энд цахилгаан энергийг хэрэглэгчдэд хүргэх зориулалттай хуваарилах цахилгаан шугам сүлжээний эдийн засгийн үр ашгийн талаар авч үзсэн юм.

Манай улсын хэмжээнд ашиглагдаж буй хуваарилах (Түгээх) шугам сүлжээний хүчдэл нь гол төлөв 6, 10, 35 кВ-ын хүчдэлтэйгээр үйл ажиллагаа явуулж байна. Хуваарилах цахилгаан шугам сүлжээний ажлын горим систем үүсгэгч (цахилгаан дамжуулах) шугам сүлжээний ажлын горимоос эрс ялгаатай ба тухайн сүлжээнээс тэжээгдэх хэрэглэгчдийн горимоор тодорхойлогддог. Өөрөөр хэлбэл ХЦШС-ний горим нь хэрэглэгчдийн бүтэц, шинж чанараас хамаардаг. Нөгөө талаас ХЦШС нь салбарласан бүтэцтэй байдаг бөгөөд маш олон тооны салбарласан шугам, трансформаторын дэд станцуудаас бүрддэг. Ийм нөхцөлд ХЦШС-ний хөрөнгө оруулалтын эдийн засгийн үр ашгийн

судалгааг зайлшгүй гүйцэтгэж дүн шинжилгээ хийх шаардлага байнга тавигддаг.

II. ХУВААРИЛАХ ЦАХИЛГААН ШУГАМ СҮЛЖЭЭНИЙ ХӨРӨНГӨ ОРУУЛАЛТЫН ИНТЕГРАЛ ШИЛЖҮҮЛСЭН ЗАРДЛЫН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Манай орны нөхцөлд түгээмэл ашиглагдаж байгаа 6-10 ба 35 кВ-ын төмөр, төмөр бетон тулгууртай агаарын шугам ба дээрх хүчдэлтэй дэд станцуудын хөрөнгө оруулалтын интеграл шилжүүлсэн зардлын математик загвар нь цахилгаан дамжуулах шугам сүлжээний математик загвартай ерөнхий хэлбэрийн хувьд ижил байх ба түүнийг бид [2] бүтээлд байгуулсан болно.

Энд бид зөвхөн дээрх математик загварын хөрөнгө оруулалтын дисконтчлогдсон коэффициент ($\alpha_{K.T}$), ашиглалтын дисконтчлогдсон коэффициент ($\alpha_{И.Т}$) болон $E_{K.T}$ коэффициентын тооцоог хийж гүйцэтгэе. Үүний тулд дээрх хүчдэлтэй агаарын шугам ба дэд станцуудын элэгдэл хорогдлын шимтгэл $\alpha_{ш.үйл}$, сэргээн засварлалтын шимтгэлийн $\alpha_{С.З}$ нормыг [3] бүтээлд зааснаар сонгон авч хүснэгт 1-д үзүүлэв. Хуваарилах цахилгаан шугам сүлжээний шугам, трансформаторуудыг ердийн элэгдэлтэйгээр тооцдог.

Хүснэгт 1. Хуваарилах ЦШС-ний интеграл шилжүүлсэн зардлын дисконтчлогдсон коэффициентуудын утгууд

Шугамын хүчдэл, кВ	Элэгдэл хорогдлын шимтгэл, $\alpha_{ш.үйл}$		Сэргээн засварлалтын шимтгэл, $\alpha_{С.З}$	
	Шугам	Дэд станц	Шугам	Дэд станц
6-10	0.056	0.094	0.03	0.035
35	0.028	0.094	0.02	0.035

Интеграл шилжүүлсэн зардлын хөрөнгө оруулалтын дисконтчлогдсон коэффициентыг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$\alpha_{K.T} = 1 + \alpha_{ш.үйл} \sum_{t=1}^{T_T} (1+E)^{-t} - (1 - \alpha_{С.З} T_T) (1+E)^{-T_T}$$

Харин ашиглалтын дисконтчлогдсон коэффициентыг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$\alpha_{И.Т} = \sum_{t=1}^{T_T} (1+E)^{-t} \quad (1)$$

Эдгээр коэффициентын утгуудыг дисконтын нормын $E=0.04 \div 0.2$ бүх утгуудад тооцооны хугацааны $T_T=5, 10, 15$ жил утга тус бүрээр тооцоо хийнэ.

$E=0.04$ үед $T_T=5$ жил

- 6-10 кВ-ын агаарын шугам:

$$\alpha_{K.T} = 1 + 0.056 \sum_{t=1}^5 (1 + 0.04)^t - (1 - 0.03 * 5)(1 + 0.04)^{-5} = 0.55066;$$

$$\alpha_{H.T} = \sum_{t=1}^5 (1 + 0.04)^{-t} = 4.45182;$$

$$E_{K.T} = \frac{\alpha_{K.T}}{\alpha_{H.T}} = \frac{0.55066}{4.45182} = 0.123694;$$

- 35 кВ-ын агаарын шугам:

$$\alpha_{K.T} = 1 + 0.028 \sum_{t=1}^5 (1 + 0.04)^t - (1 - 0.02 * 5)(1 + 0.04)^{-5} = 0.384917;$$

$$\alpha_{H.T} = \sum_{t=1}^5 (1 + 0.04)^{-t} = 4.45182;$$

$$E_{K.T} = \frac{\alpha_{K.T}}{\alpha_{H.T}} = \frac{0.384917}{4.45182} = 0.086463;$$

$E=0.04$ үед $T_T=10$ жил

- 6-10 кВ-ын агаарын шугам:

$$\alpha_{K.T} = 1 + 0.056 \sum_{t=1}^{10} (1 + 0.04)^t - (1 - 0.03 * 10)(1 + 0.04)^{-10} = 0.981315;$$

$$\alpha_{H.T} = \sum_{t=1}^{10} (1 + 0.04)^{-t} = 8.110896;$$

$$E_{K.T} = \frac{\alpha_{K.T}}{\alpha_{H.T}} = \frac{0.981315}{8.110896} = 0.120987;$$

- 35 кВ-ын агаарын шугам:

$$\alpha_{K.T} = 1 + 0.028 \sum_{t=1}^{10} (1 + 0.04)^t - (1 - 0.02 * 10)(1 + 0.04)^{-10} = 0.686659;$$

$$\alpha_{H.T} = \sum_{t=1}^{10} (1 + 0.04)^{-t} = 8.110896;$$

$$E_{K.T} = \frac{\alpha_{K.T}}{\alpha_{H.T}} = \frac{0.686654}{8.110896} = 0.086463;$$

Үүнтэй нэгэн адил E -ийн бүх утгуудад бодож үр дүнг хүснэгт 2-д харуулав.

Хүснэгт 2. Элэгдэл хорогдлын шимтгэлийн ердийн нормын үед 6-10 ба 35 кВ-ын агаарын шугамын интеграл илжүүлсэн зардлын дисконтчлогдсон коэффициентуудын утгууд

E	T_T , жил	6-10 кВ-ын шугам, $\alpha_{C.3}=0.03$		35 кВ-ын шугам, $\alpha_{C.3}=0.02$		$\alpha_{H.T}$
		$\alpha_{K.T}$	$E_{K.T}$	$\alpha_{K.T}$	$E_{K.T}$	
0.04	5	0.550669	0.123699	0.384917	0.086463	4.451822
	10	0.981315	0.120987	0.686654	0.084658	8.110896
	15	1.317234	0.118473	0.92263	0.082982	11.118839
0.06	5	0.600723	0.142609	0.445414	0.10574	4.212364
	10	1.021289	0.138769	0.757937	0.101874	7.760087
	15	1.314439	0.135333	0.979857	0.100889	9.712249
0.08	5	0.645096	0.161568	0.499271	0.125046	3.99271
	10	1.051529	0.156709	0.121806	0.121806	6.710081
	15	1.305948	0.152573	0.547313	0.119049	8.559479
0.10	5	0.684501	0.18057	0.547313	0.14438	3.790727
	10	1.074215	0.174824	0.863613	0.140549	6.144567
	15	1.294275	0.170163	1.045396	0.137442	7.60608
0.125	5	0.727702	0.204378	0.60026	0.168585	3.560568
	10	1.094478	0.197687	0.908663	0.164224	5.536431
	15	1.277454	0.192594	1.066099	0.160729	6.632894
0.15	5	0.76512	0.228247	0.646401	0.192832	3.352155
	10	1.108022	0.220776	0.942778	0.18785	5.018769
	15	1.259861	0.215458	1.0777	0.184305	5.84737
0.2	5	0.825878	0.276157	0.722047	0.241438	2.990612
	10	1.121725	0.267557	0.988185	0.235705	4.192478
	15	1.226128	0.262247	1.085479	0.232165	4.675473

Одоо дэд станцуудын дээрх коэффициентуудыг тодорхойлъё:

$E=0.04$ үед $T_T=5$ жил

- Ердийн элэгдэлтэй 6-10 ба 35кВ-ын дэд станц:

$$\alpha_{K.T} = 1 + 0.094 \sum_{t=1}^5 (1 + 0.04)^t - (1 - 0.035 * 5)(1 + 0.04)^{-5} = 0.740381;$$

$$\alpha_{H.T} = \sum_{t=1}^5 (1 + 0.04)^{-t} = 4.45182;$$

$$E_{K.T} = \frac{\alpha_{K.T}}{\alpha_{H.T}} = \frac{0.740381}{4.45182} = 0.16631;$$

$E=0.04$ үед $T_T=10$ жил

- Ердийн элэгдэлтэй 6-10 ба 35кВ-ын дэд станц:

$$\alpha_{K.T} = 1 + 0.094 \sum_{t=1}^{10} (1 + 0.04)^t - (1 - 0.035 * 10)(1 + 0.04)^{-10} = 1.323307;$$

$$\alpha_{H.T} = \sum_{t=1}^{10} (1 + 0.04)^{-t} = 8.110896;$$

$$E_{KT} = \frac{\alpha_{KT}}{\alpha_{И.Т}} = \frac{1.323307}{8.110896} = 0.163152;$$

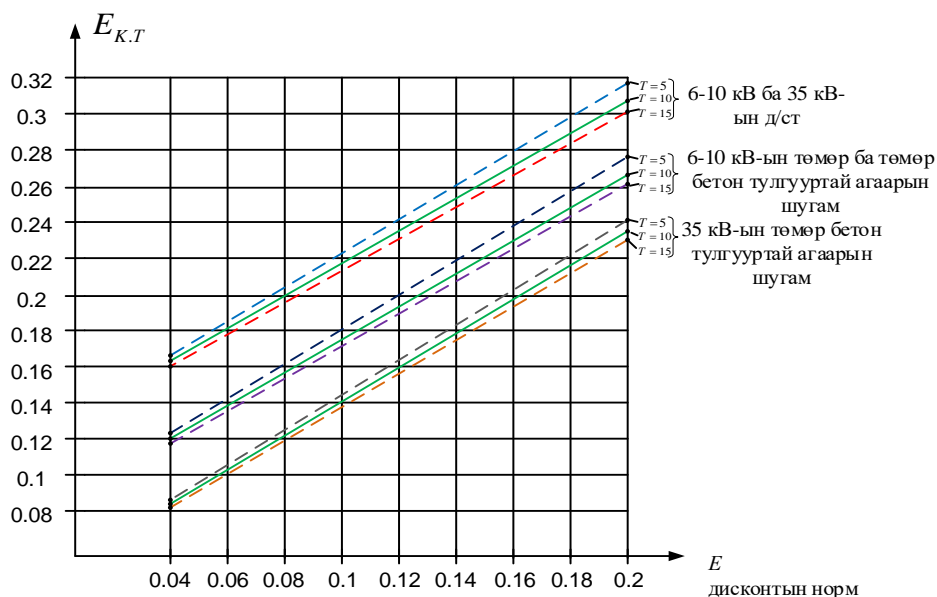
Ийм байдлаар E-ийн бүх утгуудад тооцоо хийж үр дүнг хүснэгт 3-д үзүүлэв.

Хүснэгт 3. Элэгдэл хорогдлын шимтгэлийн ердийн нормын үед 6-10 ба 35 кВ-ын дэд станцын интеграл шилжүүлсэн зардлын коэффициентуудын утгууд

E	T _T , жил	6-10 кВ-ын дэд станц, α _{С.З} = 0.094		35 кВ-ын дэд станц, α _{С.З} = 0.0094		α _{И.Т}
		α _{KT}	E _{KT}	α _{KT}	E _{KT}	
0.04	5	0.740381	0.16631	0.740381	0.16631	4.451822
	10	1.323307	0.163152	1.323307	0.163152	8.110896
	15	1.7813778	0.160219	1.781378	0.160219	11.11839
0.06	5	0.779474	0.185044	0.779974	0.185044	4.213364
	10	1.328892	0.180554	1.328892	0.181554	7.360087
	15	1.714751	1176655	1.714751	0.176555	9.712245
0.08	5	0.813834	0.20383	0.813834	0.20383	3.99271
	10	1.329672	1.329672	1.329672	0.19816	6.710081
	15	1.654851	1.654851	1.654851	0.193336	8.559479
0.10	5	0.844074	0.222665	0.844074	0.222665	3.790787
	10	1.326986	0.215961	1.326986	0.215961	6.144567
	15	1.60126	0.210524	1.60126	0.210524	7.60608
0.125	5	0.876877	0.246274	0.879877	0.246274	3.560568
	10	1.32026	0.238468	1.32026	0.238468	5.536431
	15	1.54232	0.232526	1.54232	0.232526	6.632894
0.15	5	0.904932	0.269955	0.904932	0.269955	3.352155
	10	1.311094	0.261238	1.311094	0.261238	5.018769
	15	1.491278	0.255034	1.491278	0.255034	5.84737
0.2	5	0.949569	0.317516	0.949569	0.317516	2.990612
	10	1.289114	0.307483	1.289114	0.307483	4.192472
	15	1.408664	0.301288	1.408664	0.301288	4.675472

Тооцооны үр дүнгээс үзэхэд 6-10кВ-ын ба 35 кВ-ын агаарын шугамын α_{KT} болон E_{KT} коэффициентуудын утгууд зарчмын ялгаатай

бөгөөд 6-10 кВ-ын шугамд эдгээр утгууд 35 кВ-ын шугамын утгаас харьцангуй их гарч байна.



Зураг 1. 6-10-35 кВ-ын агаарын шугам ба дэд станцуудын ердийн элэгдлийн нормын үед дэх E_{KT} коэффициентын номограмм

Энэ нь 6-10 кВ-ын шугам сүлжээний элэгдэл хорогдлын ба үйлчилгээний шимтгэл, сэргээн

засварлалтын шимтгэлийн норм 35 кВ-ын шугамнаас их байгаагаар тайлбарлагдана.

Мөн дээрх хүчдэлтэй шугам сүлжээний α_{KT} болон E_{KT} коэффициентуудын утгууд тооцооны хугацаанаас ихсэх тусам тэдгээрийн тоон утгууд эрс ихсэж байна.

Нөгөө талаас эдгээр коэффициентуудын утгууд дисконтын нормтой маш хатуу (шугаман) хамааралтай байна. Харин 6-10 ба 35 кВ-ын дэд станцуудын хувьд α_{KT} болон E_{KT} коэффициентуудын утгууд ойролцоо гарсан болно.

Хүснэгт 2 ба хүснэгт 3-ын тооцооны үр дүнгээр $E_{KT} = f(E)$ хамааралтай номограммыг Зураг 1 дээр харуулав.

ДҮГНЭЛТ

1. 6-10 ба 35 кВ-ын агаарын шугам болон дэд станцуудын ердийн элэгдэлтэй байх үед хөрөнгө оруулалтын үр ашгийн интеграл шилжүүлсэн зардлын математик загварыг α_{KT} болон E_{KT} коэффициентуудын тоон утгыг дисконтын норм (E), тооцооны хугацаа (T)-аас хамааруулан тодорхойлсон.
2. Энд E_{KT} коэффициентын утга тооцооны хугацаанаас бараг хамааралгүй ба харин E_{KT}

коэффициент дисконтын нормоос хүчтэй шугаман хамааралтай байна. Түүний хамаарлын номограммыг байгуулсан юм.

3. Судалгааны үр дүнд 6-10 кВ-ын цахилгаан шугам сүлжээний агаарын шугамын E_{KT} коэффициентын утга 35 кВ-ын шугамын утгаас их гарч байгаа нь 6-10 кВ-ын шугам сүлжээний элэгдэл хорогдлын болон үйлчилгээний норм 35 кВ-ын шугамнаас их байгааг харуулж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Д.Содномдорж. Цахилгаан системийн нэр томъёоны хураангуй тайлбар толь. Улаанбаатар, 2018.-18х.х
- [2] Б.Дашдаваа, Д.Содномдорж. Эрчим хүчний системийн эдийн засгийн үр ашгийн үндсэн шинжүүрүүд. Эрчим хүч & engineering. 2022-6(220)
- [3] Справочник по проектированию электроэнергетических систем/ Под ред. Рокотяна и И.М. Шипиро. 3-е изд.М.: Энергоатомиздат, 1985

УЛААНБААТАРЫН УХААЛАГ ТҮГЭЭХ СҮЛЖЭЭНИЙ ЗАГВАР БОЛОВСРУУЛАХ

Ж.Нандагсамба*, Д.Содномдорж, Ш.Гантөмөр

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

**namdagsamba@must.edu.mn*

Хураангуй

Түгээх сүлжээний цогцолбор дахь ухаалаг технологи нь дараах ажлуудыг хийж гүйцэтгэх ёстой: хэрэглэгчдэд цахилгаан хангамжийн найдвартай байдлыг нэмэгдүүлэх, цахилгаан эрчим хүчний хангамжийн системийг алсын зайнаас удирдах, хянах, эрчим хүчний алдагдлыг бууруулах, ашиглалтын хугацааг нэмэгдүүлэх, их засварын хугацааг богиносгох, осол, сүйрлээс бий болох хохирлыг багасгах, эрчим хүчний үр ашгийг дээшлүүлэх, цахилгаан эрчим хүчний чанарыг сайжруулах.

Ашиглалтын үед дунд хүчдэлийн хуваарилах сүлжээнүүдийг ажиллагааны горимоос хамааруулан сүлжээний бүтцийг өөрчилж, их хэмжээний чадлыг түгээж чадахгүй байна. Тиймээс одоо байгаа цацраг болон гол шугамаас салбарласан схемтэй топологийн шийдлүүдэд ухаалаг эрчим хүчний хэмнэлттэй цахилгаан хангамжийн систем байгуулах нь тохиромжгүй юм. Монгол оронд ашиглагдаж байгаа дунд хүчдэлийн сүлжээг зургаан өнцөгтийн топологи дээр цахилгаан эрчим хүчийг хуваарилах шинэлэг загварыг боловсруулсан бөгөөд сүлжээнд зориулсан хүчдэлийн ангилал болон газардуулагдсан саармаг цэгийн горимыг тодорхойлж, хэвийн болон аваарын горимын туршилтуудыг хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд цахилгаан сүлжээний алгоритм нь том хотуудын сүлжээнд чухал ач холбогдолтой богино залгааны гүйдлийг тооцож, хязгаарлах арга хэмжээг авч үзсэн.

Түлхүүр үг: зургаан өнцөгт сүлжээ, хүчдэлийн ангилал, газардуулагдсан саармаг цэгийн горим, богино залгааны гүйдэл, ажлын горим, сүлжээний оновчтой бүтцийг тохируулах алгоритм, ухаалаг сүлжээ

I. УДИРТГАЛ

Орчин үеийн цахилгаан системүүдийн үр ашигтай, найдвартай байдал, хот суурингийн хүн амын өсөлтийн нөхцөлд эрчим хүчний хангамжийн системийг үр ашигтай, найдвартай болгохын тулд цахилгааны ачаалал, нягтрал нь цахилгаан түгээх сүлжээ байгуулах хэлхээний схемийн техникийн шийдлээс шууд хамаардаг.

"Ухаалаг эрчим хүч" [1] хэмээх ойлголт нь шинэ технологийг хөгжүүлэх, хяналт, удирдлагын систем, цахилгаан соронзон хувиргагч төхөөрөмж, хөдөлгөөнт төхөөрөмж, өндөр хурдны тоон хамгаалалтын төхөөрөмжүүдийг хөгжүүлэхэд шинжлэх ухааны бүтээлүүдийг тусгасан байдаг. Үндсэндээ эдгээр шинэлэг өндөр хүчдэлийн болон супер өндөр хүчдэлийн төхөөрөмжүүд эсвэл микро шатанд ашигладаг. Дунд хүчдэлийн хуваарилалтын сүлжээнүүдийн параметр, хяналтыг сайжруулах асуудлыг анхаарч үздэг. Дунд хүчдэлийн сүлжээг хөгжүүлэх нь системийн шинж чанартай үргэлж байдаггүй бөгөөд ихэвчлэн "ийм байх ёстой" гэж бүтээгдсэн байдаг нь эрчим хүчний алдагдал болон горимын ажиллагааг хүндрүүлдэг.

Топологийн аргаар сүлжээний схем өөрчлөх боломжтой ба параметруудыг сайжруулах ажил хийх нь маш бага байдаг [2-5]. Өнөөдөр инновац нь микропроцессорын технологи, тоон технологи, холбооны системтэй салшгүй холбоотой. Эрчим хүч бол огт өөр юм. Цахилгааны сүлжээг ашиглахад зориулсан үр ашигтай, дасан зохицох алгоритмыг бий болгоно. Энэ тоног төхөөрөмж ажиллах болно - "техник хангамж" - зөвхөн

цахилгаан эрчим хүчний салбарыг зохицуулах хамгийн чухал ажил юм.

Томоохон хотуудад цахилгаан ачааллын нягтралыг нэмэгдүүлэх асуудал нь хүчдэлийн түвшинг нэмэгдүүлж, улмаар цахилгаан дамжуулах төхөөрөмжийн дамжуулах чадварыг нэмэгдүүлж байна. 6-10 кВ-ын сүлжээний дэд бүтэц нь хүчин чадлын хязгаарт ажиллаж байна. ОХУ-ын хэд хэдэн томоохон хотуудад 20 кВ-ын хүчин чадал бүхий цахилгаан эрчим хүчээр хангагдсан барилгуудад эрчим хүчний төслүүдийг хэрэгжүүлж эхлээд байна. Гэсэн хэдий ч ОХУ-д ашиглагдаагүй хүчдэлийн ангилал, түүнчлэн газардуулагдсан саармаг цэгийн горимыг хэрэгжүүлэх талаарх шинжлэх ухааны үндэслэлтэй шийдвэрүүд маш цөөн байна [6].

Одоогийн байдлаар ихэнх эрчим хүчний хангамжийн системүүд нь шаталсан бөгөөд гадны хүндрэлүүд рүү хурдан хариу үзүүлэх чадваргүй байдаг. Тэдгээр нь хагас статикаар тодорхойлогддог. Олон тооны дижитал системд чиглэсэн чиг хандлага, шинэ техникийн шийдлүүд, IEC 61850 стандартыг нэвтрүүлэх, цахилгаан эрчим хүчний системийн холбооны дэд бүтцийг хөгжүүлэх нь тогтолцооны горим, эмх цэгцтэй байдалд дасан зохицох чадвартай "динамик" системийг бий болгох талаар бодох боломжтой [7.8].

II. СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ

Орчин үеийн хотын цахилгаан хангамжийн хүчдэлийн түвшингийн оновчтой сонголт. ОХУ-д 6, 10, 35 кВ хүчдэлтэй цахилгаан түгээх сүлжээ

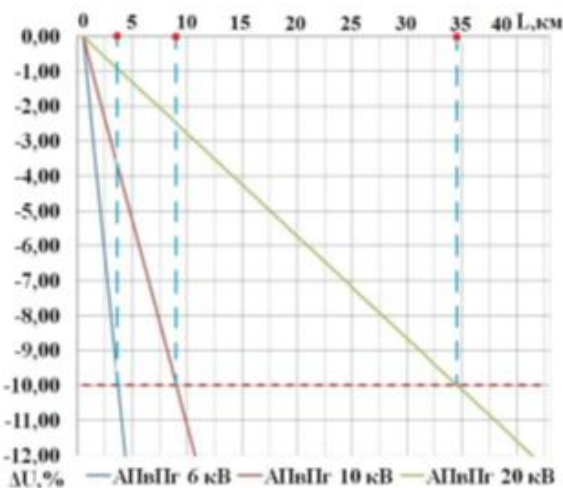
боловсруулсан бол Европын орнуудад 20 кВ хүчдэл, Хятад улсад 66 кВ хүчдэл хэрэглэж байна (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Дэлхийн янз бүрийн орны хүчдэлийн түвшингийн үтгүүд

орон	хувьсах гүйдлийн гурван фазын сүлжээний хэвийн хүчдлийн үтгүүд, кВ														
орос	3	6	10	15	20	35	60	90	110	154	220	330	500		
франц	3	6	10	15	20	30	45	60	90	110	150	150	380		
герман	1	3	6	10	15	20	30	45	60	90	110	150	150	380	
АНУ	2	4,8	7,8	12	14	23	32	46	69	115	138	161	161		
бельги	3	6	10	15	20	30	45	60	80	100	150	150	380		
Австр	3	5	6	10	15	20	25	35	45	60	110		380		
Чех	3	6	10	15	20	30	35	45	60	80	100	150	150		
Венгр	3	5	9	14	18	22	35	54	90	125	180	180			
Англи	6	11			12	33		66	88	110	165	165			
Монгол	6	10	15	20	35				110	220	330				

Хэдийгээр өнгөрсөн зууны дунд үе гэхэд 20 кВ-ын хүчдэлийг ОХУ-ын стандартын нэр төрөлд оруулсан. Энэ нь түүхийн хувьд ОХУ-д үйлдвэрлэлийн түвшин идэвхтэй хөгжсөн, өрхийн ачаалал бага байсантай холбоотой юм. Мөн хотын цахилгаан ачааллын нягтрал бага байсан. Тиймээс ОХУ-д 6, 10, 35 кВ-ын сүлжээг боловсруулсан. Гэсэн хэдий ч одоогоор 6-10 кВ-ын сүлжээний дэд бүтэц нь цахилгааны хэрэгцээг хангах боломжгүй болсон. Тиймээс хотуудад янз бүрийн хүчдэлийн ангиудыг ашиглах шаардлагатай.

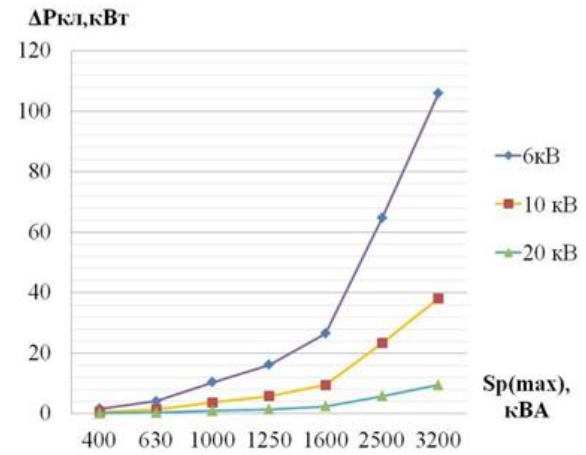
Судалгаанаас харахад 6-10 кВ-оос 20 кВ хүчдэлтэй томоохон хотуудад том хотод шилжүүлэх нь хэрэглэгчдэд эрчим хүчийг илүү өндөр түвшинд хүргэх боломжийг олгоно. Эрчим хүчний чадал дамжуулах уртыг 6, 10, 20 кВ-ын сүлжээнд 10%-ийн хүчдэлийн алдагдлын нөхцөлийн дагуу тодорхойлно. Судалгаагаар 6 кВ сүлжээнд 10%-иас бага алдагдалтай 95/16 бүхий хөндлөн холбоост полиэтилен тусгаарлагч экран бүхий 1 МВт хүчин чадлыг хамгийн их зайд 4 км, 10 кВ-ын сүлжээ - 9 км, 20 кВ-ын сүлжээнд - 34 км (Зураг 1).



Зураг 1. Хүчдэлийн түвшингээс дамжуулах чадлын хамаарал

Тиймээс 20 кВ-ын сүлжээ нь хэрэглэгчдийн үйлчлэх хүрээг 3-8 дахин нэмэгдэж, эрчим хүчний

дэд станцуудын тоог багасгаж өгдөг. Туршилтын дүнгээс үзэхэд 20 кВ-ын цахилгаан сүлжээний алдагдал 10 кВ-ын тоног төхөөрөмжөөс 2.7 дахин бага, 6 кВ-ын тоног төхөөрөмжөөс 7.5 дахин бага байна (Зураг 2). Харьцуулсан дүн шинжилгээгээр 20 кВ шугамын хүчин чадал нь 6 кВ шугамаас 3 дахин их, трансформаторын хүчин чадлыг хадгалахын зэрэгцээ 10 кВ-ынхаас 1.9 дахин их байна.



Зураг 2. Кабель шугаман дамжиж буй чадлаас алдагдлын хамаарал

10 кВ-ын тоноглолыг 20 кВ-ын тоноглолтой харьцуулахад ялгаа бараг байхгүй. 10 кВ-ын цахилгаан тоног төхөөрөмж, хаалттай дэд станцтай харьцуулахад, хөндлөн холбоост бүхий кабель полиэтилен тусгаарлагчтай, 20 кВ-ынхтой овор хэмжээ ойролцоо.

Хэрэв бид 35 кВ-ын хүчдэлийн ангиллын тухай ярих юм бол, голчлон агаарын шугам, ил дэд станцыг ажиллуулдаг. Учир нь хотын хэрэглээ нь асуудалтай байдаг газар шорооны ажлын өртөг өндөр, хотод ашиглалтын зардал маш үнэтэй байдаг. 20 кВ-тэй харьцуулахад тоног төхөөрөмжийн зардал 35 кВ-д хаалттай станцын гүйцэтгэл нь 30%-иар үнэтэй байдаг. Мөн ашиглалтын шаардлага илүү өндөр тавигддаг.

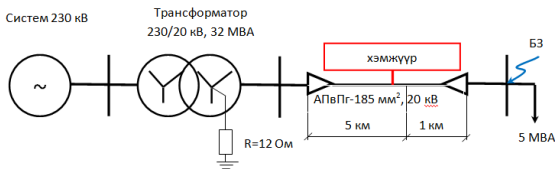
Одоо байгаа цахилгааны сүлжээнүүдийг 20 кВ хүчдэлд хөрвүүлэхэд тохиромжгүй байдалд хүргэдэг нь анхны хөрөнгө оруулалтын зардал юм. 20 кВ-ын цахилгааны ачаалал ихтэй шинэ хот суурин газруудад 10, 35 кВ-тэй харьцуулахад илүү үр ашигтай байдаг.

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

20 кВ-ын газардуулгын саармаг цэгийн горимын дүн шинжилгээ. Орос улсад гол горим нь тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй байдаг. Энэ горимыг өргөн хэрэглэдэг учраас сүлжээг нэг фазын газардлагатай ажиллуулахыг зөвшөөрдөг. Салаалсан багтаамж ихтэй кабелийн сүлжээнд хуурмаг эсэргүүцэл бүхий НУО-оор газардуулах арга нь Орос улсад ашиглагддаг. Эдгээр саармаг

цэгийн горимуудын ажиллагааны туршлагын шинжилгээ нь түгээлтийн сүлжээний элементүүдийн хувийн гэмтлүүдийг харуулж байна.

Загварчлал нь янз бүрийн саармаг цэгийн горимуудын PSCAD программын багцад явуулсан бөгөөд загвар нь хязгааргүй чадалтай гэжээлийн эх үүсвэр, хоёр ороомогтой трансформатор, кабель шугам, ачааллаас бүрдэнэ (Зураг 3).



Зураг 3. PSCAD дахь 20 кВ-ын сүлжээний загвар, схем

PSCAD нь кабелийн параметрийг нарийн тохируулах боломжийг олгодог: кабелийн геометрийн зохион байгуулалт, дамжуулагч утас, тусгаарлагын үеийн бүтэц, бүрхүүлийн газардуулгын арга, хөрсний эсэргүүцэл гэх мэт.

Гурван, хоёр, нэг фазын богино залгааны хэлхээ нь тусгаарлагдсан, газардуулагдсан саармаг цэг, 12 Ом бага эсэргүүцэлтэй резисторээр газардуулагдсан саармаг цэгтэй үед загварчилсан.

Хүснэгт 2. Янз бүр саармаг цэгийн горимын үед богино залгааны гүйдлийн утгууд

Богино залгааны төрөл	Тусгаарлагдсан саармаг цэг, кА	Газардуулагдсан саармаг цэг, кА	Бага Ом-ын резистороор газардуулагдсан саармаг цэг, кА
$I_k^{(3)}$	6.2020	5.564	5.564
$I_k^{(2)}$	5.8031	5.1631	5.2137
$I_k^{(1)}$	0.3273	1.19	0.8287

Үр дүн нь тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй үед газардлагын гүйдэл бага бөгөөд газардуулагдсан саармаг цэгтэй буюу бага Ом-ын эсэргүүцлээр газардуулагдсан сүлжээнд нэг фазын богино залгааны гүйдэл 2.5-3.6 дахин их утгатай болохыг харуулж байна. Ийм учраас нэг фазын богино залгааны үед хамгаалалтын мэдрэх чадварыг дээшлүүлж байна.

Тиймээс бид 20 кВ-ын хотын сүлжээнд бага эсэргүүцэлтэй саармаг цэгийг ашиглах давуу талтай гэж дүгнэлт хийж болно.

- Нэг фазын богино залгааны үед гэмтсэн элементүүдийг хурдан тасалж, гэмтлийг даамжруулахгүй байх
- Тэжээл үүсгүүрийн төвтэй холбоотойгоор байнга бүтэц өөрчлөгдөж байдаг хот суурин газрын сүлжээнд НУО-гийн тохируулгын

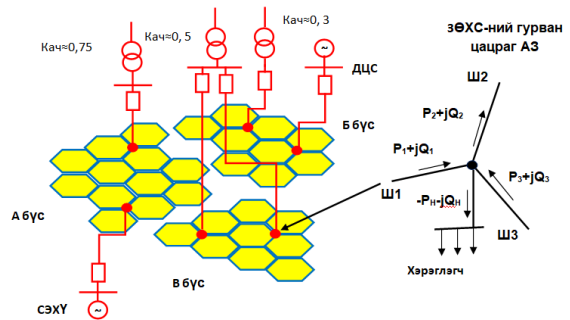
горимоос шалтгаалан нэг фазын газардлагын улмаас феррорезонансын үзэгдэл үүсэхгүй;

- олон фазын хэлхээнд богино залгаа бий болоход нэг фазын шилжилтийн процессыг арилгах
- гэмтсэн шугамыг хурдан тасалж, ажилтнууд болон хүмүүст учрах хохирлыг багасгах
- нэг фазын нумын газардлагын үед үүсэх хэт хүчдэлийн хэмжээ 1,9-2,2Uф бөгөөд хамгаалалтын үргэлжлэх хугацааг 1 секундээс багасгасан
- Нумын хэт халалтаас тусгаарлах хийцэд урт хугацааны нөлөө үзүүлэхгүй бөгөөд энэ нь гэмтэл, согогийг даамжруулахгүй, ашиглалтын хугацааг бууруулж, хохирлын хэмжээг багасгадаг

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Зургаан өнцөгт хэлбэрийн хуваарилах цахилгаан сүлжээ. Ачааллын нягтрал ихтэй хотуудын хувьд цахилгаан эрчим хүчийг дамжуулах, түгээх шинэ хувилбар бүхий иж бүрэн автомат уян хатан аргыг санал болгож байна. Энэ нь 20 кВ-ын зургаан өнцөгт түгээлтийн сүлжээ юм. Цахилгаан холболт маш сайн, зургаан цэгийн орой дээр гурван цэгийн ачаалал үүсгэдэг.

Зургаан өнцөгт хуваарилах сүлжээ /ЗӨХС Hexagonal distribution network (GDS)/- цахилгаан сүлжээ нь ухаалаг уян хатан, газар зүйн байршилд жигд тархсан ачааллын зангилаа (АЗ) хэлбэрээр бүтээгдсэн, дамжуулагчийн хөндлөн огтлолын талбай бүгд ижил, зөв хэлбэртэй 6 өнцөгт топологитой [912].



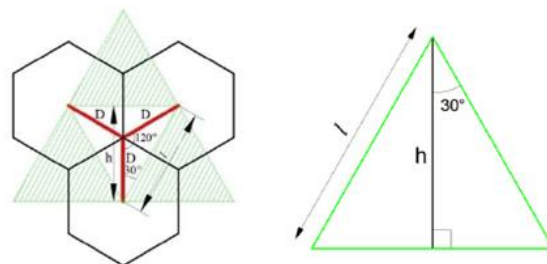
Зураг 4. Зургаан өнцөгт хуваарилах сүлжээг байгуулах зарчим

Мэдээллийн технологи нь нэг платформтой, салаалсан болон магистрал сүлжээг илүү уян хатан, дасан зохицох, тэгш хуваарилах сүлжээ рүү шилжүүлэх боломжтой. Энэ үед зангилааны идэвхтэй элемент нь сүлжээний бүтцийг ажлын горимоос хамааруулан оновчтой дахин тохируулах боломжтой.

Байгаль дээрх 6 өнцөгтийн ашиглагдаж буй олон тооны жишээнүүд байдаг. үүнд: зөгийн үүр, нүүрстөрөгчийн оронт торын сүлжээ, цасан

ширхэг, алмаз гэх мэт. Байгалийн хувьд гадаргууг бүрхэж чадахуйц олон төрлийн зөв олон өнцөгтүүд байдаг. Энэ бол гурвалжин, дөрвөлжин, зургаан өнцөгт юм.

Энэ тохиолдолд зургаан өнцөгт нь хамгийн том талбайг хамарна. Жишээ нь, та 10 км² хэмжээтэй хот суурин газрыг нэгэн жигд хуваарилсан сүлжээнд хамруулахаар зангилааны хоорондох холболтууд нь аль болох бага материалаар хийгдсэн бол хамгийн оновчтой граф нь тогтмол зургаан өнцөгт (Хүснэгт 1) байх болно. Түүнээс гадна, зургаан өнцөгт оройн дээрх гурван цацраг. Бусад хэлбэрүүд (дөрвөлжин, гурвалжин) нь илүү их цацраг үүсгэдэг бөгөөд энэ нь зангилааны зардал өндөр болдог.



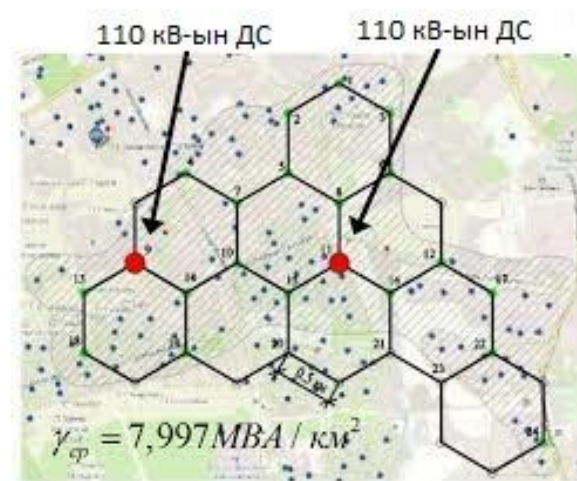
Зураг 5. ЗӨТХС-ийн 20 кВ сүлжээний алхмын урт

Зураг 6-д Улаанбаатар хотын Сүхбаатар дүүргийн жишээн дээр ЗӨТХС -ийг боловсруулах үе шатуудыг танилцуулав.

Хүснэгт 3. Зөв олон өнцөгт геометрийн шинж чанар

Урт, м	10 км ² талбайтай газард зүйн топологи	Салааны тоо n	Зангилааны тоо m	Салааны урт L _n =n*a
$a = \frac{2}{\sqrt{3 \cdot \sqrt{3}}}$		41	31	≈25.42
$a = \frac{4}{\sqrt{5}}$		19	10	≈28.88
$a = 1$		27	18	27

Ашиглалтын нөхцөлд хот суурингийн хуваарилалтын сүлжээнд нэмэлт холболтуудыг хүйтнээр эсвэл халуун нөөцөд байгаа хуваарилах цэгүүдийн хооронд хийдэг. Тиймээс ЗӨТХС дэх одоо байгаа түгээлтийн сүлжээг өөрчлөх нь түгээлтийн цэгийг аажмаар сэргээн босгох, шинэ кабелийг угсрах, нэмэлт кабелийн шугам тавих зэрэг болно. Гэхдээ хотын шинэ дүүргүүдийн бүтээн байгуулалтад санал болгож буй топологийг ашиглах нь хамгийн сайн арга юм.



Зураг 6. Улаанбаатар хотын Сүхбаатар дүүргийн ЗӨТХС байгуулах зарчим

VI. ЗУРГААН ӨНЦӨГТ ТОПОЛОГИТОЙ СҮЛЖЭЭНИЙ ХЭВИЙН БОЛОН АВААРЫН ГОРИМЫН ЗАГВАР

V. АЧААЛЛЫН ЗАНГИЛАА ХООРОНДОХ ОНОВЧТОЙ ЗАЙГ ТОДОРХОЙЛОХ АРГАЧЛАЛ

Ачааллын цэгүүдийн хоорондын хамгийн оновчтой алхмыг тодорхойлох хэд хэдэн аргачлал боловсруулагдсан байна [13]. Тэдгээрийн нэг нь төлөвлөсөн талбай дахь тооцоолсон ачааллын нягтшил дээр суурилсан геометрийн арга юм.

$$D = K_{\text{тас}} \sqrt{\frac{4 \cdot \theta_{\text{хот}} \cdot S_{\text{за}}}{3 \sqrt{3} \cdot S_{\text{тооцоо}}}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\text{тр}} \cdot n_{\text{тр}}}{3 \sqrt{3} \cdot \gamma_{\text{ср}}}} \quad (1)$$

Энд: $\theta_{\text{хот}}$ - бүс байгуулах талбай, км², $S_{\text{тооцоо}}$ - хэрэглэгчийн тооцооны чадал, МВА, $S_{\text{за}}$ - нэг зангилааны ачааллын чадал, МВА, $S_{\text{тр}}$ - трансформаторын хэвийн чадал, МВА, $n_{\text{тр}}$ - зангилааны ачаалалд холбогдох трансформаторын тоо, $\gamma_{\text{ср}}$ - тооцооны бүс дэх ачааллын дундаж нягт, $K_{\text{тас}}$ - торны алхмын дундаж хазайлтын коэффициент /1,3-1,4/, N - салааны тоо, x_i - i -р салааны хазайлт

Simulink Matlab график програмчлалын орчинд хэвийн болон аваарын горимд дүн шинжилгээ хийхэд 20 кВ-ын ЗӨХС-ийн симуляцийн загвар боловсруулагдсан. Бодит загвар нь шинэ хотуудын дүүргүүдэд зориулсан сүлжээний ачааллын зангилаа хоорондын зай болон салааны хөндлөн огтлолын талбайг тодорхойлох аргыг боловсруулсан арга юм.

Одоогийн хот суурингийн хуваарилах дэд станцуудыг эрчим хүчний эх үүсвэр (ЭҮ) болгон сонгож авсан. Зангилааны ачаалал бүрд ачааллын өөрчлөгдөх хязгаар нь 3 МВА-ээс 5 МВА-аас хамааран өөрчлөгдөнө гэж үзсэн:

$$S_{\text{ват.}i} = \frac{S_{\text{хэв.}i}}{(\Delta_{\text{min}} + (\Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}}) r_i)^{-1}} \quad (2)$$

Энд: i - зангилааны дугаар, $S_{\text{хэв.}i}$ - ачааллын зангилааны чадал МВА, r_i - 0-ээс 1 хүртэлх тоо, Δ_{min} , Δ_{max} - ачааллын өөрчлөлт 0-ээс 1 хооронд байна.

VII. СҮЛЖЭЭНИЙ БҮТЭЦ ӨӨРЧЛӨХ АЛГОРИТМ

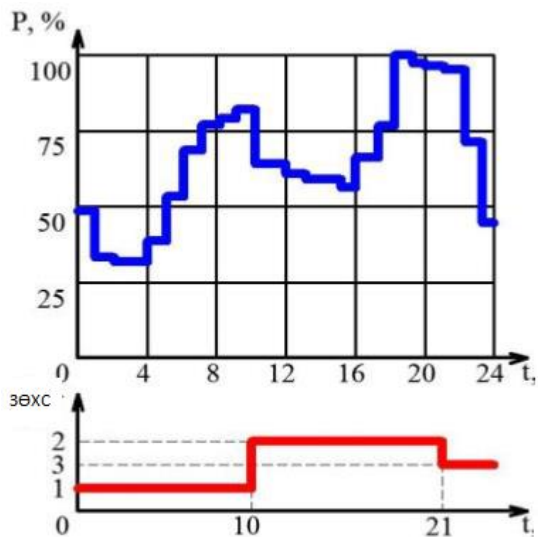
Богино залгааны гүйдэл багасгах, үүсгүүрийн ачааллын графикийг тэнцвэржүүлэхийн тулд ЗӨХС-г бүсэд /арал үүсгэх/ хуваах алгоритм боловсруулах ба өдрийн туршид схемийн бүтцийг өөрчлөх боломжтой болсон.

Эдгээр бүсүүд /арал үүсгэх/ нь тусдаа үйл ажиллагаагаа явуулдаг боловч урьдчилан хязгаарлагдсан алгоритмуудтай халуун нөөцтэй холболтуудтай байх бөгөөд тэжээлийн трансформаторын уян хатан ачааллын зохицуулалтад ойртож, цахилгаан эрчим хүчний хуваарилалтыг автоматаар удирдах хяналтыг бий болгодог.

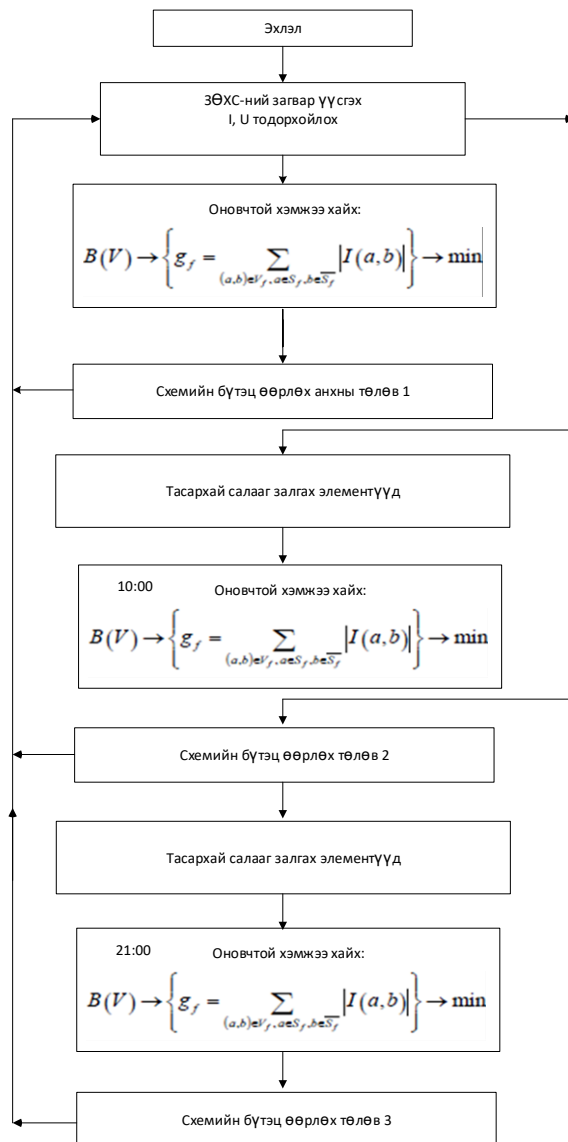
ЗӨХС-г арал болгон хуваах алгоритм хамгийн оновчтой хөндлөн огтлолыг олоход үндэслэсэн - хөндлөн огтлолын хамгийн бага нийлбэрийн шалгуураар ЗӨХС-г хуваах цэг дээр үндэслэнэ:

$$B(V) \rightarrow \{g_f = \sum_{(a,b) \in V_f, a \in S_f, b \in \bar{S}_f} |I(a,b)|\} \rightarrow \min \quad (4)$$

Энд: V_f -ЗӨТХС-ний графикийн бүх салаануудын багц, S_f - \bar{S}_f -графикийг хуваадаг оройны хоёр тасарсан салаа, а, b-граф дахь хоёр зангилаа ЗӨХС-ийг арал болгон хуваах нь эрчим хүчний системийн хоногийн ачааллын графикт анхаарлаа хандуулдаг бөгөөд өдөрт 1-3 удаа оргил ачааллын үед (Зураг 7, Зураг 8) илэрдэг бөгөөд энэ нь орчин үеийн 20 кВ-ын вакум таслууруудын "таслах-залгах" нөөцийг 25000-30000 циклд хүрч чаддаг байна.



Зураг 7. Хоногийн ачааллын графиктай харьцангуйгаар ЗӨХС-ийн төлөв байдлын өөрчлөлт



Зураг 8. Өдөр бүр сүлжээний бүтцийг өөрчлөх алгоритм

ДҮГНЭЛТ

1. Монгол улсын хот суурин газрын түгээх сүлжээнд тулгарч буй гол бэрхшээлүүдийн дүн шинжилгээ нь ухаалаг хуваарилах сүлжээний үзэл баримтлалыг хэрэгжүүлэхийн тулд сүлжээний хэв маягийг сайжруулах шаардлагатай байгааг харуулсан.
2. 20 кВ-ын хүчдэлийг нэвтрүүлэх нь давуу талуудтай бөгөөд хотын түгээх сүлжээнд 12 Омоор газардуулагдсан саармаг цэгийг ашиглах нь зохимжтой.
3. Хотын ухаалаг сүлжээг бий болгох загварыг PSCAD программаар боловсруулсан бөгөөд Сүхбаатар дүүргийн автоматаар хуваарилах, "уян хатан" дасан зохицох сүлжээг нэвтрүүлэх боломжтойг симмуляцийн загвараар баталсан.

НОМ ЗҮЙ

[1] Концепция интеллектуальной энергетической системы России с активно-адаптивной сетью / Под ред. академиков РАН В.Е. Фортова, А.А. Макарова. - М.: ОАО "ФСК ЕЭС", 2012.-238с.

[2] S. A. Kazmi, S. F. Hasan, D. R. Shin, "Multi Criteria Decision Analysis for Optimum DG Placement in Smart Grids", *Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)*, 2015 IEEE Innovative, pp. 1-6, November 2015.

[3] J. Ni, Q. Ai "Economic power transaction using coalitional game strategy in micro-grids", *IET Generation, Transmission & Distribution*, Vol. 10, Iss. 1, pp. 10-18, 2016

[4] A. Tah, D. Das, "Novel analytical method for the placement and sizing of distributed generation unit on distribution networks with and without considering P and PQV buses", *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 78, pp. 401-413, 2016.

[5] F. Possemato, M Paschero, L. Livi, A. Rizzi, A. Sadeghian "On the impact of topological properties of smart grids in power losses optimization problems", *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 78, pp. 755-764, 2016

[6] Майоров, А. В. Разработка научно-технических решений по формированию электрической сети 20 кВ мегаполиса: дисс, канд техн. наук : 05.14.02: защищена 14.03.17 .: – М. , 2017. – 137 с.

[7] M. Vatani, D. S. Alkaran, M. J. Sanjari, G. B. Gharehpetian "Multiple distributed generation units allocation in distribution network for loss reduction based on a combination of analytical and genetic algorithm methods", *IET Generation, Transmission & Distribution*, pp. 1-7, 2015

[8] A.R. Dalmau, D. M. Perez, I.D. Mendaza, J. R. Pillai, "Decentralized Voltage Control Coordination of On-Load Tap Changer Transformers, Distributed Generation Units and Flexible Loads", *Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)*, 2015 IEEE Innovative, pp. 1-6, November 2015.

ТАЯННУУР УУРХАЙН ЧАДЛЫН ИТГЭЛЦҮҮРИЙГ ДЭЭШЛҮҮЛЖ, ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХЭМНЭСЭН ҮР ДҮН

Ж.Нандагсамба*, Д.Содномдорж, Ш.Гантөмөр

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар

**namdagsamba@must.edu.mn*

Хураангуй

Төмрийн хүдрийн Таяннуур уурхайн чадлын итгэлцүүрийг туршилт хэмжилтийн аргаар зөв тодорхойлж, олон улсын практикийг судалснаар, тухайн уурхайн эрчим хүчний хэмнэлттэй ажиллах тухай энэ өгүүлэлд бичсэн болно.

Түлхүүр үг: бодит чадал, хуурмаг чадал, чадлын итгэлцүүр, хуурмаг чадлын төлбөр, хуурмаг чадлыг тэгшитгэх төхөөрөмж

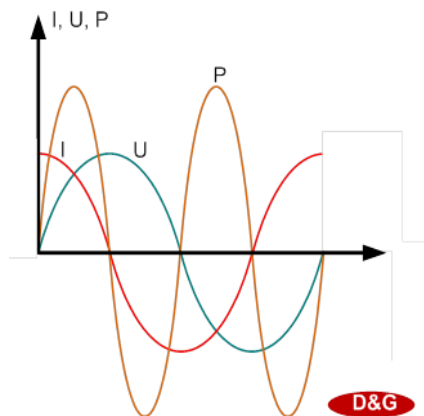
I. УДИРТГАЛ

Таян нуурын уурхай нь нийт 5 үйлдвэртэй. Эдгээр үйлдвэрээс хамгийн их хүчин чадалтай үйлдвэрүүд болох 5 болон 6 үйлдвэр цагт 650-750 т төмрийн хүдэр үйлдвэрлэх хүчин чадалтай ажилладаг. Тус үйлдвэрт их чадлын цахилгаан хөдөлгүүрүүд 2 ээлжээр тасралтгүй ажилладаг учраас хуурмаг чадлын хэрэглээ маш их байна. Мөн тус үйлдвэрт хуурмаг чадлыг тэгшитгэх төхөөрөмж суурилуулаагүй нь чадлын итгэлцүүрийг 0,7 хүртэл бууруулж тухайн үйлдвэр нь эрчим хүчний хувьд маш их алдагдалтай ажиллаж байна.

Хуурмаг чадлын онолын үндэслэл

Цахилгаан хангамжийн болон эрчим хүчний системийн үйл ажиллагаа чадлын өөрчлөлтөөр тодорхойлогддог. Хуурмаг чадал нь эрчим хүчийг өөр энергид хувиргахгүй, түүнчлэн түүнийг үйлдвэрлэхэд өөр төрлийн эрчим хүч шаардахгүй, тэгээд ажил хийдэггүй. Харин бодит чадал нь ажил хийж түүнийг механик, дулааны болон химийн энергид хувиргадаг билээ[1].

Хувьсах гүйдлийн хэлхээн дэх чадал, гүйдэл, хүчдэлийн утгын үржвэрийг тэдний фазаар давхцах үеийн үржвэрээр тодорхойлогдоно.



Зураг 1. Хүчдэл, гүйдэл, чадлын муруй

Хуурмаг чадал гэдэг нь хувьсах гүйдлийн эх үүсгэврээс дөрөвний нэг үед нь хуурмаг эсэргүүцэл бүхий гадаад хэлхээнд өгөгдөж, дараагийн дөрөвний нэг үед нь эргүүлэн авах зарчим бүхий “солилцооны” чадал юм. Гадаад хэлхээнд нэгэнт хэрэглэгдээгүй энергийн хувьд тэр нь гадаад хэлхээ буюу эх үүсгэврийн хооронд шилжин хэлбэлзэх ба өөрөөр хэлбэл, түр зуурт хуримтлагдах багтаамж /үйлдвэрлэгдэх/-ийн ба нөлөөмж /хэрэглэгдэх/-ийн эрчим хүч болох бөгөөд дараа нь өөр эх үүсгэвэрт өгөгдөж болох юм[2].

Нөгөөтээгүүр цахилгаан техникийн ихэнх хэрэгслэл /хөдөлгүүр, трансформатор, кондиционер, статик хувиргуур, туузан дамжлага, люминесцийн ламп г.м/ нь бодит чадал хэрэглэхийн зэрэгцээ нөлөөмжийн эсэргүүцэл бүхий ороомогтой байдаг тул хуурмаг чадлыг зайлшгүй хэрэглэдэг байна.

Хуурмаг чадлын ойлголтыг зургаар дүрсэлбэл:

$$\cos \phi = \frac{\text{бодит чадал}}{\text{бүрэн чадал}} = \frac{kW}{KVA}$$

Шар айрагны жишээн дээр хөөс их байх тусам /өндөр kVar/-тай харин чадлын итгэлцүүр $\cos \phi$ 1-тэй тэнцүү байна.

Онгоцны жишээгээр авч үзвэл, тухайн онгоц зорьсон газраа хүрэхийн тулд эхлээд хөөрөх, замд тохиолдож болох хадан хясаа, өндөр уул зэрэг саадыг тойрон өөрийн агаарын замыг туулахад хуурмаг чадлын хэрэгцээ шаардлага гарч байна[3]. Иймд нэг талаас хэрэглэгчийн цахилгаан төлбөр тооцоонд хэмнэлт гаргах, нөгөөтээгүүр цахилгаан түгээх сүлжээний хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх үүднээс чадлын итгэлцүүрийг хэрхэн сайжруулах вэ? гэсэн асуулт тавигдаж байна.

Хуурмаг чадлын компенсаци/тэгшитгэх/-Олон улсын практикт

Ихэнх улс орнуудын томоохон үйлдвэр, байгууллагын $\cos \phi$ 0,95-аас доош үед хуурмаг энергийн 1 kVar тутамд нэмэлт төлбөр тооцдог эсвэл чадлын итгэлцүүрийн харгалзах утганд төлбөр тооцох гэсэн хоёр төрлийн зохицуулалт хэрэглэдэг байна. Үүнийг хүснэгт-1-ээр үзүүлбэл:

Хүснэгт 1. Чадлын коэффициент олон улсын практикт

Улсууд	cosφ зорилтот түвшин	Хуурмаг чадлын нэг kVar-т ногдох тариф, эсвэл cosφ-гээс хамаарсан нэмэлт төлбөрүүд
Чех	1/0,95	cosφ 0,5-аас доош бол үндсэн тарифыг 2 дахин өсгөж тооцдог
Турк		Батлагдсан 1 кВт.т ногдох үнэ тарифын 50 %-иар тооцдог
Герман	0,95/0,9	Цахилгаан түгээх компаниас хамаарна
Австри	0,95	0,018-0,025 евро/кVar
Канад	0,95/0,9	Муж бүрийн дүрэм журамтай
Испани	0,95	0,9-0,95 бол 0,0001 евро, 0,85-0,9 бол 0,012 евро, 0,8-0,85 бол 0,0253 евро, 0,8-аас доош 0,038 евро
Ирланд		\$ 1.5/МVar.ц
Англи	0,95/0,85	\$ 2,4/МVar.ц
Франц	0,92	0,2/улсын мөнгөн тэмдэгтээр/
АНУ	0,95/0,9	Торгууль муж бүрээр ялгаатай. 2011 оноос эхлэн Нью-Йорк мужийн томоохон хэрэглэгчид хуурмаг чадлын торгууль төлж эхэлсэн.
Эстони	0,95	Латви, Литва улсад мөн адил
Румын	0,95	tgφ 0.3-1 бол 0,6, tgφ1-2бол 1, tgφ2-3бол 2
Аргентин		\$ 0.15/МVar.ц
Тайланд	0,85 түүнээс дээш	\$ 0.35/МVar.ц
Хятад	0,90	Хот бүсчлэлийн тарифын бодлоготой
Австрали	0,93/0,9	Хуурмаг чадлын тариф \$10/кВА
Монгол	0,86 түүнээс дээш	cosφ-ээс хамаарч сарын хэрэглээнд 20 % хүртэл нэмэлт төлбөр тооцно

Дээрх хүснэгтээс харахад ихэнх улс оронд cosφ-г 0,9-д хүргэх зорилт тавьдаг байна. Чадлын итгэлцүүр дээшлэх тусам хуурмаг чадлын төлбөр буурах болно. cosφ дээшилснээр тухайн үйлдвэр, компанийн цахилгаан зардал нэмэгдэхийн сацуу цахилгаан түгээх сүлжээний болон трансформаторын хүчний чадлын ашиглалт сайжирдаг байна.

Гадаад улс орнуудад тухайн улсын зохицуулах газраас хуурмаг энергийн төлбөр тооцоотой холбоотой дүрэм, журмыг баталж мөрдүүлдэг. Тухайлбал: Чех улсад cosφ0,95 буюу түүнээс дээш тохиолдолд ямар нэгэн төлбөр урамшуулал тооцдоггүй, харин cosφ 0,94-0,95 хүртэл багасахад 1 кВт.ц цахилгааны тарифыг 2 дахин хүртэл нэмэгдүүлсэн төлбөрийг тооцдог байна[4].

Чех улсын зохицуулах газраас баталсан чадлын итгэлцүүр cosφ-ээс хамаарч аж ахуйн нэгж байгууллагад нэмэлт төлбөр тооцох хувь хэмжээг хүснэгт-2-ээр үзүүлэв.

Хүснэгт 2. Чадлын коэффициентын шатлал нэмэлт төлбөр

cosφ	Нэмэлт төлбөр %	Нэмэлт төлбөр %	cosφ
0,95-1	-	33,63	0,72
0,94	1,12	35,58	0,71
0,93	2,26	37,59	0,70
0,92	3,43	39,66	0,69
0,91	4,63	41,80	0,68
0,90	5,85	43,99	0,67
0,89	7,10	46,25	0,66
0,88	8,37	48,58	0,65
0,87	9,68	50,99	0,64
0,86	11,02	53,47	0,63
0,85	12,38	56,03	0,62
0,84	13,79	58,67	0,61
0,83	15,22	61,40	0,60
0,82	16,69	64,23	0,59
0,81	18,19	67,15	0,58
0,80	19,74	70,18	0,57
0,79	21,32	73,31	0,56
0,78	22,94	76,56	0,55
0,77	24,61	79,92	0,54
0,76	26,32	83,42	0,53
0,75	28,07	87,05	0,52
0,74	29,87	90,82	0,51
0,73	31,72	94,70	0,50
0,50-аас доош бол 100 %			

Чадлын итгэлцүүр cosφ сүлжээнд ямар нөлөө үзүүлдэг вэ?

35 мм² хөндлөн огтлолтой кабелиар тэжээгдэж буй 70 кВт хүчин чадалтай хэрэглэгчийн чадлын итгэлцүүр 0,7-1,0 болж сайжирснаар:

- Шугам сүлжээний алдагдал бараг 50 % буурсан
- Тухайн сүлжээгээр нэмж 50 % -ийн ачаалал авах боломж бий болсон

Хүснэгт 3. Чадлын коэффициент кабелийн хөндлөн огтлолын хамаарал

Cos φ буурах тусам кабелийн хөндлөн огтлол нэмэгдэнэ	1	1,25	1,67	2,5
Cos φ	1	0,8	0,6	0,4

Чадлын итгэлцүүр 0,5 болоход ачаалал 2 дахин ихэсч байна.

Доорх хүснэгтээс чадлын итгэлцүүр 1-0,7 хүртэл буурахад трансформаторын боломжит чадал хэрхэн буурч байгааг харж болохоор байна[5].

II. СУДАЛГААНЫ ОБЪЕКТ

Говь-Алтай аймгийн Цээл сумын нутагт байрлах Таяннуурын төмрийн хүдрийн уурхай нийт 5 үйлдвэрт чадлын коэффициент дээшлүүлж, цахилгаан эрчим хүч хэмнэх, алдагдал бууруулах, кабель болон трансформаторын боломжит хүчин чадлыг бүрэн ашиглах тооцоо, хэмжилт, туршилт, хуурмаг чадлын компенсацилах төхөөрөмж суурилуулсан болно.

III. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Уурхайн нийт 5 үйлдвэрийн тооцооны ачааллыг хамгийн их коэффициентын аргаар тооцоолсон. Бодит хэмжилт туршилтыг АНУ-ын флюкс фермийн иж бүрэн компьютержсон багажаар хэмжилт хийж, тусгай зориулалтын программ хангамжаар боловсруулалт хийж, хуурмаг чадлыг компенсацилах төхөөрөмжийн тооцооны чадлыг сонгож, суурилуулан ашиглаж байна.

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Тухайлбал 4-р үйлдвэрт компенсаци хийхийн өмнөх чадлын итгэлцүүр 0,82 гэж тооцон түүнийг 0,97 хүртэл нэмэгдүүлснээр хуурмаг энергийн төлбөрөөс зайлсхийхийн зэрэгцээ алдагдал бууруулах, хүчдэлийн уналтыг багасгана гэж тооцвол дээрх хүснэгтээс 1 кВт бодит ачаалалд 0,45 кВар шаардлагатай олж болно. 2652 кВА хүчин чадалтай чадлын итгэлцүүр нь 0,82 хэрэглэгчийн чадлын итгэлцүүрийг 0,97 болгож нэмэгдүүлнэ гэж тооцвол: эндээс бодит чадал $P=2652*0.82=2175$ кВт болно. Дээрх хүснэгтээс чадлын итгэлцүүр 0,82 компенсаци хийхийн өмнө ба 0,97 компенсаци хийсний дараа эгнээ болон мөрний огтлолцол дээр 1 кВт бодит ачаалалд 0,45 кВар шаардлагатай олно. Тэгвэл бидэнд шаардлагатай 2175 кВт-ийн ачаалалд $2175*0.45=978$ кВар багтаамжтай конденсаторын батарей хэрэгтэйг тооцоо. Үйлдвэр-5,6 тооцооны үр дүн хүснэгт-4-д үзүүлэв.

Хүснэгт 4. Чадлын коэффициентын тооцоо

	S1	cosp1	P1	Q2			
4-р үйлдвэр	2652.439	0.82	2175	1518.159	Qkp	cos1	0.82
4-р үйлдвэр	2240.89	0.97	2175	539.4093	978.75	cos2	0.97
5-р үйлдвэр	4717.308	0.78	3679.5	2951.995	Qkp	cos1	0.78
5-р үйлдвэр	3813.455	0.97	3679.5	1001.86	1950.135	cos2	0.96
6-р үйлдвэр	4717.308	0.78	3679.5	2951.995	Qkp	cos1	0.78
6-р үйлдвэр	3813.455	0.97	3679.5	1001.86	1950.135	cos2	0.96

S1-үйлдвэрийн тооцооны бүрэн чадал, кВА
P1- үйлдвэрийн тооцооны бодит чадал, кВт
Q2- үйлдвэрийн тооцооны хуурмаг чадал, кВА
Qkp-компенсацилах төхөөрөмжийн тооцооны чадал, кВар
Үйлдвэрүүдэд хуурмаг чадлыг тэгшитгэх төхөөрөмж суурилуулснаар цахилгаан эрчим

хүчний хэмнэлтийн тооцоог дараах хүснэгт-5-д үзүүлэв.

Хүснэгт 5. Цахилгаан эрчим хүчний хэмнэлт

	сард ЦЭХ, кВт.ц	жилд ЦЭХ, кВт.ц	1 кВт.ц, төг	ЦЭХ-ний төлбөр	хэмнэлт
4-р үйлдвэр	10513	126156	850	107,232,600.00	16,084,890.00
5-р үйлдвэр	21067	252804	850	214,883,400.00	38,679,012.00
6-р үйлдвэр	21067	252804	850	214,883,400.00	38,679,012.00
	52647	631764		536,999,400.00	93,442,914.00

Мөн нэгдсэн дизель генераторын түлшний хэмнэлтийн тооцоог дараах хүснэгт-6-д үзүүлэв.

Хүснэгт 6. Түлшний хэмнэлтийн тооцоо

хуурмаг чадал тэгшитгэж үед	хуурмаг чадал тэгшитгэсэн үед	бүрэн чадал, гүйдлийн иксэлт, %	түлшний хэрэглэний иксэлт, %	ЦЭХ-ний хэмнэлт	түлшний хэмнэлт
0.82	0.97	22	39	23,591,172.00	4680000000
0.78	0.96	30	51	64,465,020.00	6120000000
0.78	0.96	30	51	64,465,020.00	6120000000
				152,521,212.00	16,920,000,000.00

ДҮГНЭЛТ

- ✓ Нийт 5 үйлдвэрийн хэрэглэгчид өөрийн хүчин чадалд тохирсон компенсацилах төхөөрөмж суурилуулснаар техник, эдийн засгийн тооцоондоо хэмнэлт бий болно. Үйлдвэрт хүчин чадалдаа зохицсон конденсаторын төхөөрөмж суурилуулснаар хөрөнгө оруулалтын зардлаа маш богино хугацаанд 5-18 сарын дотор нөхдөг байна.
 - Чадлын коэффициентийг 0,95 хүртэл дээшлүүлснээр уурхайн шугам сүлжээний ачаалал 30 хувь багасна. Үүнд:
 - Шугамын алдагдал 23 хувь буурна
 - Хуваарилах байгууламжийн хүчин чадлыг 30 хувь нэмэгдүүлэх боломжтой
 - Кабель шинийн хөндлөн огтлол 1,5 дахин бууруулах боломжтой
 - Бүрэн чадлын хэрэгцээ 30 хувь багасна
- Дээрх туршилт-хэмжилт-тооцооны үр дүнгээс харахад хуурмаг чадал үйлдвэрлэдэг үйлдвэрийн газруудад хуурмаг чадлын хэмжилт судалгаа явуулж, хуурмаг чадлын торгуулийг өндөр болгох шаардлагатай байна. Энэ нь цахилгаан шугам сүлжээний кабель болон трансформаторын ажиллагаанд эерэг нөлөө үзүүлдэг юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] “Хэрэглэгчийн чадлын итгэлцүүрээс хамаарч төлбөр тооцох журам” ЭХЗГ-ын зохицуулагчдын зөвлөлийн 2010 оны 109 дүгээр тогтоол
- [2] Improve your power factor, reduce your reactive-power costs
- [3] Schneider electric-electrical installation guide 2010
- [4] Markets for reactive power and reliability: a white paper
- [5] How to calculate your savings and payback period-Con edison, U.S.A

ЦАХИЛГААН СИСТЕМИЙН ГОРИМЫН ТООЦООНЫ ЧАДЛЫН БАЛАНСЫН ЗАГВАРЫН СУДАЛГАА

Ш.Гантөмөр, Ж.Нандагсамба, Н.Мөнгөнхөлөгт, Б. Мөнхтогтох

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
gantumur2020@must.edu.mn

Хураангуй

Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцоог гүйцэтгэх үйлдвэрлэлийн шаардлага хангасан иж бүрэн программ хангамжийг боловсруулахад тухайн цахилгаан системийн онцлог шинж чанар, бүтэц, хэмжээнд тохирсон математик загвар, тухайн загварыг бодох тооцооны нийлэлт, хурд сайтай орчин үеийн сонгомол аргуудыг оновчтойгоор ашиглах шаардлагатай юм. Иймд тооцооны загвар, түүнийг бодох аргуудыг оновчтой сонгох буюу шинээр боловсруулан улмаар програмчлах шаардлагатай тул энэ чиглэлээр хийсэн судалгааны ажлын нэг хэсэг болох өндөр эрэмбийн шугаман бус загварын талаар энэхүү өгүүлэлд авч үзсэн.

Түлхүүр үг: Якобын матриц, Гессегийн матриц, Параметрт арга

I. ТОГТСОН ГОРИМЫН ТООЦООНЫ ҮНДСЭН ЗАГВАР

Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны математик загвар өндөр эрэмбийн комплекс тэгшитгэлийн системээр тодорхойлогдох ба гүйдлийн балансын загвар, чадлын балансын загвар гэж хоёр ангилдаг. Манай улсын төвийн эрчим хүчний системийн хувьд (ТЭХС) 110-220 кВ-ын сүлжээний хувьд 600 гаруй эрэмбэтэй бүхий комплекс параметр бүхий шугаман бус тэгшитгэлийн систем гардаг. Ерөнхий тохиолдолд чадлын балансын загварыг

$$\dot{W}_{Si} = \dot{S}_i + \dot{U}_i \cdot \hat{U}_i \cdot \sum_{j=1}^{n+1} \hat{Y}_{ij} - \dot{U}_i \cdot \sum_{j=1}^{n+1} \hat{U}_j \cdot \hat{Y}_{ij} = 0, \quad i = 1 \dots n \quad (1)$$

гүйдлийн балансын загварыг

$$\dot{W}_{ii} = \frac{\hat{S}_i}{\hat{U}_i} + \dot{U}_i \cdot \sum_{j=1}^{n+1} \hat{Y}_{ij} - \sum_{j=1}^{n+1} \dot{U}_j \cdot \hat{Y}_{ij} = 0, \quad i = 1 \dots n \quad (2)$$

гэж тодорхойлдог [1]. Үүнд: $\dot{S}_i = P_i + jQ_i$ - i -р зангилааны чадал, $j = \sqrt{-1}$, \dot{U}_j, \hat{U}_j -зангилааны хүчдэлийн комплекс болон түүний хосмог, $\dot{Y} = g_{ij} - jb_{ij}$ -зангилааны дамжууламж, $\hat{Y} = g_{ij} + jb_{ij}$ -зангилааны дамжууламжийн хосмог утга.

Гүйдлийн балансын загвар (2), тэдгээрийн нийлэх чанарын талаар [2,3,5]-д дэлгэрэнгүй авч үзсэн. Гүйдлийн хэлбэрт бичигдэх зангилааны хүчдэлийн тэгшитгэлээр тодорхойлогдох шугаман ба шугаман бус загварыг цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцоонд өргөн хэрэглэдэггүй боловч цахилгаан системийн хэтийн төлөв, зураг төсөл, нам хүчдэлийн сүлжээ зэрэг тооцооны нарийвчлалд бага үнэлгээ өгдөг цахилгаан системийн төлөв байдлыг тодорхойлдог [3].

(1) загвар нь комплекс тэгшитгэлийн систем тул тооцоонд шууд ашиглах боломжгүй тул бодит тэгшитгэлийн систем рүү хувиргах шаардлагатай

байдаг. Эдгээр загварын горимын болон системийн хувьсагч, системийн параметрийг ямар хэлбэрээр авснаас хамааран чадлын балансын загварын хэлбэрүүд янз бүр гардаг.

(1) загварын параметруудийг $\dot{Y}_{ij} = y_{ija} - jy_{ijr}$, $\dot{U} = U_a + jU_r$, $\dot{S}_i = P_i + jQ_i$ гэж авч хувиргалт хийвэл тооцооны загвар

$$\begin{cases} W_p = P_i^{ch} - (U_{ai} + U_{ri})^2 \cdot y_{ia} + U_{ai} \cdot \sum_{j=1}^{n+1} (U_{aj} y_{aj} + U_{rj} y_{rj}) + U_{ai} \cdot \sum_{j=1}^{n+1} (U_{aj} y_{aj} - U_{rj} y_{rj}) \\ W_q = Q_i^{ch} - (U_{ai} + U_{ri})^2 \cdot y_{iq} + U_{ai} \cdot \sum_{j=1}^{n+1} (U_{aj} y_{aj} - U_{rj} y_{rj}) + U_{ai} \cdot \sum_{j=1}^{n+1} (U_{aj} y_{aj} - U_{rj} y_{rj}) \\ W_{in} = U_{pi}^2 - U_{ai}^2 - U_{ri}^2 + U_{ai}^2 + U_{ri}^2 = U_{pi}^2; i = 1..K, M + K = n \end{cases} \quad (3)$$

болно. Энэ загварыг тэгш өнцөгт координатын системд чадлын балансын загвар гэж нэрлэдэг

(ТГТ-3). Үүнд: $y_{ija} = \sum_{j=1}^{n+1} g_{ij} + g_i^{0i0}$,

$y_{ijr} = \sum_{j=1}^{n+1} b_{ij} + b_i^{0i0}$ бөгөөд g_i^{0i0} , b_i^{0i0} нь i -

р зангилаанд шууд холбогдсон бодит, хуурмаг шунтын (короны алдагдал, багтаамжийн дамжууламжийг тооцсон) дамжууламж; n - баланслагч зангилааг тооцоогүй цахилгаан системийн орлуулгын схемийн зангилааны тоо; K - PV хэлбэрийн зангилааны тоо (хүчдлийн тохируулгатай зангилаа; M - PQ хэлбэрийн зангилааны тоо (ачааллын зангилаа).

(1) загварын параметруудийг

$\dot{U}_i = V_i \cos \delta_i + V_i \sin \delta_i$, зангилааны дамжууламж ба чадлын утгыг $\dot{Y}_{ij} = y_{ija} - jy_{ijr}$, $\dot{S}_i = P_i + jQ_i$ гэж авч үзвэл тооцооны загвар

$$\begin{cases} W_p = P_i^{ch} - V_i^2 \cdot y_{ia} + V_i \cos \delta_i \cdot \sum_{j=1}^{n+1} V_j (\cos \delta_j y_{ja} + \sin \delta_j y_{jr}) + V_i \sin \delta_i \cdot \sum_{j=1}^{n+1} V_j (\sin \delta_j y_{ja} - \cos \delta_j y_{jr}) = 0 \\ W_q = Q_i^{ch} - V_i^2 y_{iq} - V_i \cos \delta_i \cdot \sum_{j=1}^{n+1} V_j (\sin \delta_j y_{ja} - \cos \delta_j y_{jr}) + V_i \sin \delta_i \cdot \sum_{j=1}^{n+1} V_j (\cos \delta_j y_{ja} + \sin \delta_j y_{jr}) = 0 \end{cases} \quad i = 1 \dots n \quad (4)$$

болно. Энэ загварыг туйлын координатын систем дэх чадлын балансын загвар гэж нэрлэдэг (ТГТ-4).

Зангилааны хүчдэл, зангилааны дамжууламжийг дараах хэлбэрт буюу

$$\dot{U}_i = V_i \cos \delta_i + V_j \sin \delta_i,$$

$$\dot{Y}_{ij} = Y_{ij} \cos \varphi - jY_{ij} \sin \varphi \text{ гэж, чадлын утгыг доорх}$$

хэлбэрт буюу $\dot{S}_i = P_i + jQ_i$ гэж авч үзвэл тооцооны загвар

$$\begin{cases} W_i^P = P_i^{\text{cari}} - V_i^2 \cdot Y_{ii} \sin \alpha_{ii} - V_i \cdot \sum_{j=1}^{n+1} V_j \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) = 0 \\ W_i^Q = Q_i^{\text{cari}} - V_i^2 Y_{ii} \cos \alpha_{ii} + V_i \cdot \sum_{j=1}^{n+1} V_j \cos(\delta_i - \delta_j - \alpha_{ij}) = 0 \end{cases}$$

$$i = 1 \dots n \quad (5)$$

Үүнд: $\alpha = 90 - \varphi$ болно. Энэ загварыг туйлын координатын систем дэх чадлын балансын загвар-2 гэж нэрлэдэг (ТГТ-6).

Тэгш өнцөгт болон туйлын координат систем дэх гүйдэл, чадлын балансын хэлбэрт бичигдэх зангилааны хүчдэлийн тэгшитгэлээр тодорхойлогдох шугаман бус загварыг (цаашид шугаман загвар бус загвар) гарган авах үндсэн загвар тул энэхүү загварын бүтэц, байгуулах аргачлал, тооцооны алгоритм, программчлах аргачлал зэргийг нарийвчлан авч үзэх шаардлагатай юм.

II. НЬУТОНЫ АРГА БА ШУГАМАН БУУЛТЫН АРГЫН ХАРИЛЦАН ХОЛБОО

Тогтсон горимын тооцооны (1) шугаман бус тэгшитгэлийн системийг өгөгдсөн анхны ойролцоо $\mathbf{X}^{(p)}$ цэгийн орчим Тейлорын цуваагаар задлан шугаман хэлбэрт шилжүүлбэл

$$\mathbf{W}(\mathbf{X}) = \mathbf{W}(\mathbf{X}^{(p)}) + \mathbf{J}(\mathbf{X}^{(p)}) (\mathbf{X} - \mathbf{X}^{(p)}) = \mathbf{0} \quad (6)$$

болно. Үүнд: $\mathbf{J}(\mathbf{X}^{(p)}) = \left[\frac{\partial \mathbf{W}(\mathbf{X}^{(p)})}{\partial \mathbf{X}} \right]_{\mathbf{X}^{(p)}}$ цэгийн

орчим тооцоологдсон Якобын матриц.

(6)-г шугаман тэгшитгэлийн систем рүү шилжүүлбэл

$$\mathbf{J}(\mathbf{X}^{(p)}) \Delta \mathbf{X}^{(p)} = -\mathbf{W}(\mathbf{X}^{(p)}) \quad (7)$$

хэлбэртэй гарна. Үүнд: $\Delta \mathbf{X}^{(p)} = (\mathbf{X} - \mathbf{X}^{(p)}) - \mathbf{X}^{(0)}$

гэсэн хувьсахын өөрчлөлт.

Шугаман тэгшитгэлийн системийг бодож $\Delta \mathbf{X}^{(p)}$ гэсэн хувьсахын өөрчлөлтийг олж дараагийн ойролцоо утгыг

$$\mathbf{X}^{(p+1)} = \mathbf{X}^{(p)} + \Delta \mathbf{X}^{(p)} \quad (8)$$

гэсэн итерацийн загварын тусламжтайгаар олно.

$\mathbf{X}^{(p+1)}$ утгыг олсны дараа тэгшитгэлийг $\mathbf{X}^{(p+1)}$ цэгийн орчим дахин шугамчлан дээрх зарчмын

дагуу $\mathbf{X}^{(p+2)}$ -ийг олох замаар шугаман бус тэгшитгэлийн системийг боддог. Тооцоог итерацийн аргаар гүйцэтгэж байгаа тул тооцооны алхам тутамд балансын бус вектор буюу хувьсагчийн өөрчлөлтийн хамгийн их утга шаардлагатай нарийвчлалыг хангасан тохиолдолд хамгийн сүүлийн алхам дээрх хувьсагчийн утгыг шийд болгон авдаг. Энэ аргын Ньютон-Рафсоны арга буюу Ньютоны нэгдүгээр эрэмбийн арга гэж нэрлэдэг [1-5].

Шугаман бус тэгшитгэлийн системийг бодоход оновчлолын буюу хамгийн бага утгыг тодорхойлох арга (минимизацийн арга, минимумчлах арга)-ыг ашиглахдаа (1) загварын хамгийн бага утгыг тодорхойлох боломжтой (1)-ийн балансын бус векторын үлдэгдлүүдийн квадратлаг функцийг ашигладаг.

$$\varphi(\mathbf{X}) = \sum_{i=1}^N w_i^2(\mathbf{X}) = \|\mathbf{W}(\mathbf{X})\|^2 \quad (9)$$

(9)-ийг байгуулсны дараа

$$\mathbf{X}^{(p+1)} = \mathbf{X}^{(p)} + \lambda \mathbf{d}^{(p)} \quad (10)$$

гэсэн загварыг ашиглан (9)-ийн хамгийн бага утгыг тодорхойлдог. Үүнд: $\mathbf{X}^{(p+1)}, \mathbf{X}^{(p)}$ -(10)

итерацийн процессын $p, p+1$ алхам харгалзах хувьсагчийн утга; $\mathbf{d}^{(p)}$ - ямар нэгэн дүрмээр

тодорхойлогдох чиглэлтэй буулт буюу (9) функцийн буурах чиглэл; $\lambda_{(p)}$ - p итерацийн $\mathbf{d}^{(p)}$ чиглэлийн дагуу алхмын урт.

(9)-ын хамгийн бага утганд харгалзах хувьсагч (9) функцийн шийд болно. Оновчлолын арга нь тодорхой нөхцлүүдийг биелүүлсэн тохиолдолд нийлэлтийн нөхцлийг хангадаг.

(8) ба (10)-ийг хооронд нь харьцуулан харвал $\lambda = 1$ үед ижилхэн хэлбэр бүхий итерацийн загвар болох нь харагдаж байна. Өөрөөр хэлбэл $\mathbf{d}^{(p)} = \Delta \mathbf{X}^{(p)}$

гэж орлуулбал хамгийн бага утгыг тодорхойлох буултын аргын үндсэн алгоритм нь Ньютоны аргын алгоритмтай давхцаж байна гэсэн үг юм. (10) загварын тусламжтайгаар антиградиентийн чиглэлээр буюу антиградиенттэй хурц өнцөг үүсгэх чиглэлийн дагуу дурын вектороор хамгийн бага утгыг тодорхойлох боломжтой юм.

III. ТОГТСОН ГОРИМЫН ТООЦООНЫ ПАРАМЕТРТ АРГА

Ньютоны нэгдүгээр эрэмбийн арга нь тооцооны алгоритм хялбартай, нэгэн жигд, нэгэн төрлийн шугаман загварын хувьд нийлэлт сайтай боловч нэгэн төрлийн бус шугаман бус загварыг бодоход итерацийн нийлэх нөхцлийг хангаж чаддаггүй байна [1] (Зураг 1). Итерацийн процессын нийлэлт, хурдыг сайжруулах зорилгоор хувьсагчийн өөрчлөлтийн векторт параметрт

үржигдэхүүн оруулах аргачлалыг [1] боловсруулсан бөгөөд энэ тохиолдолд тэгшитгэлийг бодох итерацийн загвар p дугаар алхамд

$$\mathbf{X}^{(p+1)} = \mathbf{X}^{(p)} + \lambda^{(p)} \Delta \mathbf{X}^{(p)} \quad (11)$$

болно. Энэ аргын үндсэн санааг анх Оросын эрдэмтэн Л.А.Крумм гаргаж улмаар цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцоонд амжилттай хэрэгжүүлсний зэрэгцээ цаашид улам боловсронгуй болгох талаар нилээд хэмжээний ажлыг гүйцэтгэн үйлдвэрлэлд биеллээ олсон программ хангамжийг боловсруулсан байна [1].

λ -г сонгох олон төрлийн аргачлал байхын зэрэгцээ сүүлийн үед боловсруулагдсан аргачлалууд нь цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны хамгийн түгээмэл хэрэглэгдэх аргууд болсон байна. λ -г тодорхойлох аргачлал нь авч үзэж буй цахилгаан системийн бүтэц, хэмжээ, тооцооны шаардлагатай уялдан цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны параметрт арга, Ньютоны төрлийн оновчлолын нэгдүгээр арга, Ньютоны төрлийн оновчлолын хоёрдугаар арга [1], Ньютоны төрлийн оновчлолын гуравдугаар арга [1,3] болон муруй шугаман буултын аргууд боловсруулагдсан байна. Эдгээр аргууд нь цахилгаан системийн бүтэц, Якобын матрицын нөхцөл буюу нэгэн төрөл байдалтай уялдан тооцооны нийлэлтийн горим, тооцооны хурд, сарнилт харилцан адилгүй байдаг тул тухайн системийн хувьд тохиромжтой аргачлалыг сонгохдоо тооцооны туршилтыг ашигладаг байна. Дээрх аргуудын тооцооны туршилтыг гүйцэтгэхийн тулд аргуудыг нарийвчлан судлан Windows орчны Visual Basic 6.0 программчлалын тусламжтайгаар тооцооны “Горим 2.0”, “Newton 2004” програмуудыг боловсруулсан.

Алгоритм 1. Ньютоны төрлийн оновчлолын нэгдүгээр аргачлал (нэгдүгээр арга гэх.)-ын мөн чанарын талаар дэлгэрэнгүй хэлбэрээр авч үзье. Тооцооны эхний шатанд итерацийн процессыг

$$\mathbf{X}^{(p+1)} = \mathbf{X}^{(p)} + \lambda^{(p)} \Delta \mathbf{X}^{(p)} \quad (12)$$

гэсэн хэлбэрээр зохион байгуулж өмнөх итерацийн $\mathbf{X}^{(p)}$ ба шинээр тодорхойлогдсон

$\mathbf{X}^{(p+1)}$ -ийн тусламжтайгаар (9) гэсэн балансын бус векторын квадратуудын үлдэгдлээс тогтох

$$\varphi(\mathbf{X}^{(p)}) = \sum_{i=1}^N w_i^2(\mathbf{X}^{(p)}) \quad \text{ба} \quad \varphi(\mathbf{X}^{(p+1)}) = \sum_{i=1}^N w_i^2(\mathbf{X}^{(p+1)}) \quad (13)$$

гэсэн квадрат функцийг байгуулж $\varphi(\mathbf{X}^{(p)})$ -ийг $\varphi(\mathbf{X}^{(p+1)})$ -тэй харьцуулалт хийж

$$\varphi(\mathbf{X}^{(p)}) < \varphi(\mathbf{X}^{(p+1)}) \quad (14)$$

нөхцөл биелж байвал $\lambda^{(p)}=1$ гэж сонгон $\mathbf{X}^{(p+1)}$ -ээр дараагийн итерацийн тооцоог гүйцэтгэнэ. Хэрэв

$$\varphi(\mathbf{X}^{(p)}) \geq \varphi(\mathbf{X}^{(p+1)}) \quad (15)$$

нөхцөл биелж байвал $\mathbf{X}^{(p+1)}$ -ийг утгыг доорхи алгоритмийн дагуу тодорхойлно. (15)-ийг $\mathbf{X}^{(p)}$, $\mathbf{X}^{(p+1)}$ -ийн утгууд хангаж байвал $\lambda^{(p)}$ -г 2 дахин багасган $\lambda_{(1)}^{(p)} = 1/2$ гэж авч (12)-оор $\mathbf{X}_{(1)}^{(p+1)}$ векторын утгыг дахин тодорхойлон (13) гэсэн квадрат функц болох $\varphi(\mathbf{X}_{(1)}^{(p+1)})$ -ийн утгыг дахин олж (14) гэсэн нөхцлөөр дахин харьцуулалт хийнэ. Нөхцөл биелж байвал $\mathbf{X}_{(1)}^{(p+1)}$ гэж сонгох бөгөөд

$\mathbf{X}_{(1)}^{(p+1)}$ -ийг шинээр тодорхойлогдсон утга болгон авч тооцоог үргэлжлүүлэх бөгөөд биелэхгүй байвал $\lambda_{(1)}^{(p)} = 1/2$ -г дахин хувааж $\lambda_{(2)}^{(p)} = 1/4$ гэж авч (13), (14)-ийг дахин гүйцэтгэнэ.

Энэ цикл хэдэн ч удаа давтагдаж болох бөгөөд давталтын тоог $\dot{I} + 1$ гэж үзвэл дурын K -р итерацийн тооцоонд $\mathbf{X}^{(K+1)}$ векторын утгыг

$$\mathbf{X}^{(K+1)} = \mathbf{X}^{(K)} + \frac{1}{2^M} \Delta \mathbf{X}^{(K)} \quad (16)$$

гэж, λ -г тодорхойлох шинжүүр

$$\varphi(\mathbf{X}^{(K+1)}) < \varphi(\mathbf{X}^{(K)}) \quad (17)$$

тодорхойлно. Үүнд : M -дэс дараалсан бүхэл тоо $0, 1, 2, \dots$ г.м.

Тооцооны судалгаанаас үзэхэд Ньютоны стандарт аргачлал сарниж байх тохиолдолд нэгдүгээр арга хэдхэн итерацийн дараа нийлэлт өгч байгаа тохиолдол байна [1]. Гэвч зарим тохиолдолд итерацийн нийлэлт алдагдаж байна. Үүнээс гадна λ -г ямар тоон утгатай авсан (14) нөхцлийг хангаж чадахгүй тохиолдол гарч байна.

Нэгдүгээр аргын үйлчилгээг сайжруулахын тулд цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцоонд зөвхөн (17) нөхцлийг тооцохоос гадна (16)-гаар тодорхойлогдох цэгт Якобын матрицын тодорхойлогчийн тэмдгийн өөрчлөлтийг хянах шаардлагатай юм. Якобын матрицын тэмдгийн өөрчлөлт гарч байгаа тохиолдолд итерацийн процесс нийлэхгүй байна.

Алгоритм 2. (12) алгоритмд λ -г тодорхойлохдоо аналитик хэлбэрээр бус туршилт, ерөнхий зүй тогтлын дагуу хялбар байдлаар авч үзсэн. λ -ийн оршин байх мөн чанар, тогтсон горимын тооцооны тэгшитгэлийн зүй тогтолтой уялдуулан аналитик хэлбэрээр тодорхойлох аргуудыг [5] тооцоонд авч үзэх зайлшгүй шаардлагатай юм.

$$\mathbf{X}^{(K+1)} = \mathbf{X}^{(K)} + \lambda \Delta \mathbf{X}^{(K)} \quad (18)$$

гэсэн итерацийн процессын алхам бүрт λ параметр $0 < \lambda \leq 1$ завсарт тодорхойлогдох бөгөөд

$$\lambda = \frac{1}{K_{(p)}}; \quad K_{(p)} \geq \beta_{(p)m}; \quad K_{(p)} \geq 1, \quad p = 0, 1, 2, \dots \quad (19)$$

гэсэн хэлбэрээр тооцож болно.

(19)-ийн $\beta_{(p)m}$ -ийг доорхи илэрхийллээр

$$\beta_{(p)m} = \frac{1}{2} \frac{\|\mathbf{B}_{(p)}\|_m}{\|\mathbf{W}(\mathbf{X}_{(p)})\|_m} \leq B_1 \quad (20)$$

гэж тодорхойлно. Үүнд :

$$\mathbf{B}_{(p)} = \left\{ b_i^{(p)} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\partial w_i^2(\mathbf{X}^{(p)})}{\partial x_i \partial x_j} \Delta x_i^{(p)} \Delta x_j^{(p)}, i = 1 \dots N \right\}$$

(1) хоёрдугаар эрэмбийн уламжлалаар тодорхойлогдох Гессегийн матриц, $\|\mathbf{B}_{(p)}\|_o - \mathbf{X}^{(p)}$ цэг дээр $\mathbf{B}^{(p)}$ матрицын норм, $\|\mathbf{W}(\mathbf{X}_{(p)})\|_m - \mathbf{X}^{(p)}$ цэг дээр $\mathbf{W}(\mathbf{X}^{(p)})$ векторын норм.

$\Delta \mathbf{X}$ вектор нь итерацийн тооцооны алхам бүрт (20)-ийн (18) ба (19) итерацийн процессийн тооцоогоор тодорхойлогдоно.

[5]-д дараах нөхцөл биелсэн тохиолдолд (19) сонголтын тусламжтайгаар хийгдэх итерацийн процесс нийлнэ гэдгийг баталсан байна. $\mathbf{X}^{(0)} \in \omega$ бөгөөд ω нь доорхи нөхцлөөр тодорхойлогдох муж юм.

- а) Якобын матриц онцгой бус, ω мужид түүний урвуу матриц зайлшгүй байх
- б) Гессегийн матрицын норм хязгаартай байх
- в) Дараах тэнцэтгэл биш биелж байх

$$\beta_{(p)m} = \frac{1}{2} \frac{\|\mathbf{B}_{(p)}\|_m}{\|\mathbf{W}(\mathbf{X}_{(p)})\|_m} \leq B_1$$

$K^{(p)}$ -ийн утга $\beta_{(p)m}$ утгаас нилээд их тохиолдолд итерацийн процессийн нийлэлт удаашрахын зэрэгцээ $K^{(p)} = \beta_{(p)m}$ үед нийлэлт шаардлага хангахгүй болж байна.

(18) тооцоог гүйцэтгэхэд нийлэлтийг сайжруулах зорилгоор дараах нөхцлийг нэмж тооцож болно.

Тооцоог гүйцэтгэхийн тулд итерацийн загвар

$$q^{(p)} = \frac{\|\mathbf{W}(\mathbf{X}^{(p+1)})\|_o}{\|\mathbf{W}(\mathbf{X}^{(p)})\|_o} = \frac{\bar{\beta}_{(p)m}}{K^{(p)}} + \frac{K^{(p)} - 1}{K^{(p)}} < 1$$

болно. Үүнд:

$$\bar{\beta}_{(p)m} = \frac{1}{2} \frac{1}{\|\mathbf{W}(\mathbf{X}_{(p)})\|_m} \cdot \left\| \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\partial w_i^2(\xi^{(p)})}{\partial x_i \partial x_j} \Delta x_i^{(p)} \Delta x_j^{(p)} \right\|_m$$

$$\xi^{(p)} = \mathbf{X}^{(p)} + \theta^{(p)}(\mathbf{X}^{(p+1)} - \mathbf{X}^{(p)}), 0 \leq \theta^{(p)} \leq 1 \quad (21)$$

$$q^{(p)} = \frac{\bar{\beta}_{(p)m}}{K^{(p)}} + \frac{K^{(p)} - 1}{K^{(p)}} \text{ илэрхийллээс } \frac{dq^{(p)}}{dK^{(p)}}$$

уламжлалыг олно.

$$\frac{dq^{(p)}}{dK^{(p)}} = \frac{1}{(K^{(p)})^2} \left(1 - \frac{2\bar{\beta}_{(p)m}}{K^{(p)}} \right) = 0 \quad (22)$$

Тэгэхлээр $K^{(p)} \neq 0$ (3.12)-оос $K^{(p)} = 2\bar{\beta}_{(p)m}$ үед

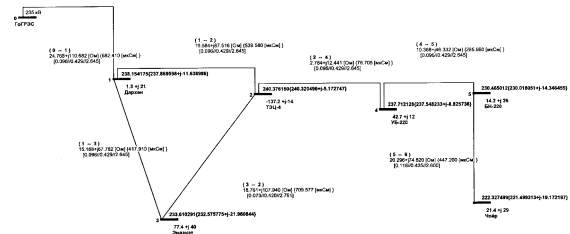
$$\lambda = \begin{cases} \frac{1}{\bar{\beta}_{(p)m}} \Rightarrow \bar{\beta}_{(p)m} > \frac{1}{2} \\ 1 \Rightarrow \bar{\beta}_{(p)m} \leq \frac{1}{2} \end{cases} \quad (23)$$

параметрийг гэж тодорхойлох бөгөөд нийлэлт улам сайжрах болно.

IV. ТООЦООНЫ ЖИШЭЭ, ҮР ДҮН

Тооцоонд ТЭХС-ийн 220 кВ-ын сүлжээний их ачааллын горимыг авч үзсэн. Тооцоог нийлмэл бүтэцтэй цахилгаан системийн горимын тооцооны “Горим 2.0” программын тусламжтайгаар гүйцэтгэсэн. Дээрх математик загварууд, аргачлалын дагуу ТЭХС-ийн 220 кВ-ын сүлжээнд хийсэн тооцооны үр дүнг авч үзье.

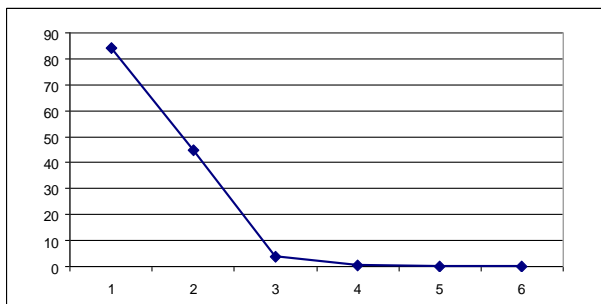
Энэ сүлжээ 6 үл хамаарах зангилаа, нэг баланслагч зангилаатай, 6 салаатай, нэг битүү хүрэнээс тогтсон бүтэцтэй байна. ТЭХС-ийн орлуулгын схемийн үндсэн параметруудийг олж тооцоонд шаардлагатай матрицуудыг байгуулах шаардлагатай. Баланслагч зангилаагаар ОХУ-ын ГоГРЭС (Галуут нуур)-ын 220 кВ-ын шинийг авсан.



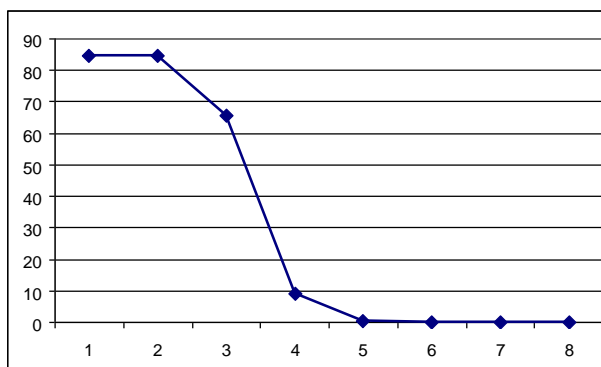
Зураг 1.ТЭХС-ийн системийн 220 кВ-ын сүлжээний орлуулгын схемийн параметр, шугамын хувийн параметр

Хүснэгт 1. Туйлын координатын систем дэх загварыг Параметрт аргаар бодсон нэгдсэн үр дүн

Итераци	Зангил-ааны Дугаар	W_i^{max}	Лямбда	Якобын матрицын тодорхойлогч 10^{-9}
		МВт, МВар		
1	2	84.5	0.588982	12.122
2	2	12.2935	1.06237	6.99882
3	2	1.06114	1.03095	1.38577
4	2	0.026229	0.99993	1.148002
5	4	0.001559	1.00002	1.15026
6	4	0.000468217	0.999987	1.15045



Зураг 2. Тэгш өнцөгт координатын систем дэх чадлын балансын загварын хамгийн их балансын бус чадал



Зураг 3. Туйлын координатын систем дэх чадлын балансын загварын хамгийн их балансын бус чадал

ДҮГНЭЛТ

Дээрх судалгааны үр дүнд дараах дүгнэлтүүдийг гаргаж байна.

1. Үйлдвэрлэлийн чанартай программ боловсруулахад тэгш өнцөгт координатын систем дэх загвар хялбар алгоритмтай бөгөөд тооцооны нийлэлт нь туйлын координатын систем дэх загвараас илүү сайн байна.
2. Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцоонд ашиглагдаж байгаа шугаман ба шугаман бус хэлбэртэй математик загваруудыг нарийвчлан судлаж математик загварын бүтэц, хэмжээ, тооцооны нийлэлт, тооцооны

хугацаанаас хамааруулан дүн шинжилгээ хийх замаар манай улсын төвийн эрчим хүчний системийн тогтсон горимын тооцоонд хамгийн тохиромжтой загвар улмаар тооцооны иж бүрэн программ хангамж боловсруулан үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэх шаардлагатай байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны математик загвар, аргачлал, алгоритм боловсруулах” нэг сэдэвт бүтээл, докторын диссертаци, 2005 он, УБ хот.
- [2] ”Тарасов В.И. “Методы минимизации Ньютоновского типа для установившихся режимов электроэнергетических систем”, – Новосибирск: Наука, 2001. 167 с.
- [3] Д.Содномдорж “Цахилгаан системийн горим: Математик арга ба загвар”, –УБ.: МУТИС–ийн хэвлэл, 1999, –291 х.
- [4] Д.Содномдорж, Ш.Гантөмөр “Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны чадлын балансын загварыг ашиглах алгоритм, программ хангамж”. //”Цахилгаан дамжуулах, түгээх сүлжээний горимыг оновчлох эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх” сэдэвт эрдэм шинжилгээний хурлын эмхтгэл. -УБ хот, 2004, 97-115 х.
- [5] Идельчик В.И., Крумм Л.А., Тарасов В.И. “Экспериментальное исследование неоднозначности решения уравнений установившего режима” //Вопросы применения математических методов при управлении режимами и развитием электрических систем. – Иркутск, 1971. –С. 27–46.
- [6] Тарасов В.И. “Ускорение сходимости метода по параметру при расчетах установившихся режимов электрических систем”. // Вопросы применения математических методов при управлении режимами и развитием электрических систем. –Иркутск, 1972. –С. 19–29.

ХУВААРИЛАХ СҮЛЖЭЭНИЙ ТОГТСОН ГОРИМЫН ТООЦООНЫ ЗАГВАРЧЛАЛ, ПРОГРАММ ХАНГАМЖ БОЛОВСРУУЛАХ АСУУДАЛД

Ш.Гантөмөр, Ж.Нандагсамба, Н.Ихзориг, Д.Мөнгөнсувд

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
gantumur2020@must.edu.mn¹

Хураангуй

Манай улсын ЦШС-ний горимын тооцоонд төрөл бүрийн загвар, аргачлал, программ хангамжуудыг ашиглаж байна. Эдгээр программ хангамжууд нь гадаадын ямар нэгэн судалгааны төв, хүрээлэн, их дээд сургуулиудад боловсруулсан, нэг төрлийн математик загвар, тооцооны нэг аргачлалыг ашигласан үйлдвэрлэлийн зориулалттай хийгдсэн байдаг. Эдгээр программыг өөрчлөн засах, шинээр нэмэлт тооцооны блок суулгах, математик загвар, тооцооны аргын нийлэх чанарт нарийвчилсан судалгаа хийх боломжгүй юм. Иймд манай улсын 6-35 кВ-ын сүлжээний тогтсон горимын тооцооны программ хангамж боловсруулсан талаар энэ өгүүлэлд авч үзсэн болно.

Түлхүүр үг: Горимын тооцоо, Горим 1.0, Loss 10

I. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

6-10 кВ-ын сүлжээний горимын тооцоог гүйдлийн балансын шугаман бус загварын тусламжтайгаар Гауссын аргаар бодох алгоритм, аргачлалд тулгуурлан “Loss 10” программыг боловсруулсан. Энэ программыг зураг схемтэй ажиллах блок, эрчмийн алдагдлын тооцооны блок нэмэх замаар сайжруулан зарим нэг цахилгаан түгээх сүлжээнд нэвтрүүлсэн бөгөөд одоо зарим цахилгаан түгээх сүлжээний газрын захиалгаар, тухайн байгууллагын шаардлагаар шинэчлэн боловсруулаад байна. “Loss 10” программ нь зөвхөн нэг хүчдлийн түвшин бүхий, хоёр ороомогт трансформатороор цахилгаан эрчим хүчийг түгээж байгаа сүлжээний горимын тооцоог гүйцэтгэх боломжтой юм. Энэ программ нь олон хүчдлийн түвшинд ажиллах сүлжээний горимын тооцоог гүйцэтгэх боломжгүй боловч үйлдвэрлэлд буюу түгээх сүлжээний ашиглалтанд хамгийн тохиромжтой гэж үзэж байна.

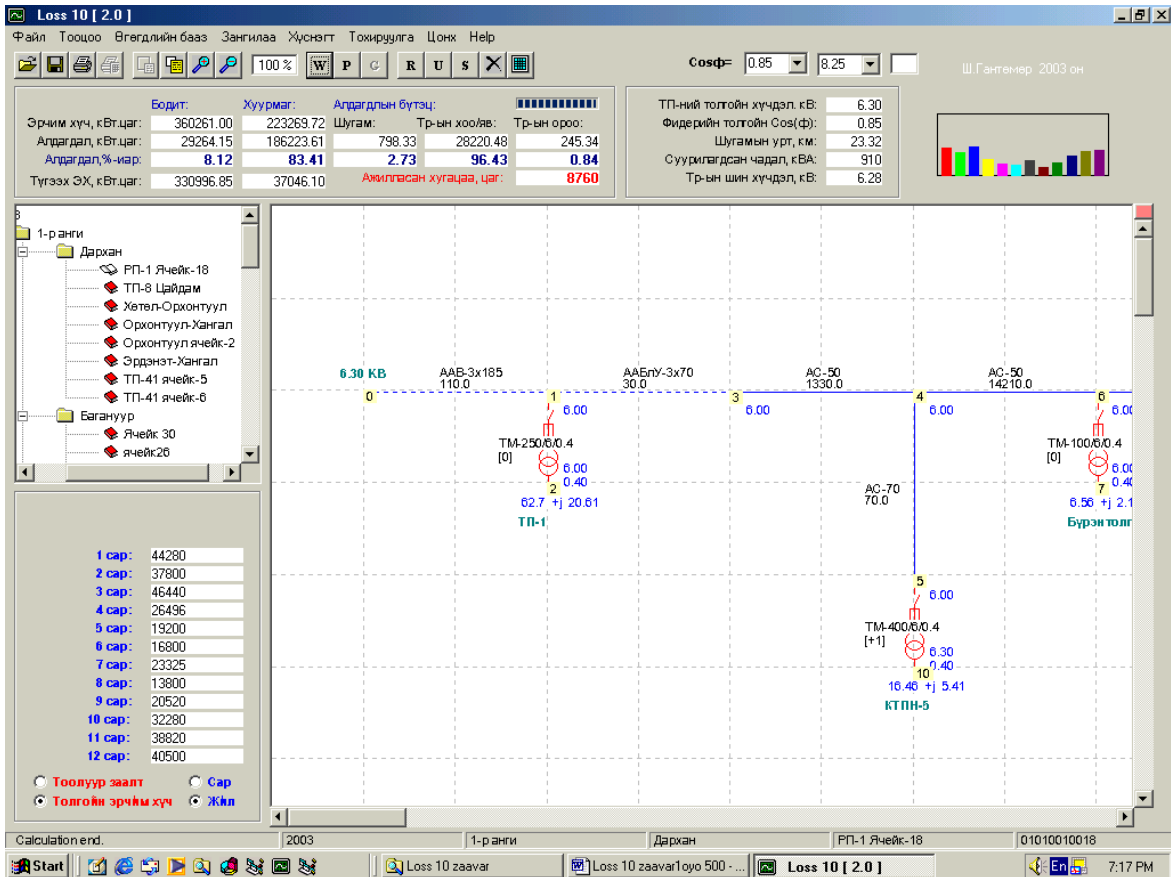
“Loss 10” программд мөн уламжлалт аргаар зангилааны матрицын тусламжтайгаар горимын тооцоог зөвхөн салбарласан бүтэцтэй, нэг талын тэжээлтэй байхаар бодож тооцоо хийхээр боловсруулсан, “Loss 10” программд нэмэлт өөрчлөлт хийхэд өгөгдлийн баазыг өөрчлөх боломжгүй байсан, олон хүчдлийн түвшин бүхий нийлмэл сүлжээнд тогтсон горимын тооцооны

орчин үеийн аргаар тооцоо хийх тул шинээр программ боловсруулах шаардлагатай байсан.

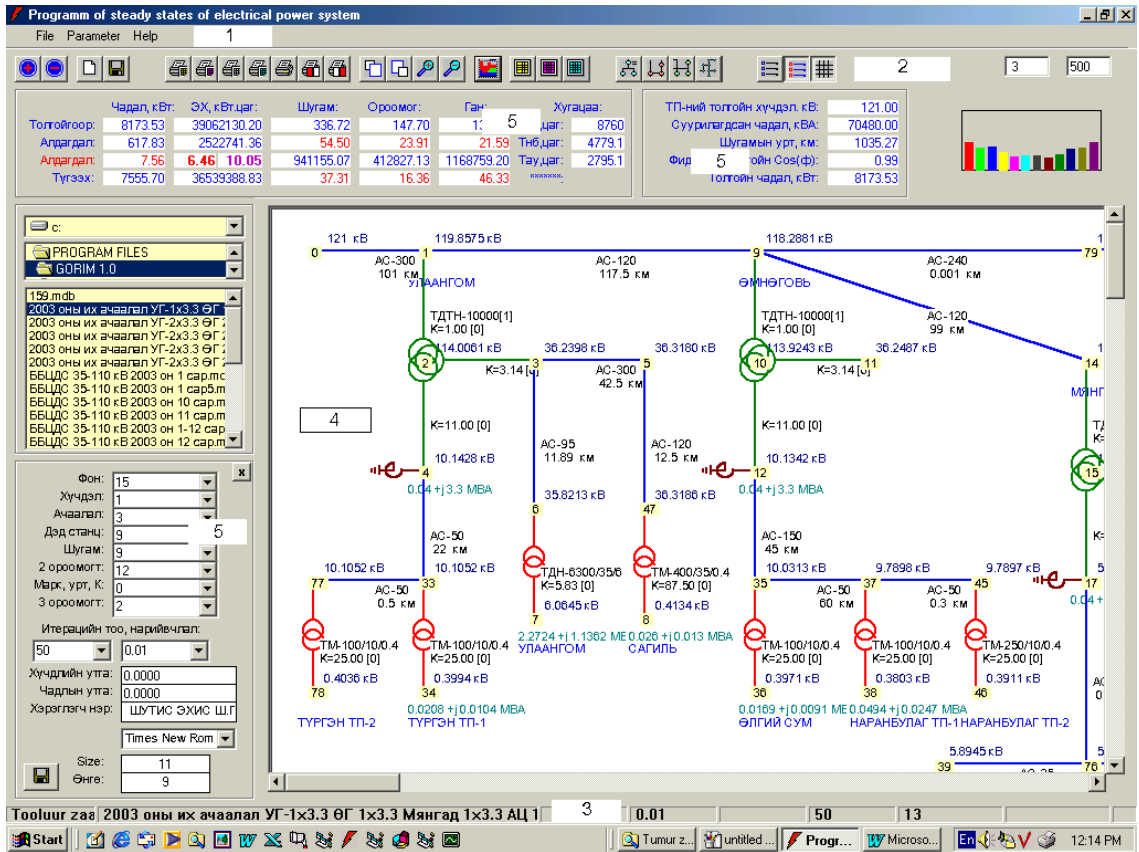
“Горим 1.0” программыг анх чадлын балансын аргаар тооцоог гүйцэтгэхээр боловсруулсан боловч тооцооны шаардлагын улмаас орчин үеийн аргуудад тулгуурлан тооцооны загвар, аргачлалыг шинээр нэгтгэн боловсруулсан. Тооцооны загвараар гүйдлийн балансын шугаман бус загвар болон тэгш өнцөгт координатын систем дэх чадлын балансын загварыг сонгон авч Ньютоны нэгдүгээр эрэмбийн аргыг гол элементийн сонголт бүхий Гауссын арга болон триангуляцийн аргатай хослуулан ашигласан.

Тооцооны загварыг матрицын хэлбэрт шууд авч үзсэн нь программын загвар байгуулах, тооцоо хийхэд 100 орчим зангилаатай цахилгаан шугам сүлжээний горимын тооцоог 6-220 кВ-ын сүлжээнд гүйцэтгэх боломжтой.

Энэ программын өгөгдлийн баазын хэмжээг 100 орчим зангилаатай байхаар анх тооцоолсон тул ТЭХС-ийн 110-220 кВ-ын сүлжээний тооцоог гүйцэтгэх боломжгүй байсны зэрэгцээ салаа болон зангилааны өгөгдлийг нэг бааз руу хадгалдаг, цаашид горимын оновчлолын тооцоо, тогтворжилтын тооцоо, богино залгааны тооцооны программ боловсруулах суурь программ болж чадахгүй байсан.



Зураг 1. "Loss 10" программын үндсэн цонх



Зураг 2. "Горим 1.0" программын "Үндсэн цонх"

Эдгээр шалтгааны улмаас 1000 хүртлэх зангилаатай дурын бүтэцтэй цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцоог гүйцэтгэх боломжтой программ боловсруулах шаардлагатай болсон тул шинээр “Горим 2.0” программыг боловсруулсан. Энэ программ нь гүйдлийн балансын 2 загвар, чадлын балансын 2 загварыг ашиглан шугаман болон шугаман бус тэгшитгэлийн системийг бодох 10 орчим аргачлалд тулгуурлан энгийн сүлжээнээс авахуулаад нийлмэл бүтэцтэй хэд хэдэн хүчдлийн түвшинд ажиллах цахилгаан системийн горимын тооцоог гүйцэтгэх боломжтой.

Цаашид 15 ба 35 кВ-ын цахилгаан шугам сүлжээний горим, чадал, эрчмийн алдагдлыг тодорхойлох аргачлал, алгоритм, программ хангамж (Loss 15 ба Loss 35) боловсруулах талаар судалгааны ажил явагдаж байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү өгүүллийн хүрээнд цахилгаан шугам сүлжээний горимын тооцооны шугаман ба шугаман бус хэлбэртэй математик загварууд, тэдгээрийг бодох аргачлал, алгоритм, программ хангамж боловсруулах талаар иж бүрэн хэмжээний судалгааг монгол улсын цахилгаан систем, цахилгаан шугам сүлжээний хувьд анх удаа шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр хийж гүйцэтгэсэн. Цахилгаан шугам сүлжээний горимын тооцооны математик загвар, өндөр эрэмбийн шугаман болон шугаман бус загварыг бодох 10 орчим аргыг иж бүрэн хамруулан судалгаа, шинжилгээний чанартай программ хангамжийг боловсруулж доорхи дүгнэлтийг өгч байна.

1. Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцоонд ашиглагдаж байгаа шугаман ба шугаман бус хэлбэртэй математик загваруудыг нарийвчлан судлаж математик загварын бүтэц, хэмжээ, тооцооны нийлэлт, тооцооны хугацаанаас хамааруулан дүн шинжилгээ хийх замаар манай улсын төвийн эрчим хүчний системийн тогтсон горимын тооцоонд хамгийн тохиромжтой загвар улмаар тооцооны иж бүрэн программ хангамж боловсруулан үйлдвэрлэлд нэвтрүүлэх шаардлагатай байна.
2. Энэхүү судалгааны ажлаар 6-10 кВ-ын сүлжээний горимын тооцооны “Loss 10”, 6-220 кВ-ын салбарласан сүлжээний горимын тооцооны “Горим 1.0”, нийлмэл цахилгаан системийн горимын тооцоо, шинжилгээний “Горим 2.0” программ хангамжийг боловсруулж манай улсын нилээд хэдэн цахилгаан шугам сүлжээний газар, үйлдвэрийн газар амжилттай нэвтрүүлээд байна.
3. Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны “Горим 2.0” программыг үйлдвэрлэл өргөн нэвтэрсэн, одоо ашиглагдаж байгаа орчин үеийн программуудтай харьцуулан

судалгаа хийсний үндсэн дээр хамгийн ихдээ 1.32-2.1 хувийн харьцангуй алдаатай байгаа нь манай улсын ТЭХС-ийн горимын тооцоонд цаашид ашиглах бүрэн боломжтойг нотлон харуулж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем”. -УБ.: ШУТИС, 2014, -1200 х.
- [2] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны математик загвар, аргачлал, алгоритм боловсруулах: Докторын ажлын диссертаци”. -УБ.: МУШУТИС, 2005, -180 х.
- [3] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээний тусгай асуудал”. –Хөх хот. : Улсын хэвлэл, 2004. –250 х.
- [4] Д.Содномдорж, Ш.Гантөмөр “Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны гүйдлийн балансын математик загвар, бодох арга, алгоритм, программ хангамж”. //Монгол Улсын Шинжлэх ухаан технологийн их сургуулийн эрдэм шинжилгээний бичиг, 2003, №2. 54–71 х.
- [5] Д.Содномдорж, Ш.Гантөмөр “Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны математик загварт трансформацилах коэффициентийг тооцох аргачлал, алгоритм, программ хангамж”. // УБ.: ШУТИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг, 2003, №2. 59-61 х.

ДОРНОГОВИЙН НАРНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ҮР АШГИЙГ НАРНЫ ЦАЦРАГ ОЙЛГОГЧ ТОЛЬ СУУРИЛУУЛАХ АРГААР ДЭЭШЛҮҮЛЭХ СУДАЛГАА

Ш.Гантөмөр, Д.Одхүү, Б.Батцэцэг

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
gantumur2020@must.edu.mn

Хураангуй. Дорноговь аймгийн Сайншанд суманд байрлах нарны цахилгаан станцын TSM-PD05 маркийн 270Вт чадалтай PV модулийг сонгон авч тохиромжтой налалтын өнцгийг тодорхойлох болон PV модулийн урд талд нарны цацраг ойлгогч толь суурилуулж ойх цацраг туяаны шилжүүлэлтийн коэффициентийг тодорхойлсон. Үүний үр дүнд цацраг ойлгогч толь суурилуулсан болон толь суурилуулаагүй үеийн нарны цацраг туяа мөн эрчим хүчний хэмжээг толины налалтын өнцгөөс хамааруулан үр ашиг нэмэгдүүлэх тооцоо судалгааг хийсэн.

Түлхүүр үг: PV модуль, Нарны цацраг ойлгогч толь, Liu, Jordan – ийн арга

I. УДИРТГАЛ

Нарны цацруулагч толийг урд, баруун, зүүн талуудад суурилуулж өгснөөр эрчим хүчний хэмжээг 10-35% хүртэлх хэмжээнд дээшлүүлэх судалгаа байдаг [1-2]. Цацруулагч толийг хэрхэн байрлуулах болон толины налалтын өнцгөөс хамааруулж үр ашиг нь харилцан адилгүй байдаг. Томоохон нарны цахилгаан станцуудын PV модуль нь их хэмжээгээр бүлд хуваан байрлуулсан байдаг учраас хажуу талын цацруулагч толь суурилуулахаас урд талд суурилуулсан нь хөрөнгө, ашигтай ажлын хувьд давуу талтай [3] учраас энэхүү судалгааны ажилд модулийн урд талд цацруулагч толийг суурилуулахаар тооцоо судалгааг хийсэн. Сонгож авсан газар зүйн байршил нь Дорноговь аймгийн Сайншанд сумын 44.9° өргөрөг, 110.9° уртрагт байрлах 30МВт хүчин чадалтай нарны цахилгаан станцын үйлдвэрлэлтийн үр ашгийг дээшлүүлэх тооцоог боловсруулсан. Тус тооцоог нарны цацраг ойлгогч толь суурилуулж ойх цацраг туяаны шилжүүлэлтийн коэффициентийг тодорхойлон налуу гадаргууд тусах нийлбэр цацрагийн хэмжээг *Liu, Jordan* – ийн аргыг ашиглав. [4]

Энэ арга нь математик тооцооллын үндсэн дээр хийгддэг ба нарны эрчим хүчийг тооцоолох үндсэн параметруудийг тооцоолох шаардлагатай байдаг.

Нарны цацраг нь PV модулийн гадаргууд эгц перпендикуляр тусч байх үед үүсгүүрээс хамгийн их гүйдэл гаргах ба энэ үеийн тусгалын өнцгийг $i = 0$ гэж үзнэ. Тэгвэл тусгалын өнцөг нь үүнээс хазайж $i > 0$ болоход модулийн гаргах гүйдэл нь $I = I_0 \cos i$ гэсэн хуулиар хувирч багасна. Энд: I_0 – тусгалын өнцөг $i = 0$ байх үед модулийн гаргах гүйдэл. [6]

Иймээс тусгалын өнцгийн хазайлт үүсэх үед нарны цацраг ойлгогч толь ашигласнаар үйлдвэрлэх эрчим хүчний хэмжээг 20 хувь хүртэл

дээшлүүлнэ гэсэн тооцоо судалгааны үндэслэлээр гүйцэтгэсэн.

II. НАРНЫ ЭРЧИМ ХҮЧИЙГ ТООЦООЛОХ ҮНДСЭН ПАРАМЕТР

Liu, Jordan – ийн аргаар судалгаа хийхэд нарны эрчим хүчийг тооцоолох үндсэн параметруудийг тооцоолдог [4]. Үүнд:

Нарны хазайлтын өнцгийг тухайн жилийн сонгосон өдөрт хамааруулан тодорхойлно.

$$\delta = 23.45 \cdot \sin \left[360 \cdot \frac{284+n}{365} \right] \quad (1)$$

n-өдрийн тоо

Хэвтээ болон налуу гадаргуу дээрх нар жаргах үеийн өнцөг

$$\omega_x = \arccos(-tg\varphi \cdot tg\delta) \quad (2)$$

$$\omega_H = \arccos(-tg(\varphi - m) \cdot tg\delta) \quad (3)$$

Хэвтээ гадаргууд туссан шулуун цацрагийн налуу гадаргууд шилжүүлж коэффициентийг олох

$$\overline{R_{ш}} = \frac{\cos\delta \cdot \cos(\varphi - \beta) \cdot \sin\omega_H + \frac{\pi}{180}}{\cos\delta \cdot \cos\varphi \cdot \sin\omega_x + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_x \cdot \sin\delta \cdot \sin\varphi} \quad (4)$$

Үүнд: φ – өргөрөгийн хэмжээ

β – PV модулийн налалтын өнцөг

ω_H – налуу гадаргуу дээрх нар жаргах

үеийн өнцөг

ω_x – хэвтээ гадаргуу дээрх нар жаргах

үеийн өнцөг

δ – нарны хазайлтын өнцөг

Агаар мандлын гадна гадаргууд тусаж байгаа нарны нийлбэр цацраг

$$\overline{Q_A} = \frac{24}{\pi} Q_{nm} \left[1 + 0.33 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right] \cdot \left[\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_x + \left(\frac{2\pi \cdot \omega_x}{360} \right) \sin\varphi \cdot \sin\delta \right] \quad (5)$$

Гадна гадаргуун 1м^2 тусах нийт цацрагийн хэмжээг Дорноговь аймгийн Сайншанд сумын 44.9° өргөргөөр тооцоолсон.

Сарын дундаж үүлшилтийн коэффициент

$$\bar{K} = \frac{\bar{Q}_B}{Q_A} \quad (6)$$

Үүнд: Q_A – нарны нийлбэр цацраг
 Q_B – хэвтээ гадаргууд тусч буй нийлбэр цацрагийн хэмжээ.

Тус хэмжээсийг Сайншанд суманд байрлалтай 30МВт нарны цахилгаан станцын 10 жилийн үйлдвэрлэлтийн хэмжээг тооцоолсон PVSyst. программаас авсан. [10]

Дэлхийн гадаргууд туссан нийлбэр цацрагийн хэмжээг дэлхийн агаар мандлын гадна гадаргууд туссан нийлбэр цацрагийн хэмжээнд харьцуулсан харьцаа

$$\frac{\bar{Q}_C}{\bar{Q}_B} = 1.39 - 4.027 \cdot \left(\frac{\bar{Q}_B}{Q_A}\right) + 5.531 \cdot \left(\frac{\bar{Q}_B}{Q_A}\right)^2 - 3.108 \cdot \left(\frac{\bar{Q}_B}{Q_A}\right)^3 \quad (7)$$

Дээрх томъёонуудаар үндсэн параметрийг олсноор PV модулийн налуу гадаргуу дээр тусч буй нийлбэр цацрагийн шилжүүлэлтийн коэффициентыг олж болно.

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{\bar{Q}_C}{\bar{Q}_B}\right) \cdot R_{III} + \frac{\bar{Q}_C}{\bar{Q}_B} \cdot \frac{1 + \cos\beta}{1} + \rho \cdot \frac{1 + \cos\beta}{2} \quad (8)$$

Налуу гадаргуу дээрх шилжүүлэлтийн коэффициентыг тооцоолсноор сарын нэгж талбайд тусах цацрагийн нийлбэр хэмжээ тодорхойлогдсон.

Үндсэн хэмжигдэхүүний тооцооны үндсэн дээр PV модулийг эгц урагшаа 45° налуугаар гадаргуу дээр тухайн тусах сарын дундаж өдрийн нийлбэр цацрагийн хэмжээг тооцоолов.

$$\bar{Q}_T = \bar{Q}_B \cdot \bar{R} \quad (9)$$

Хүснэгт 1. Нарны эрчим хүчийг тооцоолох үндсэн параметрийн тооцоо

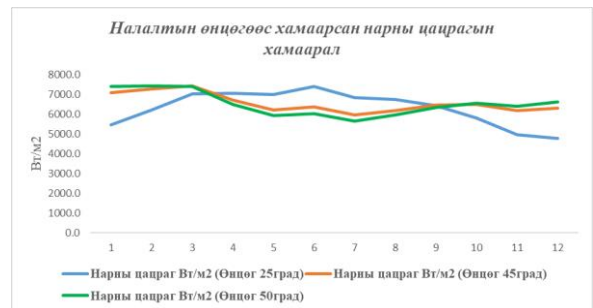
Сар	Q_B	Жилийн n-р өдөр	Нарны хэвийн ойлгогч өнцөг δ град	Хэвтээ гадаргуу дээр нар жаргах үеийн өнцөг α град	Налуу гадаргуу дээр нар жаргах үеийн өнцөг α град	Агаар мандлын гадна гадаргууд туссан нарны цацраг Q_A Вт/м2	Сарын дундаж үеийн коэффициент K	Q_C/Q_A	Налуу гадаргуу дээрх цацрагийн шилжүүлэлтийн коэффициент R_{III}	Налуу гадаргуу дээрх нийлбэр цацрагийн шилжүүлэлтийн коэффициент R	Налуу гадаргуу дээрх нарны цацраг Q_T Вт/м2
1	2551.6	15	-21.3	67.2	81.9	3321.2	0.8	0.2	2.2	2.1	5466.2
2	3625.0	46	-13.3	76.4	85.1	4847.7	0.7	0.2	1.8	1.7	6203.3
3	5006.5	74	-2.8	87.2	89.0	6893.7	0.7	0.2	1.4	1.4	7042.0
4	5946.7	105	9.4	99.5	93.4	9219.7	0.6	0.3	1.1	1.2	7069.7
5	6458.1	135	18.8	109.8	97.1	10888.1	0.6	0.3	1.0	1.1	6993.7
6	7100.0	166	23.3	115.4	99.0	11632.2	0.6	0.3	0.9	1.0	7396.7
7	6454.8	196	21.5	113.1	98.2	11292.4	0.6	0.3	1.0	1.1	6826.8
8	5951.6	227	13.8	104.2	95.1	9917.2	0.6	0.3	1.1	1.1	6745.8
9	4996.7	258	2.2	92.2	90.8	7775.8	0.6	0.3	1.3	1.3	6439.0
10	3748.4	288	-9.6	80.3	86.5	5510.4	0.7	0.2	1.6	1.5	5804.7
11	2573.3	319	-19.1	69.8	82.8	3696.4	0.7	0.2	2.1	1.9	4966.4
12	2125.8	349	-23.3	64.5	81.0	2933.8	0.7	0.2	2.4	2.2	4763.5

Дээрх хүснэгтэд хэвтээ болон налуу гадаргуу дээр тусч буй нийлбэр цацрагийн хэмжээг нэгж талбайд сар бүрийн 15-ны өдрийн байдлаар тооцоолол хийсэн.

Налуу гадаргуун налалтын өнцөг нь нийлбэр цацраг туяатай шууд хамааралтай бөгөөд тус өнцгийг 25°, 45°, 50° байхаар тооцоо хийж үр дүнг дараах байдлаар үзүүлэв.

Хүснэгт 2. Нарны цацрагийн налалтын өнцгөөс хамаарсан тооцоолол

Сар	Нарны цацраг Вт/м2 (Өнцөг 25град)	Нарны цацраг Вт/м2 (Өнцөг 45град)	Нарны цацраг Вт/м2 (Өнцөг 50град)
1	5466.2	7101.7	7408.0
2	6203.3	7284.8	7437.3
3	7042.0	7427.8	7398.1
4	7069.7	6704.9	6506.5
5	6993.7	6213.5	5929.4
6	7396.7	6381.6	6041.6
7	6826.8	5964.3	5667.2
8	6745.8	6194.1	5962.2
9	6439.0	6449.6	6346.1
10	5804.7	6488.2	6552.9
11	4966.4	6196.6	6412.2
12	4763.5	6320.3	6623.0



Зураг 1. Нарны цацрагийн налалтын өнцгөөс хамаарсан график

PV модулийн налалтын өнцгийг 25°, 45°, 50° гэсэн утгаар тооцож үзэхэд жилийн нийлбэр дүнгээр 45° өнцөг хамгийн өндөр буюу ашигтай гарч байна. Дээрх графикаас харахад 25° өнцгийн цацраг туяа нь зуны саруудад өндөр байгаа нь нарны өндөршилтөөс хамаарсан байдаг [9] тул тус өнцөг нь дулааны улиралд ашигтай, нийлбэр дүнгээрээ 45° ашигтай гарч байна.

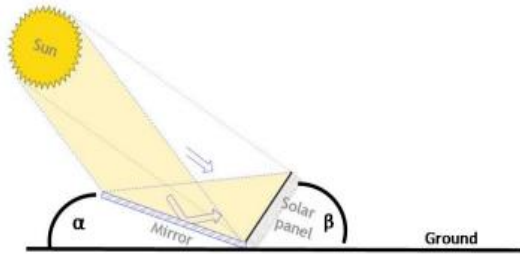
Ш. НАРНЫ ЦАЦРАГ ОЙЛГОГЧ ТОЛЬ СУУРИЛУУЛАХ ТООЦОО, СУДАЛГАА

Орчин үед PV модулийн үр ашгийг дээшлүүлэх үр дүнтэй аргад цацраг ойлгогч толийг суурилуулж өгснөөр үр ашгийг толины суурилуулалтын өнцгөөс хамааруулж 10-20% хүртэл нэмэгдүүлэх судалгааны үр дүн байдаг. Тус толийг PV модуль дээр 3 төрлөөр суурилуулдаг. Үүнд:

- ✓ Эгц урд зүг налууутай модулийн урд талд налууутай тохируулах
- ✓ Модулийн баруун болон зүүн талд өнцгийн налууутай тохируулах

✓ Модулийн урд, зүүн, баруун талд өнцгийн налуутай тохируулах

Дээрх аргуудаас томоохон нарны цахилгаан станцын модуль нь маш их хэмжээний байдаг тул PV модулийн бүлийн мөрийн дагуу цацраг ойлгогч толийг суурилуулж өгснөөр үр ашигтай, зардал бага байдаг. [6]



Зураг 2. Нарны цацраг ойлгогч толь ашиглах бүдүүвч

Нарны цацрагийн нийлбэрийг шилжүүлэн тооцоолох Liu, Jordan-ийн аргаар тооцож үзэв.

Цацраг ойлгогч толины цацрагийн шилжүүлэлтийн коэффициент

$$R_{\text{толь}} = \frac{(1 + \cos(\alpha))}{2} \quad (10)$$

Дээрх толины шилжүүлэлтийн коэффициентыг олсноор PV модулийн налуу гадаргуу дахь шилжүүлэлтийн коэффициент (8) томъёо дээр нэмэгдэж өгснөөр нарны цацраг ойлгогч толь тавьснаар цацраг туяаны хэмжээний өөрчлөлтийг харуулж болно. Уг томъёог илэрхийлбэл.

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{Q_c}{Q_b}\right) \cdot R_{\text{ш}} + \frac{Q_c}{Q_b} \cdot \frac{1 + \cos\beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 + \cos\alpha}{2} + \frac{(1 + \cos(\alpha))}{2} \quad (11)$$

Цацруулагч толиноос ойх цацрагийн хэмжээг тодорхойлбол:

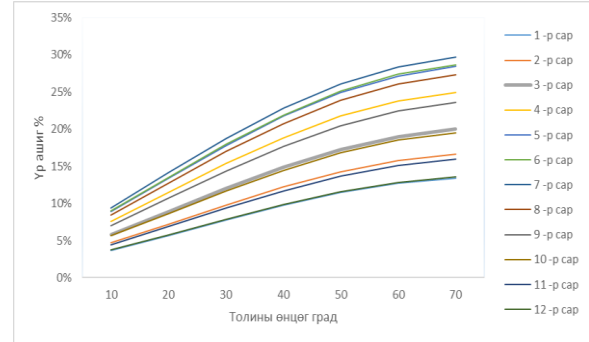
$$\bar{Q}_T = \bar{Q}_a \cdot \bar{R} \quad (12)$$

Хүснэгт 3. Нарны цацраг ойлгогч толь суурилуулсан, үр ашиг нэмэгдсэн тооцооны үр дүн

Сар	Налуу гадаргуу дээрх нарны цацраг Q_T Вт/м ² (Толь суурилуулаагүй)	Цацруулагч толиноос ойх цацрагийн хэмжээ Вт/м ²	Налуу гадаргуу дээрх нийлбэр цацрагийн хэмжээ Вт/м ² (Толь суурилуулсан)	Өдөрт үйлдвэрлэх эрчим хүчний хэмжээ Втд (тольгүй)	Өдөрт үйлдвэрлэх эрчим хүчний хэмжээ Втд (толь суурилуулсан)	Үр ашиг нэмэгдсэн хувь
1	5466.22	592.65	6058.87	1101.62	1221.06	10%
2	6203.29	865.05	7068.34	1250.16	1424.50	12%
3	7042.01	1230.14	8272.15	1419.19	1667.10	15%
4	7069.68	1645.21	8714.88	1424.77	1756.33	19%
5	6993.72	1942.93	8936.65	1409.46	1801.02	22%
6	7396.70	2075.69	9472.39	1490.67	1908.99	22%
7	6826.77	2015.06	8841.84	1375.81	1781.91	23%
8	6745.78	1769.67	8515.44	1359.49	1716.13	21%
9	6439.00	1387.55	7826.55	1297.67	1577.30	18%
10	5804.70	983.30	6788.00	1169.83	1368.00	14%
11	4966.42	659.60	5626.02	1000.89	1133.82	12%
12	4763.53	523.51	5287.04	960.00	1065.51	10%

Дээрх тооцоог PV модулийн налалтын өнцөг 25°, цацраг ойлгогч толины налалтын өнцгийг 40°

нэгж талбайд толь болон модулийн харьцаатай байхаар тохируулж хийхэд жилийн туршид 10-23% хүртэл үр ашгийг нэмэгдүүлсэн нь харагдаж байна. Толины налалтын өнцгийг нэмэгдүүлэх байдлаар тооцоог хийсэнг доорх графикт харуулав.



Зураг 3. Толины налалтын өнцгөөс хамаарсан үр ашгийн хамаарал

Дээрх графикаас харахад үр ашиг нь нэмэгдэх хэдий ч нөгөө талаас налалтын өнцөг нэмэгдэж хоорондын зай ойртсоноор PV модульд халалт өгч үйлдвэрлэлтийн хэмжээнд нөлөөлөх сул талтай [7] тул нарны цацраг ойлгогч толины боломжит налалтын өнцгийг 40°-50° хооронд сонгох нь оновчтой гэж үзэж байна.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлын үр дүнд доорх дүгнэлтийг гаргалаа.

1. Дорноговь аймгийн өргөрөг 44.9°-ийн байршилд PV модулийн налууг тодорхойлох тооцоог хийхэд налалтын өнцөг хамгийн ашигтай хувилбар нь 45° байхаар байна. Тус налалтын өнцөг үйлдвэрлэлтийн хэмжээнд шууд хамааралтай бөгөөд улирлаас хамаарч дунджаар нарны цацраг туяа 5.9–7.4 кВт/м², налалтын өнцөг 25° байх үед 5.4–7.3 кВт/м² байна.
2. Нарны цацраг ойлгогч толь суурилуулж үр ашиг нэмэгдүүлэх тооцоог цацруулагч толь дээр туссан нийлбэр цацрагийн хэмжээг налуу гадаргууд шилжүүлэх коэффициентийг тооцоолон үзэхэд жилийн туршид сар бүрийн хэвтээ гадаргуу дахь нийлбэр цацраг туяанаас хамаарч 10-29% хүртэл нэмэгдэж байна. Онолын үндсэн дээр нэг метр талбайн PV модультай ижил хэмжээний ойлгогч толь суурилуулахад үр ашиг дунджаар 30% орчим нэмэгдэнэ гэсэн судалгаа байдаг учраас тус судалгаа, тооцооны ажил нь уялдаж байна.
3. Жилийн нийт саруудын үр ашиг нэмэгдүүлсэн тооцоог харахад 6, 7, 8, 9 сар буюу зуны улиралд нарны үргэлжлэх хугацаа урт саруудад дунджаар 18-29% хүртэл илүү ашигтай байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем”, сурах бичиг, 2020 он, 1000 х.
- [2] З.Цэрэндорж, Ц.Эрдэнэтуяа “Сэргээгдэх эрчим хүчний хэрэглээ ба энерги хуримтлуур” 2016
- [3] Kaamran Raahemifar Professor at Electrical and Computer Engineering Department Ryerson University Toronto, Canada [2016] “Tilt Angle Optimization for Maximum Solar Power Generation of a Solar Power Plant with Mirrors”
- [4] M.E student Umer Nazir¹ Sarbjeet Kaur² Assistant Professor, Chandigarh University [2018] “Maximum Solar Power Generation with Mirror Technology by Optimization of Tilt angle M.E student Umer Nazir¹ Sarbjeet Kaur² Assistant Professor”
- [5] Performance Comparison of Mirror Reflected Solar Panel with Tracking and Cooling
- [6] Sheikh Md. Shahin Alam, Dr. A.N.M. Mizanur Rahman, UG Student, 2 Professor, [2016] “Performance Comparison of Mirror Reflected Solar Panel with Tracking and Cooling”
- [7] Rizwanur Rahman¹, and Md. Fayyaz Khan² Department of EEE, United International University, Dhaka, Bangladesh [2010] “Performance Enhancement of PV Solar System by Mirror Reflection”
- [8] Optimization tilts angle of flat plate reflectors placed in left-right side of Hybrid Photovoltaic thermal collector
- [9] Mohammed Mansoor Odungat [2020] Estimation of system efficiency and utilisation factor of a mirror integrated solar PV system. Sainshand.PVSyst. Grid-Connected System: Simulation parameters

МОНГОЛ УЛСЫН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМИЙН ХЯНАЛТ, МЭДЭЭЛЛИЙН СИСТЕМИЙН ШИНЭЧЛЭЛТ

Ш.Гантөмөр, Г.Мөнхбат

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
gantumur2020@must.edu.mn

Хураангуй

“Диспетчерийн үндэсний төв” ТӨХХК-ийн диспетчерийн системийг сайжруулах, төвлөрсөн өгөгдлийн сан бий болгох, инженер техникийн ажилтнуудыг сургах, чадавхыг дээшлүүлж тухайн үеийн Диспетчерийн зохицуулалт хийх үйл ажиллагааны нөхцөл байдлыг сайжруулах зорилготойгоор ХБНГУ-ын Сэргээн босголт зээлийн банкны хөнгөлөлттэй зээлээр 2006 оноос “Эрчим хүчний программ 1” төслийг хэрэгжүүлж Монгол улсын эрчим хүчний системд одоо ашиглагдаж буй Хяналт, мэдээллийн системийг суурилуулж одоог хүртэл ашиглаж байна. Энэхүү системийн ашиглалтын хугацаа дуусаж хуучирч хоцрогдсоноос техник хангамж, тоног төхөөрөмжүүдэд байнга эвдрэл, гэмтэл гардаг болсон, мөн программ хангамжийн шинэчлэлт зогссон тул өнөөгийн Монгол улсын эрчим хүчний системийн шаардлагад нийцэхгүй болж системийн ачааллыг үр ашигтайгаар зохицуулахад төвөгтэй болсноос системийн хэмжээнд аваар, саатал гарах, системийн найдвартай ажиллагаа алдагдах эрсдэл үүсээд байна. Иймээс Монгол улсын эрчим хүчний системийн хяналт, мэдээллийн системийг үе шаттайгаар олон улсын ухаалаг сүлжээний стандартад нийцсэн, орчин үеийн дэвшилтэт технологи, алсын удирдлага бүхий цогц EMS системтэй болгон шинэчлэн сайжруулах зайлшгүй шаардлага тулгарсан тул энэхүү судалгааг хийв.

Түлхүүр үг: SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition - Хяналт, Мэдээлэл, Удирдлагын Систем, RTU - Remote Terminal Unit - Мэдээлэл Цуглуулах Төхөөрөмж, EMS Energy Management System – Эрчим Хүчний Менежментийн Систем

I. ОРШИЛ

Монгол улсын эрчим хүчний хэрэглээ жил ирэх тусам нэмэгдэж байгаа ба хэрэглээ нэмэгдэхийн хэрээр шинэ эх үүсгүүр, хуваарилах байгууламжууд болон дэд станцууд нэмэгдэж эрчим хүчний систем улам бүр төвөгтэй болж байна. Аливаа улс, үндэстний цахилгаан эрчим хүчний сүлжээ нь үндсэндээ цахилгаан станцууд болон гол дэд станцуудыг холбосон өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугам сүлжээ байдаг. Цахилгаан дамжуулах шугам, сүлжээ нь үйлдвэрлэсэн цахилгаан эрчим хүчийг хэрэглэгчдэд хүргэж эрчим хүчний хэрэглээг хангах боломж бүрдүүлдэг билээ. Дэвшилтэт технологи ашиглаж эрчим хүчний дамжуулалтын алдагдлыг бууруулах, ачааллыг хамгийн бага өртөгтэй, оновчтой зохицуулах нь эрчим хүчний хэмнэлт болон үйлдвэрлэлтэй эн зэрэгцэх чухал асуудал болоод байна. Цахилгаан эрчим хүчний сүлжээг мэргэжлийн арга барилаар үр ашигтай хянах, зохицуулах, удирдахад шаталсан ачааллын диспетчерийн системүүдийг ашигладаг.

Ачааллын зохицуулалтын үүргийг үр ашигтай гүйцэтгэхэд цахилгаан эрчим хүчний системийн өгөгдөл, мэдээллийг шуурхай цуглуулах, мэдээллийг бодит хугацаанд боловсруулах шаардлагатай. Харилцаа холбооны суваг болох шилэн кабель бүхий аянгын троссон (OPGW) дэд бүтцэд суурилсан компьютержсон мэдээлэл цуглуулах төхөөрөмжтэй (RTU) Хяналт, мэдээлэл, удирдлагын (SCADA) систем бүхий Эрчим хүчний менежментийн цогц системтэй байх нь Монголын цахилгаан эрчим хүчний сүлжээнд нэн тэргүүний

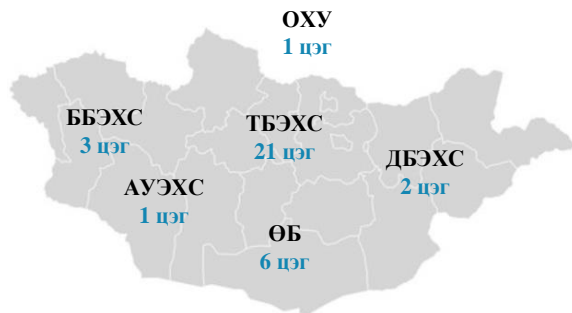
шаардлага болж байна. Монгол Улсын “Диспетчерийн Үндэсний Төв” ТӨХХК нь диспетчерийн шуурхай зохицуулалт, ашиглалт, удирдлагыг хангах, мөн Эрчим хүчний нэгдсэн сүлжээний дүрмийн дагуу эрчим хүчний системүүдийн шуурхай ажиллагааны тоноглол болон холбооны найдвартай ажиллагааг хангах үүрэгтэй. Энэ хүрээнд 2006 оноос Төвийн бүсийн эрчим хүчний системд SCADA системийг нэвтрүүлж одоог хүртэл үйл ажиллагаандаа ашиглаж байна.

II. ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМД АШИГЛАЖ БУЙ SCADA СИСТЕМ, ТУЛГАМДАЖ БУЙ АСУУДАЛ

Системийн хамрах хүрээ. Анх ашиглалтад орсон SCADA системд нийт 13 зангилаа дэд станц, 8 ДЦС холбогдсон байдаг. SCADA систем ашиглалтад орсноос хойш ДҮТ ТӨХХК нь тус системийн найдвартай ажиллагааг хангах, хяналтын цэгийн тоог нэмэгдүүлэх, өгөгдөл цуглуулах болон мэдээлэл дамжуулах тоног төхөөрөмж, дэд бүтцийн инженерийн шийдлийг боловсруулж, сайжруулснаар 2020 оны байдлаар ТБЭХС, АУЭХС, ББЭХС, АУЭХС, ӨБЭХС болон ОХУ-ын системийг хамарсан нийт 34 объектоос мэдээлэл цуглуулах боломж бүрдүүлэн хамрах хүрээг тэлж диспетчерийн зохицуулалтын өдөр тутмын шуурхай ажиллагаанд ашиглаж байна.

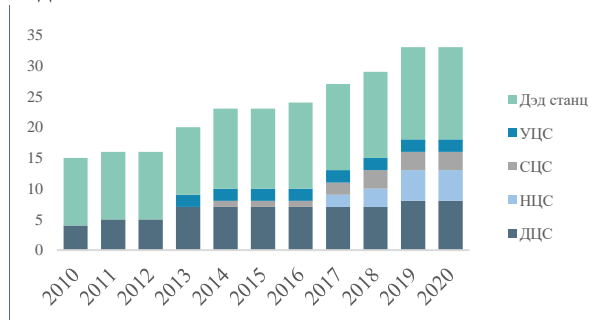
Судалгаагаар 2010 оноос хойш нийт 21 цэгийг Диспетчерийн үндэсний төвийн инженер, техникийн ажилтнууд бие даан SCADA системд нэмж холбон, ашиглалтад оруулсан бөгөөд

диспетчерийн хяналт, удирдлага дор байх нэн шаардлагатай дэд станц, эх үүсгүүрүүдийг холбоод байна.



Зураг 1. SCADA Системийн хамрах хүрээ

Одоогоор 17 дэд станц, 7 дулааны цахилгаан станц, 5 нарны цахилгаан станц, 3 салхин цахилгаан станц, 2 усан цахилгаан станцаас тус тус мэдээлэл авч байна.

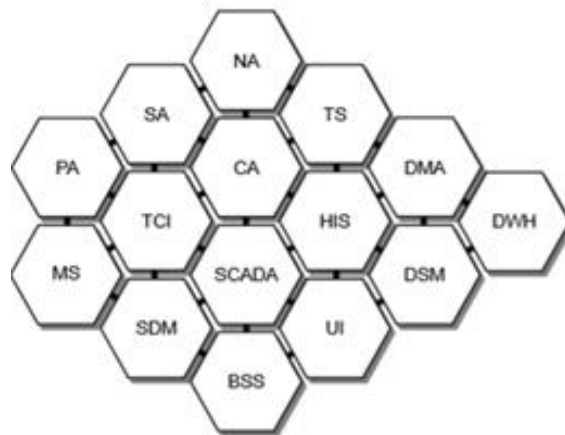


Зураг 2. 2010-2020 онд холбогдсон цэгийн судалгаа

Анх 13 цэгээс, 3329 төлөвийн мэдээлэл авдаг байсан бол 2020 онд 34 цэгээс, 5131 төлөвийн мэдээлэл авдаг болж системийн хамрах хүрээ тэлсэн байна.

Системийн программ хангамж. SCADA системийн программ хангамж нь Siemens компанийн SINAUT Spectrum бөгөөд 4.4 хувилбарыг ашиглаж байна. Уг программ хангамж нь UNIX үйлдлийн систем дээр суурилсан Solaris 8 (хуучнаар SunOS 5.8) дээр ажилладаг. 2009 онд ORACLE компани нь Sun Microsystems-ыг худалдан авснаар SunOS систем Solaris гэсэн нэршлийн дор бүтээгдэхүүн нь худалдаанд гарах болсон.

Тухайн үед орчин үеийн дэвшилтэт SCADA систем болох SINAUT Spectrum 4 платформыг 2006 онд Төвийн бүсийн эрчим хүчний системд суурилуулж байсан бөгөөд энэхүү системийн цаашдын хувилбарууд шинэчлэгдээгүй байсаар өдийг хүрсэн. Siemens компанийн тус SINAUT Spectrum удирдлагын систем нь Solaris 10 үйлдлийн систем дээр ажилладаг Spectrum Power ADMS автомат хяналт удирдлага мэдээллийн программ хангамж болон шинэчлэгдсэн бөгөөд SINAUT Spectrum 4 системийг 2012 оноос хойш хөгжүүлэлт хийхийг зогсоосон. Энэхүү SINAUT Spectrum 4.4 систем нь модуль бүтэцтэй.

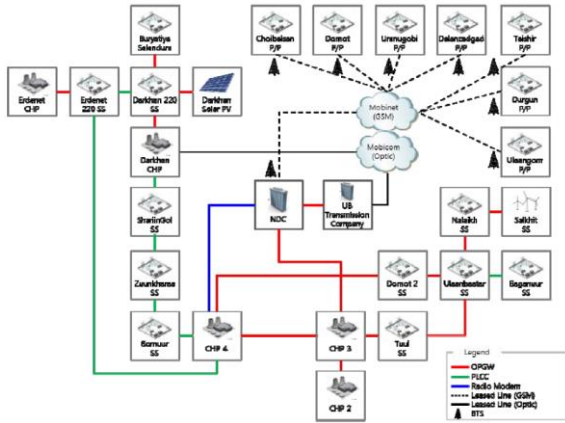


Abbreviation	Meaning
BSS	Basic system services
SDM	Source Data Management
UI	User interface
TCI	Telecontrol interface
SCADA	Supervisory control and data acquisition
HIS	Historical information system
CA	Communication applications
MS	Multisite operation of control centers
PA	Power applications
SA	Scheduling applications
NA	Network applications
TS	Training simulator
DMA	Distribution management applications
DSM	Demand side management
DWH	Data Warehouse

Зураг 3. Spectrum-ын модулиуд

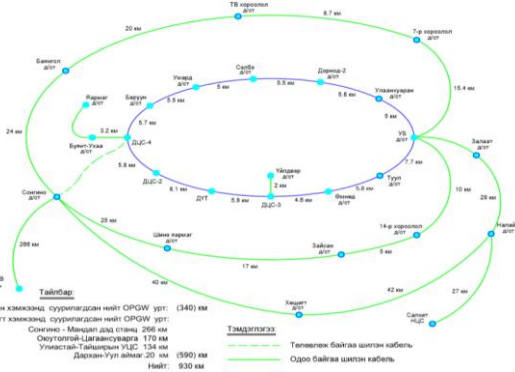
Мэдээлэл, холбооны дэд бүтэц: Хяналт мэдээллийн SCADA систем нь дараах мэдээлэл холбооны сүлжээг ашиглан өгөгдөл мэдээллээ хүлээн авч байна.

SCADA системийн мэдээллийг дамжуулахдаа шилэн кабель (Optical Ground Wire / All-Dielectric Self Supporting), өндөр үелзэл (Power Line Carrier), түрээсийн суваг (Virtual Private Network), радио модем (Radio Modem) зэрэг 4 төрлийн мэдээлэл дамжуулах сүлжээ ашиглаж байна.



Зураг 4. SCADA системийн мэдээлэл, холбооны сүлжээ

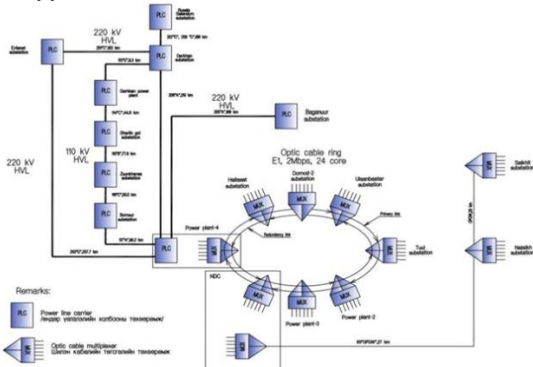
Одоогоор нийт Улаанбаатар болон хөдөө орон нутгийг хамарсан 930 км урт аянгын трос бүхий шилэн кабель нэгдсэн сүлжээнд ашиглагдаж байна.



Зураг 5. Одоогоор ашиглагдаж буй шилэн кабелийн сүлжээний бүтэц

Улаанбаатар хотод шилэн кабель шугамын SDH (Synchronous Digital Hierarchy) сүлжээ (155 Mbps), PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) сүлжээ (2 Mbps) зэрэг хоёр сүлжээг ашиглаж байна.

Өндөр үелзлийн холбооны сүлжээ: Нийт 13 ширхэг шуурхай ажиллагааны өндөр давтамжийн холбооны төхөөрөмж ажиллаж байгаа бөгөөд 8 чиглэлд ярианы 28, өгөгдлийн 20 сувгуудыг дамжуулж байна.



Зураг 6. Одоогоор ашиглагдаж буй өндөр үелзлийн сүлжээ

Түрээсийн VPN суваг: Диспетчерийн зохицуулалтыг үндэсний хэмжээнд хийхийн тулд Дархан, Баруун бүсийн эрчим хүчний систем /ББЭХС/, Алтай Улиастайн эрчим хүчний систем /АУЭХС/, Дорнод бүсийн эрчим хүчний систем /ДБЭХС/, Говийн бүсийн эрчим хүчний системийн /ГБЭХС/ гол цэгүүдийг эрчим хүчний диспетчерийн шуурхай ажиллагааны холбооны системд холбох шаардлагын хүрээнд 8 цэгийг шилэн кабелийн VPN сувгийг ашиглан эрчим хүчний холбооны нэгдсэн сүлжээнд холбосон. Эдгээр цэгүүд нь хэт алслагдсан байршилд байдаг тул харилцаа, холбооны компаниудын түрээсийн шугамыг үйл ажиллагаанд ашигладаг.

Тулгамдаж буй асуудлууд, шинэчлэл хийх үндэслэл. Диспетчерийн Үндэсний Төв ТӨХХК дээр ашиглагдаж буй SCADA систем нь 2006 оноос хойш нийт 16 жил тасралтгүйгээр диспетчерийн шуурхай үйл ажиллагаанд ашиглагдсаар байна. Техник технологийн хурдацтай хөгжлийг дагаад одоо ашиглагдаж буй SCADA системийн техник болон программ хангамжуудад хоцрогдол, хуучралт бий болж эхэлсэн. Үүний улмаас тус системийн үйл ажиллагааг бүрэн дүүрэн найдвартай ажиллуулахад учир дутагдалтай байгаа бөгөөд техник, программ хангамжийн засвар үйлчилгээ тогтмол хийгдсээр байна.

Түүнчлэн Монгол улсын эрчим хүчний салбар өргөжин хөгжиж шинэ техник технологийн шийдэл, ухаалаг системүүдийг нэвтрүүлж буйтай холбоотойгоор тус системийг технологийн хувьд шинэчлэх цаг ирсэн байна. Мөн цаашид ухаалаг сүлжээнд ашиглах өндөр түвшний хяналт мэдээллийн SCADA системийг нэвтрүүлж эрчим хүчний системийн найдвартай ажиллагааг хангах, үр ашгийг нэмэгдүүлэх, урьдчилсан дүн шинжилгээ, тооцоолол, боловруулалтад үндэслэж Эрчим хүчний системийг удирдаж, хянах шаардлагатай болсон ба үүнийг дагаад инженер техникийн ажилтнуудыг бэлтгэж, чадавхжуулах шаардлага тулгараад байна. SCADA системийг шинэчлэх, сайжруулах талаар төрийн томоохон бодлогын бичиг баримтуудад дараах байдлаар дурдсан:

- Төрөөс Эрчим Хүчний Талаар Баримтлах Бодлого /2015-2030 он/:

“3.2.5.1 эрчим хүч үйлдвэрлэх, дамжуулах, түгээх, хангах үйл ажиллагааны удирдлага, хяналт, мэдээллийн системийг тоон системд бүрэн илшжүүлж нэгдсэн ухаалаг сүлжээг бий болгох”

- Эрчим Хүчний Салбарт Баримтлах Мэдээллийн Технологийн Бодлогын Баримт Бичиг /2019-2023 он/:

“7.2.1 Эрчим хүч үйлдвэрлэх, дамжуулах, түгээх, хангах үйл ажиллагааны удирдлага, хяналт, мэдээллийн системийг тоон системд бүрэн илшжүүлж, нэгдсэн ухаалаг сүлжээ бий болгох;

7.2.2 Эрчим хүчний системийн диспетчерийн удирдлагын хяналт мэдээллийн системд холбогдоогүй байгаа төвийн бүсийн эрчим хүчний системд шинээр холбогдсон дэд станцуудыг хяналт мэдээллийн системд холбох;

7.2.3 Сэргээгдэх эрчим хүчний нийт эх үүсвэрүүдийг нэгтгэсэн хяналт мэдээллийн системийг бий болгох;

7.2.4 Хяналт мэдээллийн системийн мэдээлэл дамжуулах хурд болон найдвартай ажиллагааг хангаж ажиллах хүрээнд мэдээлэл дамжуулах протоколыг IEC-60870-5-101 протоколоос IEC-60870-5-104 протоколд шилжүүлэх;

7.2.5 Төвийн бүсийн эрчим хүчний системээс бусад ББЭХС, ДБЭХС, АУЭХС болон ӨБЭХС-д тухайн бүс нутгийг хамарсан диспетчерийн төвийг бий болгох;”

Үүнээс гадна:

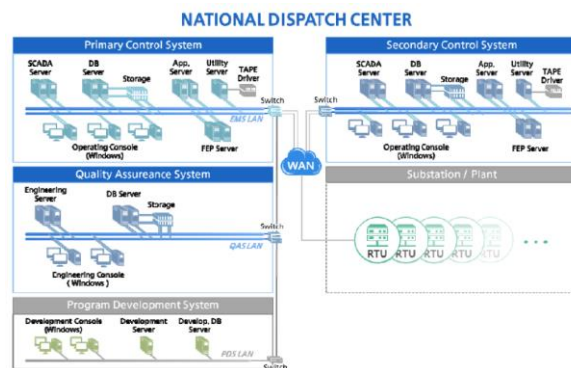
- Эрчим хүчний салбарын үйл ажиллагаа өргөжин тэлж, шинэ эх үүсвэрүүд, шинэ технологи (battery storage гэх мэт), шинэ систем, инновацын системүүд нэвтэрч буйтай холбоотойгоор одоо байгаа SCADA систем нь нэгдсэн сүлжээний үйл ажиллагааг бүрэн дүүрэн нэгдсэн байдлаар хянахад технологийн болон системийн хувьд хоцрогдсон;
- Эрчим хүчний горим төлөвлөлтийг оновчлох үйл ажиллагааг нарийвчлан гаргах хүрээнд цахилгаан дулааны үйлдвэрлэлт, дамжуулалт, түгээх цэг болгонд өртөг зардлыг тооцож, системийн илүү зардлыг тодорхойлох, диспетчерийн зохицуулалтыг эдийн засгийн хувьд оновчтой хийх систем болон функц байхгүй;
- Одоо ашиглаж буй SCADA систем эх үүсгүүрүүдийн автомат тохируулгын AGC (Automatic Generation Control) системтэй уялдаж ажиллахад шаардлагатай тохиргоо хийгдээгүй, системийн автомат функц байхгүй;
- Ухаалаг сүлжээнд ашиглах Energy Management System-ын функц, ашиглалтын боломжийг хангасан байдал дутмаг бөгөөд цаашид уг системийг диспетчерийн шуурхай ажиллагаа, горим тохируулгыг нарийвчлах зорилгоор зайлшгүй нэвтрүүлэх шаардлага тулгарч байна;
- SCADA дээрх тооцоолол, системийн шинжилгээ хийх, диспетчерийн сургалтын системийн аваарын үеийн туршилт хийхэд өгөгдлийн сан, системийн функцийн тохиргоо алдагдсан тул зөвхөн хяналтын түвшний үйлдэл гүйцэтгэхэд SINAUT Spectrum системийг ашиглагдаж байна.
- Одоогийн ашиглагдаж буй SCADA систем нь сэргээгдэх эрчим хүчний үүсвэрүүдийн нарийн хэмжилт, тохируулгыг хянах өгөгдөл мэдээллийг авах боломжгүй (Жиш: Салхины өнцөг, хурд, даралт гэх мэт);
- Шинээр холбох 220/110 кВ-ын их тойрог сүлжээг ХМС-г оруулах шаардлагатай болсон.

Одоогийн ХМС-н протоколын дэмжлэг нь шинээр орж байгаа дэд станцуудын протокол болон мэдээллийг хүлээн авах боломжгүй;

- Одоогийн SCADA систем нь техник тоног төхөөрөмж элэгдэл болон программ хангамж хоцрогдолтойгоор ажиллаж байна.

III. ОРЧИН ҮЕИЙН SCADA СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА

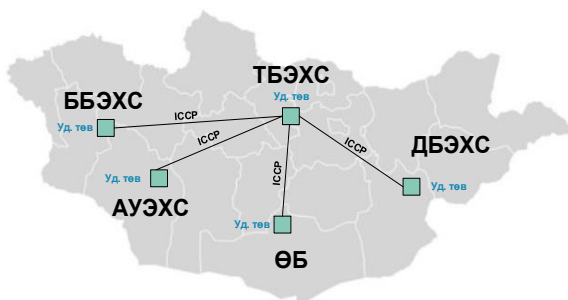
Одоо ашиглаж буй хяналт удирдлагын SCADA систем нь цаашид Монгол улсын эрчим хүчний салбарт үүсэх ухаалаг сүлжээ, нэгдсэн сүлжээнд залгагдах эх үүсгүүр, дэд станцын шинэ техник технологи, системийн тоног төхөөрөмжийг удирдаж, оновчтой зохицуулалт хийхэд шаардлага хангахгүй байгаа. Эх үүсгүүрийн тоноглолыг эдийн засгийн болон технологийн хувьд автоматаар удирдах (EMS, AGC), сэлгэн залгалт үйлдлийг урьдаас боловсруулсан алгоритмын тусламжтайгаар автоматаар хийх, эх үүсгүүрийг системд залгах, дэд станцын тоноглолуудыг залгах үед үүсэж болох нөхцөл байдлыг бодит хугацааны нөхцөлд урьдчилан тооцоолж шуурхай үнэлж дүгнэх, арилжааны үйл ажиллагааг автомат тооцооллын системийн тусламжтайгаар тооцоолж зохицуулалтыг хийх, хэрэглээний таацыг компьютерын статистик, математикийн тооцооллын тусламжтайгаар тооцоолж өндөр түвшинд боловсруулан горим тохируулгыг хийх шаардлага бидний өмнө тулгараад байна.



Зураг 7. Төлөвлөж буй SCADA системийн архитектур

SCADA системийн бүтэц. SCADA системийн серверийг үндсэн болон туслах сервер хэлбэрээр зохион байгуулсан байх бөгөөд нэмэлтээр газар зүйн байрлалын хувьд өөр бүс нутагт эсвэл өгөгдлийн төвд нөөц серверийг байрлуулах замаар зохион байгуулалтыг хангасан байна. Тус систем нь эрчим хүчний системийн цэгүүдээс RTU болон холбооны тоног төхөөрөмжийн тусламжтайгаар өгөгдөл мэдээллийг цуглуулах, эргээд тус цэгүүд рүү өгөгдөл мэдээлэл, удирдлагын команд өгөх хэлбэрээр нэгдсэн системийн үйл ажиллагааг бүрэн дүүрэн хангах зарчмаар ажилладаг бүтэцтэй байна. Түүнчлэн одоо ашиглагдаж байгаа болон

цаашид шинээр холбогдох цэгүүдийн мэдээллийг мэдээллийн технологийн сүлжээний тусламжтайгаар хүлээн авч ажилладаг байхаар системийн ерөнхий бүтцийг зохион байгуулна. Дотоод орчны бүтэц нь SCADA системийн программ хангамжийн найдвартай ажиллагааг бүрэн хангасан байх бөгөөд гадны ямар нэгэн цахим халдлагаас бүрэн дүүрэн хамгаалагдсан байх шаардлага тавигдана. Түүнчлэн цаашид ухаалаг эрчим хүчний систем өргөжин тэлэхдээ холбоотойгоор ТБЭХС-ээс бусад эрчим хүчний бүсүүдэд удирдлагын төвүүд баригдана гэж үзэж байгаа бөгөөд тус системтэй уялдаж ажиллах мэдээллийн технологийн бүтэцтэй (Common Information Model) байх юм.



Зураг 8. Цаашид үүсгэх SCADA системийн удирдлагын төвүүд

IV. SCADA СИСТЕМИЙН АЖИЛЛАГАА ТҮҮНД ТАВИГДАХ ШААРДЛАГА

Тус систем нь үйлдвэрлэгч, дамжуулах болон цаашид түгээх сүлжээтэй уялдаж ажиллах боломж бүхий цогц систем байх бөгөөд арилжааны зориулалтын программ хангамжуудыг уялдуулж ажиллуулах зайлшгүй шаардлагатай систем байх юм. Түүнчлэн дараагийн үеийн SCADA систем нь ирээдүйд мэдээллийн технологи болон эрчим хүчний тоног төхөөрөмжийн шинэчлэлтийг дагаж хөгжих чадамжтай байх бөгөөд дараах үндсэн шаардлагыг хангасан байна.

Үүнд:

- Уян хатан болон өргөтгөх боломжтой;
- Бусад диспетчерийн удирдлагын төвүүдтэй уялдаж ажиллах боломжтой;
- Үр ашигтайгаар ажилладаг байх;
- Найдвартай ажиллагааг бүрэн дүүрэн хангасан байх;
- Гадны цахим халдлагаас бүрэн хамгаалагдсан байх;
- Хялбар тохируулгын бүтэцтэй байх;
- Ухаалаг байх.

СКАДА системийн программ хангамж нь дараах функцүүдтэй байна:

- **Нэгдсэн сүлжээний оновчлол, үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагааны менежмент**
- Ачааллын урьдчилсан таамаглал (*LF*)

- Үйлдвэрлэлийг хэрэглээтэй тэнцвэржүүлэх (*UC*)
 - Ус, дулааны зохицуулалт (*HTC*)
 - Хамгийн бага өртөгтэй байх диспетчерийн зохицуулалтыг бодит хугацаанд хийх ба нөөцийн хяналт (*ED*)
 - Бодит хугацааны Үйлдвэрлэлийн Автомат Удирдлага (*AGC*)
 - Ачааллын давтамж тохируулга функц (*LFC*)
 - Эдийн засгийн үр ашигтай зохицуулалтын тооцоолол хийх функц (*EMS*)
 - Нөөцөд буй тоног төхөөрөмжийг тооцоолол хийх (*RM*)
 - **Дамжуулах сүлжээний үйл ажиллагааны менежмент**
 - Сүлжээний тохиргоо ба топологийн зохицуулалт (*TP*)
 - Сүлжээнд орсон өөрчлөлтийн тооцоолол (*NS*)
 - Төлөв байдлын тооцоолол (*SE*)
 - Болзошгүй төлөв байдлын дүн шинжилгээ (*CA*)
 - Оновчтой чадлын урсгалын тооцоо ба болзошгүй төлөв байдлыг оруулсан оновчтой урсгалын тооцоо (*OPF, SCOPF*)
 - Цахилгаан эрчим хүчний системийн тодорхой хэсгийг тусгаарлах
 - **Туршилт, тооцооллын горимын симуляцууд**
 - Чадлын урсгалын тооцоолол (*PF*)
 - Сүлжээний загварчлал
 - Богино залгааны тооцоолол
 - **Эрчим хүчний үйлчилгээ ба болсон процессын дүн шинжилгээ**
 - Үйл явдлын дүн шинжилгээ
 - Эрчим хүчний төлөвлөлт ба нягтлан бодох бүртгэл
 - Эрчим хүчний үйлчилгээ үзүүлэгчид
 - **Диспетчерийн сургалтын симулятор (*DTS*)**
- Дээр дурдсанаас гадна:
- Тасралт болон бусад холбогдох мэдээллийг и-мэйл болон мессежээр дамжуулалт (*Alarm Forwarding*)
 - Нэгдсэн сүлжээний схем зураглал (*Topology Analysis*)
 - Сэлгэн залгалтын үйл явцыг харуулах функц (*Supervisory Control*)
 - Сэлгэн залгалтын автомат тохируулгыг тохируулах зарчмаар сэлгэн залгалтыг хийх функц (*Switching Procedure Management*)
 - Системийн төлөв байдлыг зааж, тэмдэглэгээ тавих функц (*Tags*)
 - Диспетчерийн үйл ажиллагааны журнал хөтлөх функц (*Operations Logbook*)
 - *Нэгдсэн сүлжээнд түр ашиглахаар тавьсан тоног төхөөрөмжийг оруулах функц (*Temporary Network Elements*)*
 - Программ хангамжууд нь модуль хэлбэрийн бүтэцтэй байх;

- *Өгөгдөл дамжуулах, солилцох, засварлах (IMM – Information Model Manager)*
- *Өгөгдлийн сангийн оновчтой зохион байгуулалт, архивжуулалт, real-time нөхцөлд өгөгдөл боловсруулах (HIS – Historical Information System)*
- *Диспетчерийн төвүүд хооронд өгөгдөл дамжуулах протоколыг дэмжих (ICCP Data Link)*
- *Программ хангамжийн ашиглах хэрэглэгчийн хянах, хяналтын дэлгэцтэй холбох боломжийг бүрдүүлж, бусад өгөгдлийг төрөл бүрээр харуулах системүүдтэй уялдаатай ажиллах (UI – User Interface)*
- *Өгөгдөл цуглуулах системүүдтэй уялдаж ажиллах, холбооны протокол IEC60870-5-101, IEC60870-5-104, DNP3.0/DNP3.0i, IEEE C37.118 болон бусад, RTU төхөөрөмжүүдийг алсын зайнаас тохируулах (Independent Frontend System)*
- *Бусад гадны IT системүүд, уялдаж ажиллах, өгөгдөл цуглуулах, ухаалаг сүлжээний Enterprise Service Bus-ыг дэмжих (SOA - Service Oriented Architecture) бөгөөд өгөгдөл мэдээллийн шинийн тусламжтайгаар дараах мэдээллүүдийг нэгтгэх/дамжуулах боломжтой байх:*
 - *Эх үүсгүүр, дэд станц болон бусад тоног төхөөрөмж, системийн бүрдэл хэсгүүдийн газар зүйн байршил (GIS – Geospatial Information System)*
 - Цаг агаарын мэдээллийг хүлээн авах
 - Веб, цахим хуудас руу өгөгдөл мэдээлэл дамжуулах
 - Тоолуурын системийн өгөгдөл мэдээллийг ашиглах
 - Тооцооллын системүүд рүү өгөгдлийг хөрвүүлэх ажилладаг, Intel 64 bit x86 процессор дээр суурилсан серверийн орчин дээр ажиллах шаардлагатай.
 - Серверийн үйл ажиллагааг redundant буюу сэлгэж ажиллах зарчмаар ажилладаг бүрэн хос ажиллагаатай байна.
 - Нөөц серверийн систем зайлшгүй байх
 - Системийн найдвартай ажиллагаа 99.9% хангасан байна.
 - Цахим халдалтаас бүрэн хамгаалагдсан байна.
 - Олон төрлийн архивтай ба 7000 минут өгөгдөл архив хадгалалттай байна.
 - Эрхийн хандалттай байна зэрэг функцуудыг агуулсан байна.
- **Үйлдлийн систем болон сервер:**
 - Дараагийн үеийн SCADA систем нь Linux эсвэл Windows үйлдлийн систем дээр
- **Диспетчерийн хяналтын өрөө:**
 - Өргөн дэлгэцийн системээр иж бүрэн тоноглогдсон байх бөгөөд дор хаяж 15 x 3.5м хэмжээтэй LED дэлгэц;

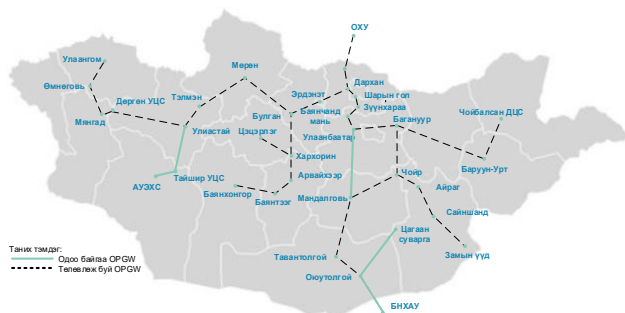
- Системийн болон арилжааны операторуудын ажиллах орчинг бүрэн хангасан төлөвлөлттэй;
- Хэрэглэгчийн компьютер болон дэлгэц, шуурхай ажиллагааны холбооны хэрэгсэл зэргээр бүрэн хангагдсан байна;
- Гадна орчны дуу чимээ, халдлагаас бүрэн тусгаарлагдсан, гэрэлтүүлэг, агааржуулалт, галын аюулгүй системийг бүрэн хангасан, антистатик шалаар тоноглогдсон байна.

SCADA системийн харилцаа холбооны дэд бүтэц болон холбогдох цэг. Шинэчлэлтийн хүрээнд одоо байгаа системийг программ, техник хангамжийн хэмжээнд шинэчлэн сайжруулж, холбогдсон цэгүүдийн мэдээлэл авах боломжийг сайжруулахаас гадна одоогийн системд холбогдсон 34 цэгийг 84 цэг болгон өргөтгөнө. Цогц СКАДА системийг үүсгэх дараагийн үндсэн гол шаардлага бол найдвартай бөгөөд хурдан ажиллагаатай холбооны дэд бүтцийг үүсгэх асуудал бөгөөд бие даасан, аюулгүй шилэн кабелийн сүлжээ үүсгэнэ гэж үзвэл 110кВ, 220 кВ-ын ЦДАШ-аар доорх зурагт үзүүлсний дагуу газар зүйн байршлын босоо болон хэвтээ чиглэлд шилэн кабелийн гол магистрал шугамыг барьж байгуулах нь зүйтэй. Гэхдээ ингэхэд их хэмжээний цаг хугацаа, санхүүжилт шаардлагатай болно. Учир нь манай шугам сүлжээний дийлэнх нь 2000-аад оноос өмнө баригдсан ба шилэн кабель бүхий аянгын трос байдаггүй.

2004 оноос хойш 110 кВ, 220 кВ-ын агаарын шугамаар OPGW шилэн кабель суурилуулахаар төлөвлөж байгаа шугамаас өнөөдрийн байдлаар шилэн кабель суурилагдсан 3 шугам буюу 559 км урт, Засгийн газрын 2018 оны 325-р тогтоолоор батлагдсан “Төрөөс эрчим хүчний талаар баримтлах бодлогын дунд хугацааны үндэсний хөтөлбөр”-т тусгагдсан 6 шугам буюу 1643 км урт, “Эрчим Хүчний Салбарт Баримтлах Мэдээллийн Технологийн Бодлого” баримт бичигт тусгагдсан байна.

Нийт 118 шугамын 4989 км урттай шилэн кабелийн гол магистрал шугамыг бий болгох шаардлагатай гэж үзэж байна. УБ - Мандалговийн 330 кВ-ын 260 км ЦДАШ, Оюутолгой–Цагаансуваргын 110 кВ-ын 160 км, Улиастай–Тайширын 110 кВ-ын 134 км урт OPGW маягийн шилэн кабелиуд нь ЦДАШ-аар суурилагдсан. Дээр дурдсанаар 4989 км урт OPGW шилэн кабелийг суурилуулахад их хэмжээний цаг хугацаа, хөрөнгө шаардлагатай тул зарим хэсгийг түрээсийн шилэн кабелийн суваг ашиглан шийдэх хувилбар байж болно. Энэ тохиолдолд зардлын хэмжээ буурах ба ингэхдээ гол үндсэн магистраль шилэн кабелийн сүлжээг OPGW шийдлээр үүсгэж, бусдыг нь VPN түрээсийн шугам ашиглах, цаашид үе шаттайгаар OPGW сүлжээ рүү шилжүүлж болно. Иймд эхний ээлжинд доорх 7 ЦДАШ дээр СКАДА болон бусад системд ашиглахаар нийт **794** км OPGW шилэн

кабелийн магистрал мэдээлэл холбооны дэд бүтцийг үүсгэхээр тооцов.



Зураг 9. Одоо байгаа болон цаашид суурилуулах шилэн кабелийн дэд бүтцийг үүсгэх төсөөлөл

Хөрөнгө оруулалтын тооцоо

№	Хийгдэх ажил	ҮНЭ
1.	SCADA системийг шинэчлэх	\$ 11,362,000.00
1.1	Техник хангамж /4 дэд төвийн сервер, дэлгэц орсон/	\$ 4,290,000.00
1.2	Програм хангамж /4 дэд төвийн программ хангамж орсон/	\$ 4,800,000.00
1.3	Өргөн дэлгэцийн систем /4 дэд төв орсон/	\$ 2,272,000.00
2	SCADA системд цэгүүд шинээр холбох	\$ 10,966,000.00
2.1	ОРGW шилэн кабелийн сүлжээ /7 шугамд нийт 794 км/	\$ 6,610,000.00
2.2	Өгөгдөл цуглуулах систем /42ш RTU төхөөрөмж/	\$ 2,856,000.00
2.3	VPN шилэн кабелийн түрээсийн суваг үүсгэх	\$ 1,500,000.00
3.	Зөвлөх үйлчилгээ, зураг төсөл, сургалт	\$ 3,224,000.00
4.	Шууд зардлын дүн	\$ 25,552,000.00
5.	Бусад зардал	\$ 1,068,073.60
5.1	Техник хяналт, 2%	\$ 511,040.00
5.2	Магадлашгүй ажил, 2%	\$ 511,040.00
5.3	Нормчлолын сан, 0.18%	\$ 45,993.60
5.4	НӨАТ, 10%	
	Нийт зардлын дүн	\$ 26,620,073.60

Хөрөнгө оруулалтын тооцооллыг ойролцоогоор хамгийн бага өртөгтэй байж болох хувилбараар гүйцэтгэсэн бөгөөд үргэлжлүүлж нарийвчилсан судалгаа хийх шаардлагатай.

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааг орчин үеийн технологийг ашиглан эрчим хүчний системийн операторын үйл ажиллагааг сайжруулах зорилгоор гүйцэтгэсэн ба Эрчим хүчний системийн Хяналт мэдээлэл, удирдлагын систем болох SCADA системийг шинэчилснээр дараах үр дүн гарна.

1. Цаашид ухаалаг сүлжээнд ашиглагдах технологийн шинэчлэлтүүдтэй уялдаж ажиллах чадвартай болно;
2. Эх үүсгүүрийн автомат тохируулгын AGC системтэйг ажиллуулах нөхцөл бүрдэнэ
3. Сэргээгдэх эрчим хүчний мэдээллүүдийг хяналт мэдээллийн дан системээр дамжуулан хянана;
4. Алсын зайны удирдлагын системийг нэвтрүүлэх нөхцөл бүрдэж, алсаас удирдах боломжтой болно;
5. Системийн болон арилжааны зохицуулалтыг илүү нарийвчлан дүн шинжилгээг урьдчилан байдлаар тооцоолох замаар хийдэг болно;
6. Системийн функцийн уян хатан байдал нэмэгдэж, найдвартай ажиллагаа сайжирна;

7. Техник хангамжийн нөөц нэмэгдэж, хуучирсан тоног төхөөрөмжүүд шинэчлэгдэж найдвартай ажиллагаа улам нэмэгдэнэ;
8. Бүсүүдийн хяналт мэдээллийн удирдлагын төв үүсэх нөхцөл бүрдэнэ;
9. Шинэ төрлийн өгөгдлийн сан бүрдэх нөхцөл бүрдэж системийн горим төлөвлөлтийн үйл ажиллагаа, системийн эдийн засгийн үр ашиг нэмэгдүүлэхэд нөлөө үзүүлнэ;
10. Инженерийн тооцоолол хийхэд олон төрлийн хэмжилт, факторуудыг ашиглах бололцоо бүрдэнэ;
11. Диспетчерийн мэдлийн тоног төхөөрөмжүүдийг автоматаар удирдах нөхцөл бүрдэж диспетчерийн шуурхай ажиллагаа, оновчтой зохицуулалт сайжирна;
12. Диспетчер инженерүүд болон бусад инженерүүдийн ур чадвар улам нэмэгдэж, ажлын орчин сайжирна;
13. Эрчим хүчний салбарын мэдээлэл технологийн дэд бүтэц үүсэх нөхцөл бүрдэх, холбоо мэдээллийн найдвартай ажиллагаа улам сайжирна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем”, сурах бичиг, 2020 он, 1000 х.
- [2] “ДҮТ” ТӨХХК-ийн SCADA системийн гэмтлийн судалгаа. 2006-2021 он.
- [3] SINAUT Spectrum системийн хэрэглэгчийн гарын авлага, техникийн баримт бичгүүд.
- [4] Төрөөс Эрчим Хүчний Талаар Баримтлах Бодлого /2015-2030 он/.
- [5] Эрчим Хүчний Салбарт Баримтлах Мэдээллийн Технологийн Бодлогын Баримт Бичиг /2019-2023 он/.
- [6] “ДҮТ” ТӨХХК-ийн мэдээлэл, холбооны шилэн кабелийн сүлжээний судалгаа.
- [7] Эрчим хүчний нэгдсэн сүлжээний дүрэм.

35 КВ-ЫН ЦАХИЛГААН ДАМЖУУЛАХ ШУГАМЫН МЕХАНИК ДААЦЫН ТООЦОО, ҮР ДҮН

Ш.Гантөмөр, Н.Ихзориг

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
gantumur2020@must.edu.mn

Хураангуй

Цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын дамжуулагч, аянгын трос, тулгуурт өөрийн жин, мөсжилт, орчны температурын өөрчлөлт, салхины даралтын хүч, дамжуулагчийн чичиргээ, хавиралт болон бусад хүчин зүйлийн үйлчлэлээр дамжуулагч, аянгын трос, тулгуур, сууринд үүсэх механик ачааллыг даах чадварыг агаарын шугамын механик даац гэнэ. Энэ даацыг тодорхойлох болон байх ёстой хэмжээндээ байгаа эсэхийг шалгах тооцоог шугамын механик даацын тооцоо гэнэ. Манай улсад өргөн ашигладаг 35 кВ-ын ЦДАШ-ын механик даацын тооцоонд дамжуулагчийн огтлол, мөсжилтийн муж, салхины муж зэрэг хүчин зүйлүүд хэрхэн нөлөөлдөг талаар энэхүү өгүүллийн хүрээнд авч үзсэн.

Түлхүүр үг: Механик даацын тооцоо, критик пролет, хувийн ачаалал, МТ-2012 программ хангамж, габарит пролет

I. ОРШИЛ

Цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын механик даац нь цахилгаан шугам сүлжээ, системийн найдвартай ажиллагаанд тодорхой хэмжээгээр нөлөөлдөг байна. Механик даацын тооцоог шугамын дамжуулагчийн механик тооцоо, тулгуурын механик тооцоо, суурийн механик тооцоо гэж гурав ангилдаг [1].

Цахилгаан шугам сүлжээний төслийн үед шугамын номиналь хүчдэл, дамжуулагчийн огтлол, марк тип, тулгуур, тусгаарлагчийг сонгон цахилгаан талаасаа хэвийн ажиллах талаар голлон авч үздэг. Харин шугамын механик хэсгийн төслийг гүйцэтгэх үед тодорхой тулгуурын төрөл сонгож тэдгээрийг трассын дагуу байрлуулж, тооцооны янз бүрийн горимд механик даацын тооцоог гүйцэтгэн дамжуулагчид үүсэх механик ачаалал, үйлчлэх механик хүч, дамжуулагчийн дурын цэг дэх механик хүчдэл, дамжуулагчийн хамгийн их, бага унжилт, тулгуур байрлах цэгүүдийг тодорхойлдог.

Тооцооны үр дүнгүүдийг зөвшөөрөгдөх механик хүчдэл ба шугамын унжилтын хэмжээтэй харьцуулан авч үзэхийн зэрэгцээ тооцооны үр дүнд дамжуулагчийн угсралтын хүснэгт, орчны температураас хамаарсан унжилт ба тулгуур хоорондын зай, тулгуурын байрлал, габарит зэргийг тодорхойлдог.

Цаг уурын нөхцөлийг тооцсон шугамын дамжуулагчийн механик даацын тооцоог зөвшөөрөгдөх механик хүчдэлийн аргаар гүйцэтгэдэг. Тооцооны үр дүнд тулгуурлан дараах асуудлуудыг шийддэг. Үүнд:

1. Ямар нэгэн инженерийн байгууламжтай аюулгүй байдлаар огтлолцох.
2. Бэхлэх болон тогтоох тусгаарлагчийг сонгох.
3. Шугамын угсралтын үед үүсэх механик хүчдэлийг тодорхойлох.
4. Газрын байрлалаас хамааруулан тулгуурыг байрлуулах.

5. Цаг уурын янз бүрийн нөхцөлд дамжуулагч газрын гадаргууд хамгийн их ойртох, холдох хэмжээг тодорхойлох.

6. Тросны механик даацын нөхцөлд шалгах зэрэг болно.

Тооцоог гүйцэтгэхдээ шугамын трасс байрлах орон нутгийн цаг уурын нөхцөл байдал, шугамын дамжуулагч, тулгуур тусгаарлагчийн техникийн механик тодорхойломжийг ашигладаг. Цахилгаан дамжуулагч шугамыг хүчдэлийн түвшин, үйлчлэх хүрээ зэргээс хамааруулан дараах байдлаар ангилах ба механик даацын тооцоонд агаарын шугамыг ашиглалтын нөхцөл, хүчдэлийн түвшин зэргээс нь хамааруулан онцгой ангиллын, I ангиллын, II ангиллын, III ангиллын (нам хүчдэлийн) шугам гэж хуваан авч үздэг [2-3].

Тооцооны цаг уурын нөхцөлүүдийг (салхины хүч, мөсжилтийн зузаан, жилийн дундаж температур гэх мэт) шугамын ангиллаас хамааруулан тодорхой хугацааны хамгийн хүнд нөхцөлөөр авах шаардлагатай бөгөөд хугацааг дараах байдлаар авна. Үүнд:

- | | |
|---------------------------------------|----------------|
| 1. Онцгой ангиллын шугам | 15 жил |
| 2. I ангиллын шугам | 10 жил |
| 3. II ангиллын шугам | 5 жил |
| 4. III ангилал ба нам хүчдэлийн шугам | 3-5 жил болно. |

Эдгээр цаг уурын нөхцөлөөс гадна шугаман үйлчлэх салхины хүч, мөсжилтөөс хамааруулсан норматив хэмжээ гэсэн ойлголт байдаг. Энэ хэмжээнээс багаар цаг уурын нөхцөлийг тооцох шаардлагагүй юм.

Агаарын шугамын дамжуулагчид нэлээд олон тооны механик ачаалал үйлчилдэг. Үүнд:

1. Дамжуулагчийн өөрийн жингээс үүсэх ачаалал
2. Дамжуулагчийн мөсжилтийн ачаалал
3. Салхины даралтаас үүсэх ачаалал
4. Агаарын температурын өөрчлөлтөөс болж дамжуулагчийн агшилтын улмаас үүсэх механик ачаалал зэрэг болно.

Механик даацын тооцоонд (нб), (г), (+), (-), (в), (сэ), (а) гэсэн онцгой горимуудыг авч үздэг. Эдгээр горимын тооцоо, харьцуулсан үр дүнгийн талаар авч үзсэн. Агаарын шугамын механикийн горимыг дараах тэгшитгэлээр бүрэн илэрхийлдэг бөгөөд энэ тэгшитгэлийг дамжуулагчийн *төлөв байдлын тэгшитгэл* гэж нэрлэдэг.

$$\sigma_{II} - \frac{\gamma_{II}^2 l^2 E}{24\sigma_{II}^2} = \sigma_I - \frac{\gamma_I^2 l^2 E}{24\sigma_I^2} - E\alpha(t_{II} - t_I) \quad (1)$$

Үүнд: σ_I , σ_{II} -механик хүчдэл, t_I, t_{II} -температур, l -пролетын урт, γ_I, γ_{II} -хувийн ачаалал.

Үүнийг ашиглан анхдагч нөхцөлийн дамжуулагчийн температур t_I , механик хувийн ачаалал γ_I , механик хүчдэл σ_I мэдэгдэж байхад дурын цаг уурын нөхцөлд буюу t_{II} -тэй, γ_{II} хувийн ачаалалтай үед дамжуулагчид үүсэж байгаа σ_{II} механик хүчдэлийг тодорхойлсон болно [3-5].

$$\begin{cases} A = \sigma_I - \frac{\gamma_I^2 l^2 E}{24\sigma_I^2} - E\alpha(t_{II} - t_I) \\ B = \frac{\gamma_{II}^2 l^2 E}{24\sigma_{II}^2} \end{cases} \quad (2)$$

гэж орлуулан хялбарчлан дараах маягаар авч үздэг $\sigma_{II}^3 - A\sigma_{II}^2 - B = 0$. (3)

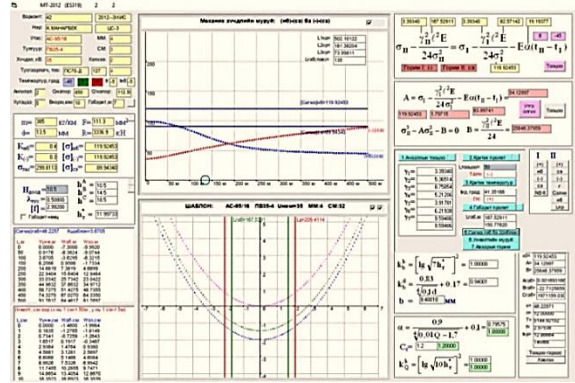
Энэ тэгшитгэлээс харахад бидний олох гэж байгаа үл мэдэгдэгч механик хүчдэл σ_{II} нь куб зэрэгтэй байна.

Ийм хэлбэрийн трансцендент тэгшитгэлийг бодох шууд арга байхгүй бөгөөд зөвхөн ойролцоо тоон аргуудаар (Ньютоны арга, градиентын төрлийн аргууд, координатын дагуу шилжих арга, санамсаргүй хайлтын арга гэх мэт) боддог.

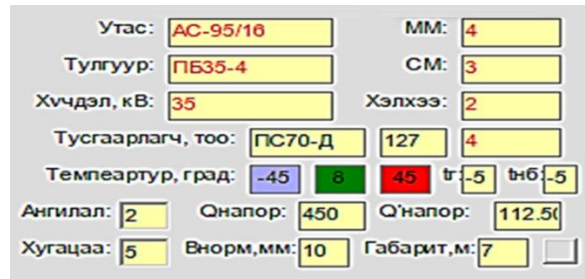
II. ТООЦОО, СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Судалгаанд АС-95/16 маркийн дамжуулагчтай 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын хувьд мөсжилтийн мужийг 4, салхины мужийг 3 байх үеийг дундаж температур нь $+8^0$ градус, хамгийн их температур нь $+45^0$ градус, хамгийн бага температурын -45 градус буюу манай улсад байх боломжтой хязгаарыг тооцсон.

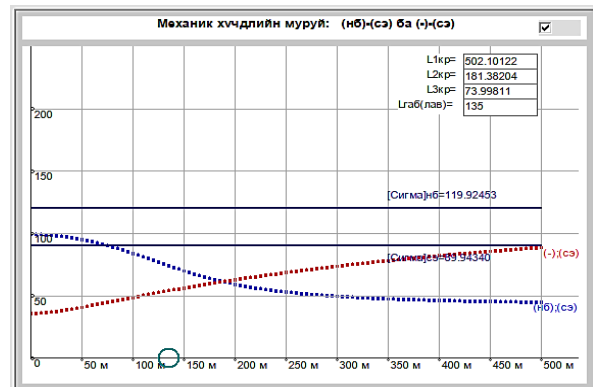
Тооцооны үр дүнгээс харахад АС95/16 дамжуулагчтай үед ТАН (нб) горим, ГН (+) горим, болж байна. Энэ нь дамжуулагчийн огтлол ихсэхэд критик пролет 2-ын бага уртаас их урт руу шилжихтэй холбоотой юм. Габарит пролетын урт 209.41м гарсан бөгөөд огтлол ихтэй дамжуулагчийн пролетын урт их байгаа нь давхар харагдаж байна.



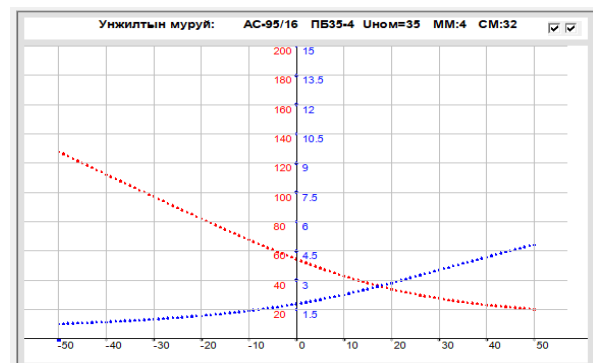
Зураг 1. АС-95/16 дамжуулагчтай үеийн тооцоо



Зураг 2. Тооцооны анхдагч өгөгдөл



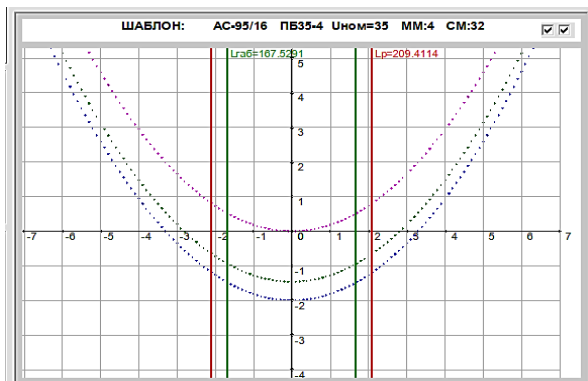
Зураг 3. 35кВ-ын механик хүчдэлийн муруй (ММ-4, СМ-3)



Зураг 4. 35кВ-ын шугамын унжилт болон таталтын муруй (ММ-4, СМ-3)

Судалгаанд мөсжилтийн муж 4, салхины мужийг 3 байх үеийн судалгааг авч үзлээ. Критик пролет 502.1 м, харин критик пролет 2 нь 181.38

м критик пролет 3 нь 73.99 м болж байна. Мөн дээрх горимоор унжилт болон таталтын муруй, шаблонуыг байгуулан зураг 5-д үзүүлэв.



Зураг 5. 35 кВ-ын шугамын шаблон (ММ-4, СМ-3)



Зураг 6. 35кВ-ын тулгуур хоорондын байдал

ДҮГНЭЛТ

Энэ агаарын шугамын механик даацын тооцооны үр дүнд дараах дүгнэлтийг гаргаж байна. Үүнд:

1. Тооцооны үр дүнгээс харахад АС95/16 дамжуулагчтай үед ТАН (нб) горим, ГН (+) горим горим болж байна. Габарит пролетын урт 209.14 м гарсан байна. Мөн одоо ашиглагдаж байгаа утгаас 3%-иар илүү байна.
2. Шугамын хамгийн их хувийн ачаалал 9,54, Н/(м.мм²) гарч огтлол ихсэхэд хувийн ачаалал буурсан үр дүн гарсан.
3. Салхины муж 1-3 байх үеийн хувийн ачаалал төдийлөн их өөрчлөгдөхгүй байна.
4. Мөсжилтийн муж 4 байхад салхины мужийг 3 байх үеийн харьцуулсан судалгааг авч үзлээ. Нарийн огтлолтой дамжуулагчийн хувьд салхины ачааллын өөрчлөлт харьцангуй бага нөлөөлдөг нь харагдаж байна.
5. 2021 онд 10 гаруй жилийн өмнө боловсруулсан МТ-2012 программ хангамжийг 35 кВ-ын зураг төслийн тооцоонд ашиглах боломжтой байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам” 2011 он “600 хуудас”
- [2] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан систем, Цахилгаан шугам сүлжээ” 2003 он “350 хуудас”.
- [3] А.Д.Бошнякович “Механический расчет проводов и тросов линий электропередачи”. М.-Л, Госэнергоиздат, 1962 года 254 с.
- [4] К.П.Крюков, Б.Л.Новгородцев “Конструкции и механический расчет линий электропередачи” 2-е изд., перераб. и доп.-Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1979 года 312 с, ил.
- [5] Х.Цагаан, М.Хуягдорж “Цахилгаан энергийн дамжуулалт, хуваарилалт”. УБ хот. 2002 он.

НАМ ХҮЧДЭЛИЙН СҮЛЖЭЭНИЙ ЭРЧМИЙН АЛДАГДЛЫН ТООЦООНД НЭМЭЛТ ПАРАМЕТРИЙГ ТООЦОХ АРГАЧЛАЛ

Ш.Гантөмөр, Н.Ихзориг

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
gantumur2020@must.edu.mn

Хураангуй

Нам хүчдэлийн сүлжээний эрчмийн алдагдлыг тооцоолох талаар олон тооны судалгааны ажил хийгдсэн бөгөөд эдгээр судалгааны ажилд авч үзсэн аргачлалыг улам боловсронгуй болгох, зарим нэгэн хуурмаг параметрийг тооцон алдааг багасгах талаар энэ өгүүллийн хүрээнд авч үзсэн болно.

Түлхүүр үг: Зангилааны гүйдлийн арга, эрчмийн алдагдал, хуурмаг чадал

I. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Нам хүчдэлийн хуваарилах сүлжээг дотор нь гэр хорооллын шугам сүлжээ (агаарын шугам), орон сууц, нийгэм ахуйн шугам сүлжээ (кабель шугам), үйлдвэрийн цахилгаан хангамжийн шугам сүлжээ гэж гурав ангилдаг.

Эдгээр сүлжээний дотроос гэр хорооллын 0.4 кВ-ын цахилгаан шугам сүлжээний тооцоо нь ихээхэн хүндрэлтэй. Энэ нь анхдагч мэдээлэл маш дутуу байдаг, олон тооны зангилаа, салаанаас тогтдог нийлэмж байдал өндөртэй, ЦШС-ний схем байнга өөрчлөгдөж байдаг (богино хугацаанд) зэрэг хүчин зүйлээс болдог [1-2].

Одоогийн байдлаар 0.4 кВ-ын сүлжээнд зангилааны (айлын) гүйдлийн арга (Гэр хороолол), эквивалент гүйдлийн арга (Орон сууц буюу кабель шугамтай үед), фазын загварчлалын арга, хүчдэлийн уналтын арга, математик статистик загварчлалын гэсэн аргуудыг тооцоонд ашиглаж байна. Эдгээр бүх аргуудаар тооцоог гүйцэтгэхэд дараах гурван үндсэн асуудлыг тооцоогүй байдаг бөгөөд үүнээс болж тодорхой хэмжээний алдаа гардаг.

1. 0.4 кВ-ын хувьсах гүйдлийн сүлжээг тогтмол гүйдлийн сүлжээнд шилжүүлж тооцоог гүйцэтгэдэг. Зах зээлд шилжихээс өмнө улайсгах чийдэн, цахилгаан тулга нь ахуйн цахилгаан хэрэглээний гол хэрэглэгчид байсан бөгөөд энэ тохиолдолд $\cos\varphi=1$ гэж үзээд тооцоог тогтмол гүйдлийн сүлжээгээр орлуулан гүйцэтгэх боломжтой юм.

Харин өнөөгийн нөхцөлд нийгмийн хөгжилтэй уялдан тоос сорогч, угаалгын машин, хөргөгч, зурагт, компьютер зэрэг хуурмаг чадлыг тодорхой хэмжээгээр ашигладаг тоноглолыг ахуйн хэрэглээнд өргөн ашиглах болсон. Хуурмаг чадлыг ашиглаж байгаа тохиолдолд ($\cos\varphi \neq 1$ байх учраас) зөвхөн P чадлаар буюу (I_a) гүйдлийн бодит байгуулагчаар тооцоог гүйцэтгэх тохиромжгүй тул бүрэн чадал \dot{S} буюу, \dot{I} гэсэн комплекс тоогоор тодорхойлогдох чадал, гүйдлээр тооцох шаардлагатай байна.

2. Одоо үйлдвэрлэлд ашиглаж байгаа аргачлалд 0.4 кВ-ын шугамын орлуулгын схемийг зөвхөн бодит R эсэргүүцлээр төлөөлүүлэн орлуулж тооцоог гүйцэтгэдэг. Тооцооны үр дүнг бодит байдалд ойртуулахад 0.4 кВ-ын агаарын шугамын хуурмаг эсэргүүцлийг нэмж тооцох шаардлагатай. Нэг маягийн зургаар шугамыг бүх уртын дагуу 3 фазтайгаар барьж ашиглаж байгаа үед хуурмаг эсэргүүцлийг тооцох бүрэн боломжтой бөгөөд тооцооны аргачлал нь тодорхой байдаг. Хуурмаг эсэргүүцлийг тооцсон тохиолдолд тооцооны шугамын эсэргүүцлийг $Z=R+jX$ гэж авч үзнэ.

Эрчмийн алдагдлын тооцоог зөвхөн бодит эрчмийн алдагдлын хувьд авч үздэг. Иймд бодит эсэргүүцэл дээр бодит чадлын алдагдал гарах боловч хуурмаг эсэргүүцлийн утга нь хүчдэлийн уналтыг ихэсгэж шугамын төгсгөлийн цэгийн хүчдэлийг багасгадаг. Үүний улмаас шугамын гүйдэл ихсэж бодит чадлын алдагдал тодорхой хэмжээгээр нэмэгддэг байна.

3. Дамжуулагчийн бодит эсэргүүцэл нь агаарын температур болон дамжуулагчийн ачааллын гүйдлээс хамаарч өөрчлөгдөж байх тул бодит эсэргүүцэл мөн өөрчлөгдөж байдаг. Үүнийг мөн л дээрх аргуудад нарийвчлан тооцоогүй байдаг.

Эдгээр шалтгааны улмаас 0.4 кВ-ын сүлжээний эрчмийн алдагдлын тооцооны үр дүн нь бодит байдалтай тохирдоггүй, тоолуурын заалтаар авсан балансаас байнга зөрөөтэй гардаг.

Эдгээр дутагдалтай асуудлуудыг шийдэж, шинэ аргачлал боловсруулахын тулд дараах зорилгыг дэвшүүлэн тавьж судалгааг хийсэн болно. Үүнд:

1. Гэр хороолол болон орон сууцны чадлын коэффициентыг тодорхойлох буюу хуурмаг Q болон хуурмаг энергийн хэрэглээ ямар байгааг тодорхойлох.
2. 0.4 кВ-ын шугамын хийц, дамжуулагчаас хамааруулан хуурмаг эсэргүүцлийг тодорхойлох.
 - 4 угастай үед (A,B,C,N)
 - 3 угастай үед (A,B,C болон A,B,N)
 - 2 угастай үед (A,N)

3. Дамжуулагчийн бодит эсэргүүцлийг агаарын температур болон шугамын ачааллыг гүйдлээс хамааруулан алдаа багатай тодорхойлох.
4. Ажиллаж байгаа сүлжээнд шинэ айл нэмэгдэхэд мөн хасагдахад алдагдал хэрхэн өөрчлөгдөх талаар статистик судалгаа хийх.
5. Дээрх дөрвөн нөхцөлийг тусгасан тооцооны аргачлал боловсруулах. Зангилааны гүйдлийн аргыг комплекс параметртэй үед тодорхойлох шаардлагатай буюу 0.4 кВ-ын сүлжээний тогтсон горимын тооцооны орчин үеийн загвар, аргыг ашиглах аргачлал, программ хангамж боловсруулах зэрэг болно [3-4].

II. СУДАЛГАА, ТООЦОО

1. 10 айлын $\cos\phi$ -д судалгаа хийсэн үр дүнг авч үзье [4]. Орон сууцны айлд $0.82 \div 0.89$, гэр хорооллын айлд $0.97 \div 0.98$ хооронд байгаа. Энэхүү чадлын коэффициентыг ашиглан бодит, хуурмаг чадлыг тодорхойлсон (хүснэгт 1, хүснэгт 2).

Хүснэгт 1. Орон сууцны бүрэн ачаалал, чадлын коэффициент

Cosφ	φ,град	Q,kVar	S, kVA	I _s ,A	I _p ,A
0.82	34.915	0.698	1.220	5.543	4.545
0.83	33.901	0.672	1.205	5.476	4.545
0.84	32.860	0.646	1.190	5.411	4.545
0.85	31.788	0.620	1.176	5.348	4.545
0.86	30.683	0.593	1.163	5.285	4.545
0.87	29.541	0.567	1.149	5.225	4.545

Хүснэгт 2. Гэр хорооллын цахилгаан ачаалал, бүрэн чадал, чадлын коэффициент

cosφ	φ,град	Q,kVar	S, kVA	I _s ,A	I _p ,A
0.87	29.541	0.567	1.149	5.225	4.545
0.88	28.358	0.54	1.136	5.165	4.545
0.89	27.127	0.512	1.124	5.107	4.545
0.90	25.842	0.484	1.111	5.051	4.545
0.91	24.495	0.456	1.099	4.995	4.545
0.92	23.074	0.426	1.087	4.941	4.545
0.93	21.565	0.395	1.075	4.888	4.545
0.94	19.948	0.363	1.064	4.836	4.545
0.95	18.195	0.329	1.053	4.785	4.545
0.96	16.260	0.292	1.042	4.735	4.545
0.97	14.070	0.251	1.031	4.686	4.545
0.98	11.478	0.203	1.020	4.638	4.545

Эндээс дүгнэж үзэхэд Р чадлаар тооцсон гүйдэл нь бүрэн чадлаар тооцсон гүйдлээс орон сууцны хувьд 1.21, гэр хорооллын хувьд 1.15 дахин бага байгаа нь харагдаж байна.

2. 0.4 кВ-ын шугамын тулгуураас D_{cp} хэмжээг олж 16, 25, 35, 50 мм² гэсэн огтлолтой үед хуурмаг эсэргүүцлийг тодорхойлсон

$$AB = \sqrt{400^2 + 440^2} = 569.643 \text{ мм}$$

$$BC = AB = 569.643 \text{ мм}$$

$$AC = 800 \text{ мм}$$

Эндээс геометр дунжийг олъё:

$$D_{cp} = \sqrt[3]{AB \cdot BC \cdot AC} =$$

$$= \sqrt[3]{569.643 \cdot 569.643 \cdot 800} = 637.918 \text{ мм}$$

x_0 -ийг 16 мм² огтлолтой дамжуулагчийн хувьд олсон

$$x_0^{AC-16} = 0.1445 \cdot \lg \frac{2 \cdot D_{cp}}{d} + 0.0157 \mu =$$

$$= 0.1445 \cdot \lg \frac{2 \cdot 637.918}{5.6} + 0.0157 \cdot 1 = 0.356 \text{ Ом/км}$$

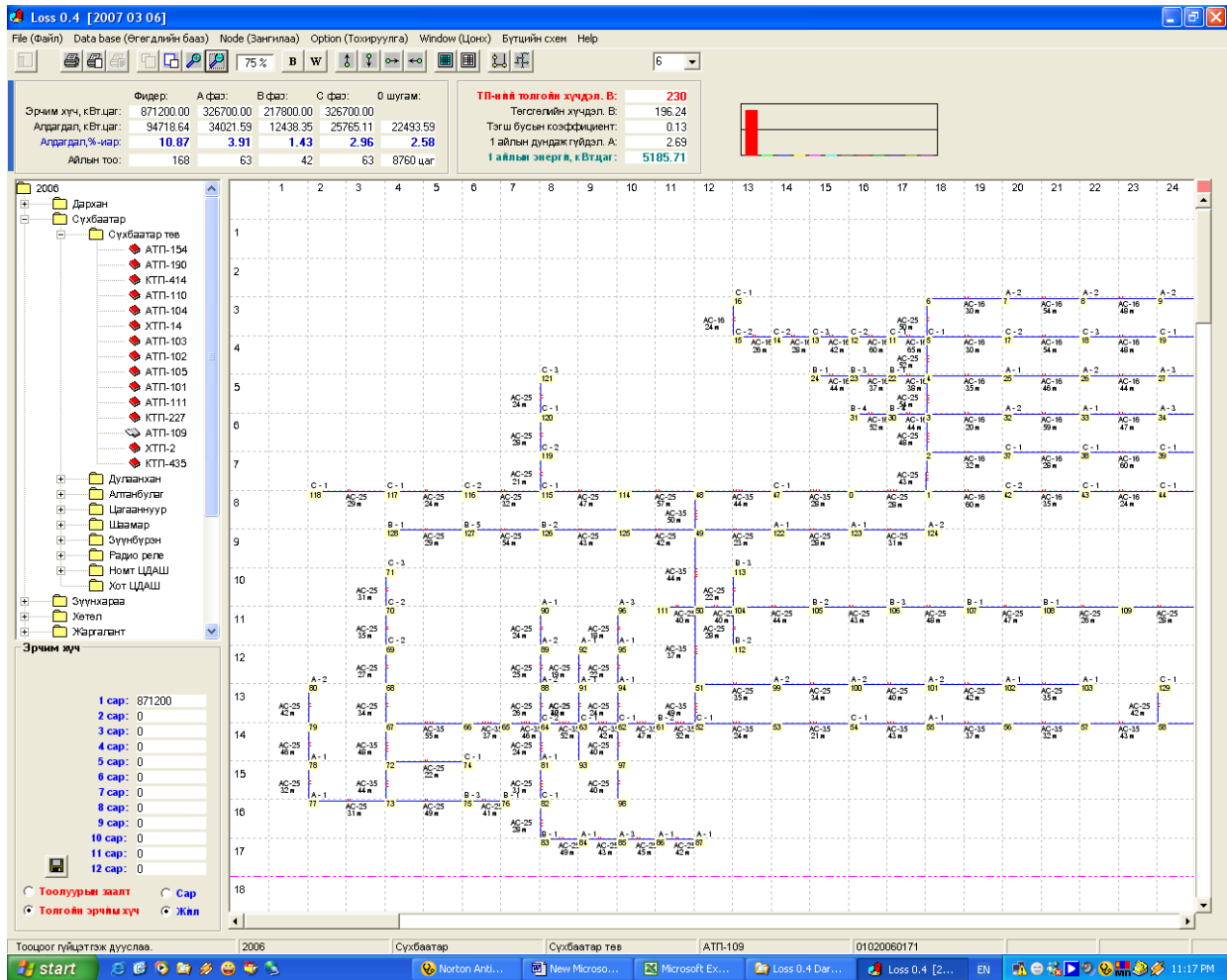
25 мм² огтлолтой үед 0,343 Ом/км, 35 мм² огтлолтой үед 0,331 Ом/км, 50 мм² огтлолтой үед 0,322 Ом/км байна.

3. Дамжуулагчийн бодит эсэргүүцэл олон хүчин зүйлээс хамаардаг. Үүнд: Дамжуулагчийн огтлол, агаарын температур, шугамын гүйдэл, тухайн дамжуулагчийг хийсэн материал гэх мэт.

Дамжуулагчийн бодит эсэргүүцэл температур 10⁰С-аар өөрчлөгдөхөд дунджаар 0.08 Ом-оор буюу 5 хувиар өөрчлөгдөж байна (хүснэгт 3).

4. Олон жилийн статистик судалгаанаас үзэхэд тухайн фидер айлын тоо нэмэгдэж хасагдахад адилхан өөрчлөгдөх боловч 25 айлтай фидерт нэг айл, 50 айлтай фидерт гурван айл, 75 айлын фидер таван айл, 100 ба түүнээс дээш айлын фидерт долоогоос бага айл нэмэгдэж хасагдахад алдагдлын хэмжээ 0.7-2.9%-ийн хооронд байгаа учир өөрчлөлтийг тооцох шаардлагагүй. Дээрх хэмжээнээс их тохиолдолд схемд өөрчлөлт оруулах шаардлагатай болно.

5. Манай улсын 0.4 кВ-ын цахилгаан шугам сүлжээний бүтцийн хувьд шинжилгээ хийж үзэхэд горимын хувьд тойрог, давхар тойрог болон нийлмэл схемээр ажиллаж байгаа сүлжээ байхгүй ихэнх шугам сүлжээ нь энгийн салбарласан схемээр ажиллаж байна. Иймд хялбар аргачлалын тусламжтайгаар горим, чадал, энергийн алдагдлын тооцоог гүйцэтгэж болно.



Зураг 1.Тооцоонд авч үзсэн 0,4 кВ-ын сүлжээний алдагдлын тооцооны Loss 0.4 программ хангамж

Хүснэгт 3. Дамжуулагчийн бодит эсэргүүцэл ба температурын хамаарал, Ом/км

ОГТЛОЛ	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
16	1.520	1.599	1.677	1.756	1.835	1.914	1.969	2.071	2.150
25	0.978	1.028	1.079	1.129	1.180	1.230	1.260	1.331	1.381
35	0.701	0.737	0.773	0.809	0.845	0.881	0.900	0.953	0.989
50	0.493	0.518	0.544	0.569	0.594	0.619	0.630	0.670	0.695

Хүснэгт 4. Тооцооны нэгдсэн үр дүн

№	Нэр	W _{тол} , кВт.цаг	Зангилааны гүйдлийн арга (хуучин арга)		Комплекс параметр бүхий зангилааны гүйдлийн арга (шинэ арга)		Хоёр аргын зөрүү		
			ΔW, кВт.цаг	ΔW, %	ΔW ₂ , кВт.цаг	ΔW, %	ΔW, кВт.цаг	ΔW ₂ - ΔW ₁	$\frac{\Delta W_1}{\Delta W_2} 100\%$
1	АТП-105	295903	24542.59	8.92	27573.6	9.32	3031.01	0.40	12.35
2	АТП-121	168900	8084.1	4.79	8882.001	5.26	797.9007	0.47	9.87
3	АТП-103	403200	28713.27	7.12	31937.77	7.92	3224.5	0.80	11.23
4	АТП-102	313200	30130.25	9.62	32573.81	10.40	2443.563	0.78	8.11
5	АТП-109	871200	94718.64	10.87	103480.1	11.88	8761.474	1.01	9.25

Нийт дүн	2052403	186188.9	9.07	204447.3	9.96	18258.45	0.89	9.81
----------	---------	----------	------	----------	------	----------	------	------

Ш. ТООЦООНЫ ҮР ДҮН

Дээрх хүчин зүйлүүдийг тооцсон аргачлалаар тооцооны программыг шинэчлэн боловсруулж, судалгаа, тооцоог хийсэн (зураг 1). Судалгаанд хамрагдсан таван фидерийн хувьд алдагдлын хэмжээ 4,79-11,88% байна (хүснэгт 3). Хуучин аргаар бодсон нийлбэр үр дүнг авч үзэхэд алдагдлын хэмжээ 186188.9 кВт.цаг, хувиар 9,07 % байсан бол шинэ аргаар бодоход алдагдлын хэмжээ 9,81 хувиар өсөж 204447.3 кВт.цаг, хувиар 9,96 % болж бараг 1 %-иар өссөн байна. Эрчмийн алдагдлыг үнэн зөв тооцоолсноос тухайн байгууллагад 18258.45 кВт.цаг нэмэгдэж тооцогдох бөгөөд 1 кВт.цагийг 50 төгрөгөөр тооцвол энэ судалгаанд авч үзсэн 5 фидерийн хувьд 0,912 сая төгрөгийн ашигтай байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Эрчмийн алдагдлын тооцоонд хэрэглэгчийн чадлын коэффициентийг зайлшгүй тооцох шаардлагатай нь харагдаж байна. Судалгааны үр дүнгээс харахад гэр хорооллын сүлжээнд 0.91, кабель сүлжээнд 0.85 гэж тооцох нь тохиромжтой байна.

2. Шугамын хуурмаг эсэргүүцэл 0.4 кВ-ын сүлжээнд 0.322-0.356 Ом/км байх бөгөөд дамжуулагчийн огтлолын хэмжээнээс хамааруулан сонгон авч тооцоог гүйцэтгэх шаардлагатай байна.
3. Жилийн эрчмийн алдагдлын тооцоонд дамжуулагчийн температурыг жилийн дундаж температураар, сар бүрийн тооцоонд өмнөх жилийн дундаж температураар бодит эсэргүүцлийг тооцоолох нь зүйтэй.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан шугам сүлжээ, систем”, сурах бичиг, 2020 он, 1000 х.
- [2] Ш.Гантөмөр “Тогтсон горимын хялбар тооцоо”, ТИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг, 1999 он.
- [3] Д.Содномдорж, Ш.Гантөмөр нар “Гэр хорооллын 0.4 кВ-ын ЦШС-ний алдагдлыг тодорхойлох фазын загварчлалын арга”, ЭШХ-ийн эмхэтгэл, 1999 он
- [4] Ш.Гантөмөр нар “Дархан Сэлэнгийн ЦТС-ний 0.4 кВ-ын сүлжээний эрчмийн алдагдлын судалгаа” ЭША-ын тайлан, 2006 он.

УЛААНГОМ ХОТЫГ СЭРГЭЭГДЭХ ЭРЧИМ ХҮЧЭЭР ХАНГАХ СУДАЛГАА

Ш.Гантөмөр, Б.Цэрэнлхам

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгааны инженерийн салбар
gantumur2020@must.edu.mn

Хураангуй

ББЭХС-ийн аж үйлдвэр, томоохон хот суурин, хүн амыг найдвартай, чанартай цахилгаан эрчим хүчээр хангах, эдийн засгийн тогтвортой хөгжлийг дээшлүүлэх, байгаль орчинд ээлтэй "Сэргээгдэх эрчим хүч"-ний үйлдвэрийг дэмжих шаардлага нь өнөөгийн хөгжлийн түвшинд чухлаар тавигдаж байгаа зайлиггүй шийдэх үндсэн асуудлын нэг юм. Увсын кинетик цахилгаан станцыг системтэй зэрэгцээ ажиллагаанд холбох болон цахилгаан станцыг системд холбосон үеийн горимын параметрийн өөрчлөлт, горимын тохируулгын асуудлыг шийдэх, 2035 хүртэлх хэвийн төлөвийн горим болон ОХУ-Улаангомын 110 кВ-ын шугам тасарсан үеийн аваарын горимын үед энэхүү станц хэрхэн нөлөөлөх асуудлыг тодорхойлон дүгнэлт гаргана. Мөн ББЭХС-тэй холбох цахилгаан дамжуулах агаарын шугам, дэд станцын үндсэн тоноглолын оновчтой хувилбар сонгосон талаар энэ өгүүллийн хүрээнд авч үзсэн болно.

Түлхүүр үг: Кинетик цахилгаан станц, горимын тооцоо, кинетик хөдөлгүүр.

I. ОРШИЛ

Манай дэлхийн хүн ам зогсолтгүй өсөхийн хирээр эрчим хүчний хэрэгцээ асар ихээр өсөн нэмэгдэж байна. Бидний одоогийн ашиглаж байгаа ихэнх технологи эрчим хүч үйлдвэрлэхдээ сэргээгдэхгүй эрчим хүчний болон байгалийн нөөц баялаг, түүхий эдийг ихээр ашиглаж, улмаар түүний нөөцийг улам бүр бууруулсаар байна. Эрчим хүч нь экологи болон хүний эсэн мэнд амьдрах байгаль орчин, эдийн засгийн үр дагаварт шууд нөлөөлж, цаашид дэлхийн хүн амын өсөлт нэмэгдэхийн хирээр дэвшилтэт шинэ техник, технологи шаардлагатай болж байна. Дээрх хүчин зүйлүүдээс болж одоо болон ирээдүйд төрөл бүрийн сэргээгдэх эрчим хүчийг ашиглах зайлшгүй шаардлага урган гарч байна.

Олон жилийн судалгаа шинжилгээний үр дүнд эрчим хүчний салбарт гайхалтай шинэ нээлтүүд гарсаар байгаа хэдий ч үйлчлүүлэгчийн эрэлт хэрэгцээг бүрэн хангасан дэвшилтэт шинэ техник технологи хэрэгтэй байсаар л байна. Сэргээгдэх эрчим хүчний хөгжлийг сааруулж байгаа гол хүчин зүйл бол дэлхийн нефть, нүүрсний томоохон монопол компаниудын үзэл баримтлал, тэдгээрийн мөнгө санхүүгийн дарангуйлал юм. Гэсэн хэдий ч зарим нэгэн ногоон эрчим хүчийг идэвхтэйгээр дэмждэг компаниуд энэхүү эрэлт хэрэгцээг мэдэрч эрчим хүчний зах зээлд зайлшгүй шаардлагатай байгаа сэргээгдэх эрчим хүчний асуудлыг зарим нэгэн аргаар шийдвэрлэж чадсан юм.

II. КИНЕТИК ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ОНЦЛОГ

Кинетик эрчим хүч байгаль орчинд ээлтэй байгаад зогсохгүй эдийн засгийн асар их хэмнэлттэй. Кинетик эрчим хүчний системийг урт удаан хугацаанд ашиглахад уламжлалт эрчим

хүчний үйлдвэрлэлээс олон дахин бага ашиглалтын зардалтай байна.

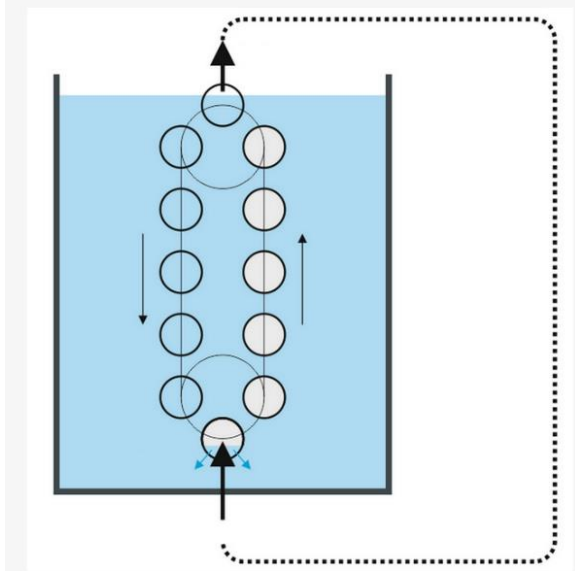
Кинетик цахилгаан станц нь технологийн олон төрлийн давуу талуудтай. Кинетик цахилгаан станц (КЦС) нь хүлэмжийн хийнүүдийг ялгаруулдаггүй ба ямар нэгэн түлш хэрэглэх шаардлагагүй юм. Шаардлагатай тохиолдолд жилд нэг удаа мэргэжлийн ажилтан механик эд ангиудыг шалгаж ажиллах боломжгүй эд ангийг дахин солино. Мөн эрчим хүчийг жилийн турш тасралтгүй 365 өдөр, 24 цагийн турш үйлдвэрлэх хүчин чадалтай [2].

Агаарын усанд хөвөх чадвар, хөдөлгөөний кинетик энергийг ашиглан кинетик хөдөлгүүрийг зохион бүтээсэн. Усны доод түвшинд байрлах хөвүүрт агаар шахаж оруулахад хөвүүр усны дээд мандал руу шилжих хөдөлгөөнд орно. Хөвүүрүүд усны дээд болон доод түвшинд байрлах хүрдийг эргэлдүүлэх хөдөлгөөнд оруулах туузанд бэхлэгдсэн тул усны дээд түвшин рүү шилжилт хийхдээ анхдагч хөдөлгөөн үүсгэнэ. Үүний дүнд хүрд эргэлтэнд орж ямар нэгэн механик ажил хийх чадвартай болдог (Зураг 1).

Кинетик хөдөлгүүрийн хамгийн боловсронгуй, ашигтай ажиллах зарчим дээр тулгуурлан кинетик цахилгаан станцыг зохион бүтээсэн байна. Кинетик цахилгаан станц нь усан даралт үүсгэх хоолой, хөвүүр, эргэлтийг дамжуулах хүрд, генератор, өндөр даралтын хийн шахуурга, станцын барилга байгууламж, компьютерын иж бүрэн удирдлага, эрчим хүчийг дамжуулах шугам, хүчний трансформатор, удирдлагын шит зэрэг үндсэн тоноглолоос бүрддэг.

Кинетик станцад ямар ч төрлийн генераторыг ашиглаж болох бөгөөд ихэвчлэн тогтмол гүйдлийн генераторыг инвертортой хослуулан ашигладаг. Мөн 50 Гц, 60 Гц-ийн давтамжийн хувьсах гүйдлийн генераторыг ашиглан 0,4 кВ-ын хэрэглэгчийг шууд холбож болно. Эрчим хүчний системтэй холбогдох, эсвэл генераторын чадал их

тохиолдолд эхний арга тохиромжтой. Хөдөө орон нутгийн бага чадлын 200 кВт хүртэл чадалтай хэрэглэгчийг тэжээх үед дизель цахилгаан станц шиг шууд 50 Гц-ийн давтамжтай хувьсах гүйдлийн генератор ашигладаг. Хувьсах гүйдлийн генератор ашиглах үед инвертор ашиглах шаардлагагүй.



Зураг 1. Кинетик хөдөлгүүрийн ажиллах зарчим (тасархай зураас-агаар шахах зам)

Энэхүү цахилгаан станц нь агаарын усанд хөвөх зарчим дээр тулгуурлан хийгдсэн тул цаг уурын байдлаас үл хамаарч жилийн турш тасралтгүй ногоон эрчим хүч үйлдвэрлэх ба байгаль орчныг бохирдуулагч бусад хий болон хүлэмжийн хийг огт ялгаруулдаггүй.

Хамгийн анхны кинетик цахилгаан станцын техник эдийн засгийн үзүүлэлтийг тодорхойлох ажлыг Улаангом хотод баригдах 5 МВт-ын станцын хувьд гүйцэтгэсэн бөгөөд судалгааны ажлын үр дүнд тулгуурлан КЦС-ыг монгол улсад ашиглах, горимын тооцоо, судалгаа хийх ажлаа зохиогчийн эрх авч баталгаажуулсан.

Ш. УЛААНГОМЫН 5 МВТ-ЫН КИНЕТИК ЦАХИЛГААН СТАНЦЫГ ЭХС-Д ХОЛБОХ ТОНОГЛОЛ СОНГОЛТ

Улаангом 110/35/6 кВ-ын дэд станц 10 МВА чадалтай хоёр трансформатортай бөгөөд энэхүү дэд станц нь тус системийн Өмнөговь, Малчин дэд станцтай холбогдож байгаа үндсэн зангилаа дэд станц юм. Эрчим хүчний дамжуулалт тасалдах нөхцөл байдал үүсгэхгүйн тулд энэхүү дэд станцыг сонгон авсан.

УКЦС-ын цахилгаан дамжуулах шугам, дэд станц нь нь дараах үндсэн тоног төхөөрөмжүүдээс бүрдэнэ. Үүнд:

1. Кабель шугамын суваг
2. Трансформатор

3. Коммутацийн тоноглол бүхий 10 кВ-ын ячейк
4. Өндөр хүчдэлийн таслуур
5. Хяналт, удирдлага, реле хамгаалалтын систем
6. Харуулын болон хяналт хамгаалалтын барилга

Энэ төслийн хүрээнд авч үзэж байгаа КЦС нь жилийн турш байнгын ажиллагаанд байх 10 ширхэг 500 кВт-ын генератор, 4 ширхэг 500 кВт-ын нөөц генератортай. Техникийн шийдэл үнийн саналаас хамааруулан тогтмол болон хувьсах гүйдлийн генератор сонгоно. Үүсгэгч тус бүр тогтмол гүйдлийн генератор, тогтмол хүчдэлийг 0,4 кВ-ын хувьсах хүчдэл болгох инвертортай ба инвертороос гарсан 0,4 кВ-ын хүчдэлийг 10 кВ болгон өсгөх 5000 МВА чадалтай хоёр ширхэг трансформатортай байна. Энэхүү трансформаторын 10 кВ талаас ААБл-3х240 маркийн хөнгөнцагаан жийлтэй 0,2 км урт хос кабель шугамаар Улаангом 110/35/10 дэд станцын 10 кВ-ын шинд холбогдон цахилгаан эрчим хүчийг системд нийлүүлнэ.

Хүчдэлийн түвшин. Увсын КЦС-аас Улаангом 110/35/10 кВ-ын дэд станц хүртэлх шугамын урт 0,2 км, дамжих чадал 5,0 МВт тул хүчдэлийн ойролцоо утга

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{0.2} + \frac{2500}{5}}} = 18.4 \text{ кВ}$$

Энэхүү тооцооны үр дүнд тулгуурлан УКЦС-ыг Улаангом 110/35/10 кВ-ын дэд станц буюу сүлжээнд 10 кВ-ын шугамаар холбох боломжтой нь харагдаж байна.

Улаангом 110/35/10 кВ-ын дэд станцын 10 кВ-ын хүчдэлийн хэсэгт нэмж хоёр ячейк байрлуулан гаргалга хийж түүнд УКЦС-аас ирэх хоёр кабелийг холбон шаардлагатай хэмжүүр, хамгаалалтын тоноглолыг байрлуулна.

Дамжуулагч сонголт. Цахилгаан дамжуулах шугамын дамжуулагчийг дамжуулах хамгийн их чадалаар сонгож дамжуулах хэвийн чадал, хүчдэлийн алдагдлаар нарийвчлан тогтоодог.

Улаангом 110/35/10 кВ-ын дэд станцад УКЦС-ыг холбох шугамын урт 0,2 км, 10 кВ-ын хүчдэлтэй хоёр хэлхээт кабель шугам татна. Станцын найдвартай ажиллах нөхцөлтэй уялдуулан хоёр хэлхээт шугам нэг хэлхээгээр ажиллах үед ч эрчим хүчийг найдвартай дамжуулах шаардлагатай.

Тооцооны үр дүнд 180 мм² болон 240 мм² огтлолтой дамжуулагчийн аль нэгийг сонгох боломжтой боловч УКЦС-ын найдвартай ажиллах нөхцөлийг тооцон үзэж 240 мм²-ын огтлолтой ААБл-3х240 маркийн кабель сонголоо. ААБл-3х240 маркийн дамжуулагчийн зөвшөөрөгдөх гүйдлийн хэмжээ 420 А тул хэвийн байх ба сонголт хийсэн ачааллын хэмжээнээс хоёр дахин ачаалалтайгаар ажиллах ч боломжтой.

Трансформатор сонголт. Хэт ачааллыг тооцоогүй үед 2,77 МВА, аваарын хэт ачааллыг тооцсон үед 3,96 байгаа тул энэхүү үр дүнд тулгуурлан 5 МВА чадалтай SZ9-5000/10/0,4 маркийн хоёр ширхэг трансформатор сонгов.

Их ачааллын үед 2 трансформатор, бага ачаалалтай зуны үед нэг трансформатор ажиллуулна. Хэвийн горимын үед нэг трансформатор их ачааллын горимд 98,75 %-ийн ачаалалтай ажиллана.

Цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэл. Энэхүү кинетик цахилгаан станцын үйл ажиллагаа байгаль цаг уурын нөлөөллөөс огт хамаарахгүй тул жилийн турш тасралтгүй ажиллана. Хяналт удирдлагыг тухайн станцын инженер техникийн ажилчид хийхээс гадна, интернэтээр германы хяналтын инженерүүд давхар хийнэ.

Энэ станц ажиллах хугацаандаа жилд 40 гаруй сая кВт.цаг эрчим хүчийг тогтмол үйлдвэрлэнэ. Энэ нь 2016 оны ББЭХС-ийн нийт хэрэглээний 40 орчим хувьтай тэнцүү байна.

Цаашид Увсын КЦС нь системийн эрчим хүчний хэрэглээг хааж бага ачааллын үед Дөргөний усан санг нэмэгдүүлэн их ачааллын тодорхой хэсгийг хангах боломж бүрдэх болно.

IV. УВСЫН КЦС ХОЛБОГДСОН ҮЕИЙН ББЭХС-ИЙН ХЭТИЙН ТӨЛӨВИЙН ИХ АЧААЛЛЫН ГОРИМЫН СУДАЛГАА

2017-2042 оны хэтийн төлөвийн тооцоог их ачааллын горимоор судалгаанд 6 хувилбараар 5 жилийн интервалтайгаар авч үзэж “Горим 4.0” программаар тооцоог гүйцэтгэсэн [1-6].

Одоогийн байдлаар ББЭХС-д 110 кВ-ын шугамын генерацийн чадлыг зохицуулахын тулд Чадан-Улаангомьын 220 кВ-ын габариттай шугамыг түр хугацаанд 110 кВ-ын хүчдэлтэй ашиглаж байна. Энэ шугамын урт нь 190 км бөгөөд 220 кВ-ын хүчдэлтэй үед шугаман 30 орчим МВАр хуурмаг чадал генерацлагдан үүсдэг. Үүнийг компенсациан тохируулах цахилгаан станц болон хүчдэлийг тохируулагч тоноглол тус системд байхгүй тул хүчдэлийг бууруулан дээрх маягаар 110 кВ-ын хүчдэлтэйгээр түр зуур ажиллуулж байна.

2017-2042 оны хэтийн төлөвийн горимын тооцооны хүчдэлийн үр дүнг хувилбар тус бүрээр нэгтгэн хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Горимын тооцооны үр дүнд

Занги-лаа	Улаан-гом	Өмнө-говь	Баян-Өлгий	Мянгад	Дөргөн УЦС
2022	119,26	116,78	113,47	115,11	116,38
2027	115,82	111,39	107,06	109,15	110,45
2032	115,08	110,46	105,28	108,86	110,17
2037	117,23	111,12	105,16	108,94	110,24
2042	117,01	114,20	108,14	111,58	112,87

2017-2042 оны нэгдсэн тооцооны үр дүнгээс харахад хүчдэлийн хазайлт хамгийн ихдээ 2022 онд +8,415%, 2042 онд хамгийн багадаа -7,93% байгаа нь ажлын шаардлага хангаж байна.

Горимын тооцооны үр дүнгээс харахад 2037 он хүртэлх хугацаанд үндсэн зангилааны хувьд хүчдэлийн түвшин ажлын шаардлага хангаж байгаа боловч 2037 оноос хойш дэд станцуудын ачааллын өсөлтийн улмаас зарим 110 кВ-ын хүчдэл буурах хандлагатай болж, улмаар реактор залгах шаардлага үүсэхгүй ба шугамын генерацийн чадлын тусламжтайгаар дамжуулалт хийгдэж байна. Цаашдаа ачаалал өсөх бөгөөд хэтийн төлөвийн тооцооны үр дүнгээс харахад гол зангилаа хүчдэл эрс буурч байгаа тул Чадан-Улаангомьын 110 кВ-ын шугамыг 220 кВ-ын хүчдэлд шилжүүлэх, бүх реакторыг салгах, Улаангом-Өмнөговийн шугамыг хоёр хэлхээгээр ажиллуулах, бүр цаашлаад тухайн бүс нутагт 40-60 МВт-ын хүчин чадалтай шинэ эх үүсвэр барих шаардлага үүсэж байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Агаарын усанд хөвөх чанарыг ашиглан ажилладаг кинетик цахилгаан станц 100 МВт хүртэл хүчин чадалтай байдаг бөгөөд манай улсад эхний ээлжинд 2-5 МВт чадалтай КЦС-үүдийг хөдөө орон нутаг барьж алслагдсан хэрэглэгчдийг эрчим хүчээр хангах, хотын гэр хороололд барьж угааны түвшинг эрс бууруулах боломжтой юм. 5 МВт-ын кинетик цахилгаан станцад 25x14м хэмжээтэй талбай шаардлагатай тул эрчим хүч шаардлагатай дурын газар барьж ашиглах боломжтой. Бидний сайн мэддэг цэвэр (ногоон) эрчим хүч үйлдвэрлэдэг нар болон салхин цахилгаан станцаас олон давуу талтай, хийц бүтэц энгийн, ашиглалтын зардал багатай, аюулгүй ажиллагааг маш сайн хангах боломжтой тул энэхүү шинэ технологийн станцыг манай улсад өргөнөөр ашиглах нь зүйтэй.
2. ББЭХС-ийн үндсэн хэрэглэгчдийн ачааллын өсөлтийг 2042 он хүртэл тооцсон бөгөөд статик өсөлтийг жилд 2-3 хувийн хэмжээнд авч үзээд тухайн бүс нутгийн томоохон уул уурхайн компани болон АУЭХС-ийн зарим сумдыг эрчим хүчээр хангана гэж үзвэл хамгийн их ачаалал 45,29 МВт байна.
3. Увсын КЦС-ыг ББЭХС-д холбосноор эрчим хүчний найдваржилт улам сайжирч, цаашид уул уурхайн томоохон хэрэглэгчдийг сүлжээнд холбох нөхцөл бүрдэхийн зэрэгцээ Дөргөний УЦС-ын усан сангийн нөөцийг нэмэгдүүлэх давхар ач холбогдолтой юм.
4. Эдийн засгийн тооцооны нэгдсэн үр дүнгээс харахад ЭХ-ийг 150 төгрөгөөр борлуулах хувилбар нь нийт өгөөж -0,1 тэрбум төгрөг, өгөөжийн дотоод норм дискаунтын

коэффициентоос бага байгаа тул эдийн засгийн шаардлагаар хэрэгжүүлэх боломжгүй. 200-300 төгрөгөөр борлуулах хувилбар эдийн засгийн үзүүлэлт бүгд эерэг боловч нийт өгөөж нь хөрөнгө оруулалтын 50 орчим хувьтай тэнцүү, өгөөжийн дотоод норм нь 25,4% байгаа 250 төгрөгөөр борлуулах хувилбар хамгийн оновчтой гэж үзэж байна.

5. Энэ станц CO₂ үүсгэхгүй бөгөөд жилд 43 мянган тонн, 30 жилд 1,2 сая орчим тонн нүүрсхүчлийн хийг үүсгэн байгаль орчныг бохирдуулахгүйгээр эрчим хүч үйлдвэрлэнэ. Үүнийг олон улсын цэвэр хөгжлийн байгууллагаас мөнгөн хэлбэрээр, эсвэл нөхөн төлбөр, урамшуулал маягаар авах боломжтой юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Ш.Гантөмөр “Цахилгаан системийн тогтсон горимын тооцооны математик загвар, аргачлал, алгоритм боловсруулах”, 2005 он.
- [2] Ш.Гантөмөр, Г.Мөнхтуул “Увсын 5 МВт-ын кинетик цахилгаан станц”, -УБ хот. 2017 он. 257 х.
- [3] Ч.Зундуйсүрэн, Ш.Гантөмөр “Эрчим хүчний системийн горимын оновчлол”, 2003 он.
- [4] Ш.Гантөмөр, С.Ганбат “Цахилгаан системийн тусгай асуудал”, 2004 он.
- [5] Ш.Гантөмөр, Л.Эрдэнэбаатар “Тайшир-Есөнбулгийн 110 кВ-ын ЦДАШ ба 2x10 МВА чадалтай дэд станцын ТЭЗҮ” –УБ хот. 2013 он. ШУТИС. ЭША-ын тайлан. -320 х.
- [6] Ш.Гантөмөр, С.Батхуяг нар “Хөвсгөл-Завхан-Говь-Алтайн 110 кВ-ын ЦДАШ-ийн ТЭЗҮ (Могойн голын ТЭЦ)” –УБ хот. 2008 он. ШУТИС. ЭША-ын тайлан. -120 х.
- [7] <http://novam-research.com/rosch-gaia-kinetic-power-plant.php>
- [8] http://peswiki.com/index.php/Directory:Thrust_Kinetic_Generator_by_Rosch_Innovations_AG

МОНГОЛ УЛС ДАХЬ ЦУСНЫ САЛБАР ТӨВҮҮДИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖҮҮДИЙН ХЯНАЛТЫН СИСТЕМ ИЙН СУДАЛГАА

Д.Пүрэвдаш¹, Ц.Энхмэнд²

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар¹
 ЭМЯ-ны Харьяа Цус Сэлбэлт Судлалын Үндэсний Төв²
 dashaa@must.edu.mn¹, enkhmend0701@gmail.com²

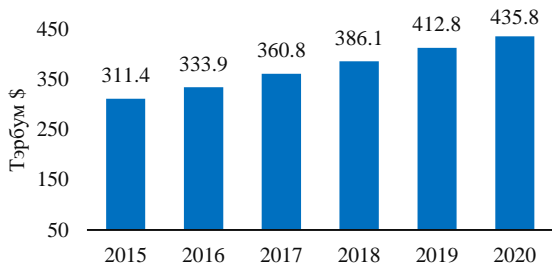
Хураангуй

ЭМЯ-ны харьяа ЦССҮТ-ийн вебд суурилсан “Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын систем”-ийг эрүүл мэндийн салбарт ашиглагдаж буй тоног төхөөрөмжийн тооллого, бүртгэлийн системтэй уялдуулан эрүүл мэндийн салбарын эмнэлгийн болон эмнэлгийн бус тоног төхөөрөмжийн ашиглалт, засвар үйлчилгээ, хяналт, сэлбэг хэрэгслийг тооцоолох, хөрөнгө төсвийг хэмнэх, тоног төхөөрөмжийн эвдрэл, гэмтлээс урьдчилан сэргийлэх, засвар үйлчилгээг нэгдсэн нэг программтай болгох нь чухал ач холбогдолтой. Судалгаанд хамрагдсан 26 ЦСТ-үүдийн 53% нь засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын системийг тоног төхөөрөмжтэй холбоотой асуудал гарсан дарууд хэрэглэж хэвшсэн байна. ЦСТ-үүдийн 25% нь 7 хоногт 2-3 удаа тогтмол ашиглаж байна. Судалгаанд хамрагдсан ЦСТ-үүдийн 93% нь ЗҮУХ-ын системээс гаргасан засварын хүсэлтээ 7 хоногийн дотор бүрэн шийдвэрлүүлж байна.

Түлхүүр үг: Засвар үйлчилгээ, удирдлага, хяналтын систем

I. ОРШИЛ

Анагаах ухаанд гарч буй техник, технологийн хурдтай хөгжилтэй зэрэгцэн эмнэлгийн тоног төхөөрөмж хөгжиж байна. Жишээлбэл, Дэлхийн эм, эмнэлгийн хэрэгслийн зах зээлийн нийт хэмжээ 2015 онд 311.4 тэрбум доллароор үнэлэгдэж байсан бол 2020 онд 435.8 тэрбум доллар [1] болж ойролцоогоор 1.5 дахин өссөн байна (Зураг 1).



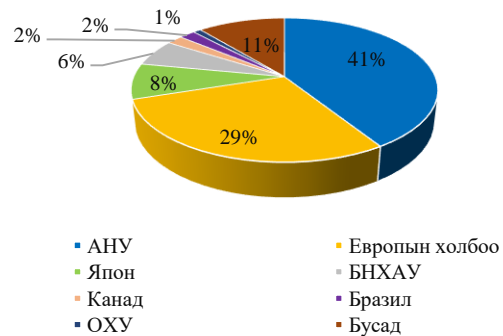
Зураг 1. Дэлхийн эм, эмнэлгийн хэрэгслийн зах зээл, тэрбум доллар

Эм, эмнэлгийн хэрэгслийн зах зээлд АНУ хамгийн том байр суурийг эзэлж байна [2]. Дэлхийн эм, эмнэлгийн хэрэгслийн зах зээлд АНУ болон Европын холбооны орнууд нийт зах зээлийн 71 хувийг эзэлж байна. Харин Япон, БНХАУ, Бразил, Канад зэрэг орнууд 30%-ийг эзэлж буйг зураг 2-д харуулав.

Бага, дунд орлоготой орнуудын эмнэлгүүдэд эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн дутмаг байдал нь эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээ үзүүлэхэд тулгарч буй гол бэрхшээл болж байна.

Эрүүл мэндийн салбарт нэвтэрсэн нэг шинэчлэл нь теле анагаах ухаан ба эмч нар өвчтөнөө алсаас үзэж, оношийг нь шууд тавьж байна [3]. Манай улсын цусны салбар нь бүх

байгууллагыг хамруулсан цахим сүлжээ байгуулсан бөгөөд эмнэлгүүдийн тоног төхөөрөмжийн хэвийн ажиллагааг Цус сэлбэлт судлалын үндэсний төв (ЦССҮТ)-өөс хянах системтэй [4].



Зураг 2. Тухайн улсын эм, эмнэлгийн хэрэгслийн зах зээлд эзлэх хувь

Монгол улсын цус сэлбэлт судлалын салбарт 2014-2019 онд хэрэгжсэн АХБ-ны дэмжлэгтэй хэрэгжсэн Эрүүл мэндийн салбарын хөгжил хөтөлбөр-5 (ЭМСХХ-5) төслийн хүрээнд ЭМЯ-ны харьяа ЦССҮТ, 21 аймгийн нэгдсэн эмнэлэгт байрлах Цусны салбар төвүүд (ЦСТ), хүн ам олноор суурьшсан Өвөрхангай аймгийн Хархорин, Завхан аймгийн Тосонцэнгэл, Сэлэнгэ аймгийн Мандал сумын Нэгдсэн эмнэлэг, нийслэлийн Багануур, Налайх дүүргийн ЦСТ-ийн барилгыг засварлаж, орчин үеийн өндөр хүчин чадал бүхий 145 төрлийн 850 эмнэлгийн ба эмнэлгийн бус тоног төхөөрөмжөөр хангасан байна [5]. Эдгээр тоног төхөөрөмжийг цус цуглуулах, шинжлэх, үйлдвэрлэх, хадгалах, тээвэрлэх явцад ашиглахаас гадна тоног төхөөрөмжийн засвар

үйлчилгээ, ашиглалтыг хянах зорилгоор “Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын (ЗҮУХ) систем” ийг нэвтрүүлсэн. Программ хөгжүүлэлтийг “IT Zone” ХХК хариуцан гүйцэтгэсэн. Энэхүү системээр дамжуулан ЦССҮТ нь улсын хэмжээнд ЦСТ-үүдийн эмнэлгийн болон эмнэлгийн бус тоног төхөөрөмжийн ашиглалт, засварыг хариуцан ажиллаж байна [6].

Цус сэлбэлт судлалын салбарын мэдээлэл, удирдлагын систем нь үндсэн 5 хэсгээс бүрдэнэ [7]. Үүнд:

1. Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын систем (Maintenance and management system);
2. Хүйтэн хэлхээний температур хяналтын систем (Cold-chain temperature control system);
3. Чанарын удирдлагын систем (Quality management system);
4. Тайлан, мэдээллийн систем (Report and information system);
5. Цус сэлбэлт судлалын салбарын үйл ажиллагааны цахим программ (Blood service workflow software BSW).

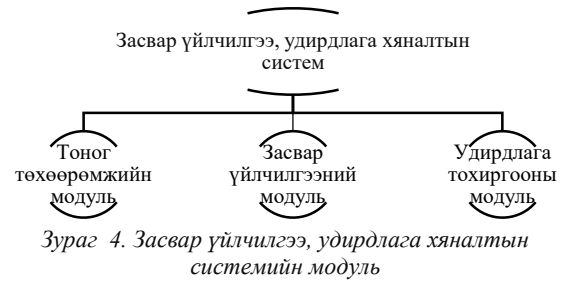
ЗҮУХ-ын систем нь ЭМЯ-ны харьяа ЦССҮТ болон 21 аймагт байрлах ЦСТ-үүдийн тоног төхөөрөмж, тавилга хэрэгслийн нэгдсэн бүртгэлийг хийж, бар коджуулах, тэдгээрийн засвар үйлчилгээний бүх шат дамжлагын мэдээллийг хөтлөх, хянах боломжтой веб технологид суурилсан систем юм [8-13].



Зураг 3. Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын системийн нүүр хуудас

Зураг 3 дахь 1-Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын систем (ЗҮУХС) нь тухайн байгууллагын тоног төхөөрөмж болон тавилга хэрэгслийн бүртгэл түүний засвар үйлчилгээний бүртгэлийг хийх боломжтой юм. 2-Хүйтэн хэлхээний хяналтын систем нь цус хадгалах хөргөгчийн хэвийн температурыг хянаж хэвийн бус температурт байвал анхааруулж мэдэгдэх боломжтой юм.

ЗҮУХС-ийг ЦССҮТ 2017 оноос, ЦСТ 2018 оноос үйл ажиллагаандаа нэвтрүүлэн ажиллаж байгаа бөгөөд систем нь дараах үндсэн 3 модулиас бүрдэнэ [14].



Зураг 4. Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын системийн модуль

Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын систем нь тоног төхөөрөмж, засвар үйлчилгээ, удирдлага тохиргооны зэрэг гурван модультай байх (Зураг 4) ба дараах давуу талуудтай:

- *Баркод* автоматаар үүснэ. Тоног төхөөрөмж болон тавилга хэрэгслийн бүртгэлийг хийхэд системээс баркодыг тогтсон форматын дагуу автоматаар үүсгэж, баркодыг хэвлэх боломжтой.
- *Динамик эрх, үүргийн тохиргоо*: Хэрэглэгчийн хандах эрхийг нарийвчлан тохируулах боломжтой.
- *Excel файл руу мэдээллийг гарган авах боломж*: Системээс тоног төхөөрөмж, тавилга хэрэгсэл, засварын жагсаалт мэдээллийг Excel файл руу гаргаж авах боломжтой бөгөөд ингэхдээ шаардлагатай талбаруудаа сонгож Excel файл руу гаргаж болдог.
- *Дэлгэрэнгүй хайлт*: Бүртгэлүүд нь дэлгэрэнгүй хайлтын хэсэгтэй бөгөөд хайлтын тусламжтай шаардлагатай мэдээллээ хурдан шуурхай олж авах боломжтой.
- *Notification*: Засварын хүсэлт, засварын ажил тэдгээрийн хариу мэдээллийг холбогдох ажилтанд нь Notification байдлаар давхар мэдэгддэг.

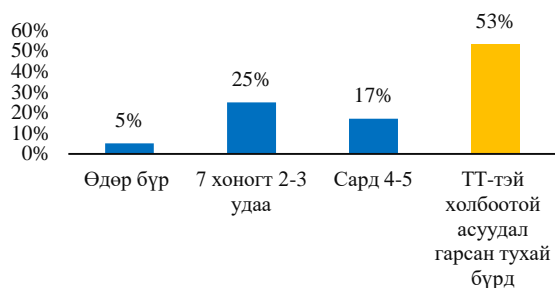
II. ЦУСНЫ САЛБАР ТӨВҮҮДИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ХЯНАЛТЫН СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА

Цусны салбар төвүүдийн тоног төхөөрөмжийг хянах судалгааг 3 үе шаттай боловсруулсан. Үүнд:

1. Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн ашиглалтыг тодорхойлох

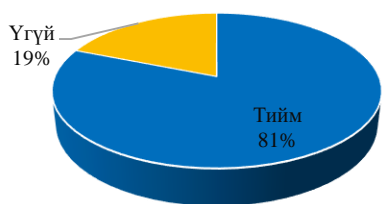
1.1. ЗҮУХС-ийг ашиглах давтамж:

Судалгаанд хамрагдсан 26 ЦСТ-үүдийн 53% нь засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын системийг тоног төхөөрөмжтэй холбоотой асуудал гарсан даруйд хэрэглэж хэвшсэн байна. Мөн ЦСТ-үүдийн 25% нь 7 хоногт 2-3 удаа, харин 17% нь сард 4-5, 5% нь өдөр бүр ашиглаж байгааг зураг 5-д үзүүлэв.



Зураг 5. ТТ-ийн ашиглалтын давтамж

1.2. ЗҮҮХ-ын системээр дамжуулан үйл ажиллагаанд шинээр нэвтрүүлсэн эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн чиглэлээр тоног төхөөрөмжийн аюулгүй ажиллагаа, мэргэжил аргазүйн зааварчилгааг авсан байдал



Зураг 6. ТТ-ийн зөвлөгөө, мэдээлэл авдаг байдал

Судалгаанд хамрагдсан ЦСТ-үүдийн 81% нь ЗҮҮХС-ээр дамжуулан үйл ажиллагаанд шинээр нэвтрүүлсэн эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн чиглэлээр тоног төхөөрөмжийн аюулгүй ажиллагаа, мэргэжил аргазүйн зааварчилгааг ЦССҮТ-өөс тогтмол авч байгааг зураг 6-д үзүүлэв.

1.3. Тоног төхөөрөмж (ТТ)-ийн ашиглалтын явцад гарч буй хүндрэлүүд:



Зураг 7. ТТ-ийн ашиглалтын явцад гарч буй хүндрэл

Тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын явцад гарч буй хүндрэлүүдэд тоног төхөөрөмжтэй ажиллах эмч,

мэргэжилтнүүдийн мэдлэг дутмаг байдал (59%), ЦСТ-ийн цахилгааны нөөц үүсгэвэргүй (21%), тоног төхөөрөмжүүдэд зориулсан ашиглалтын зардлыг хангалттай тусгаагүй (12%) зэрэг нь ихэнх хувийг эзэлж байгаа нь зураг 7-гоос харагдаж байна.

Судалгаанд хамрагдсан 26 ЦСТ-ийн статик үр дүнд анализ хийхэд явуулын цус цуглуулах үеийн тээвэрлэлтийн алдаа (25%), ЦСТ-ийн өрөө тасалгаанууд нь хамгаалалтын газардуулгад холбогдоогүй (17%), цахилгааны нөөц үүсгүүр байхгүй (16%), цахилгааны хэлбэлзэл (16%) зэрэг шалтгаанууд ихэнх хувийг эзэлж байгааг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

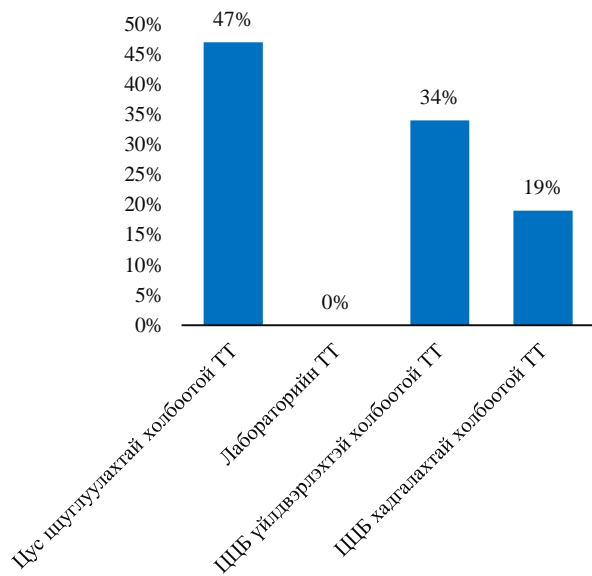
Хүснэгт 1. Үр дүнгийн статистик

№	Давтамж	Арифметик дундаж
1	Ашиглалтын дараах цэвэрлэгээ, үйлчилгээ дутмаг	8% (26/2)
2	ТТ-ийн буруу ашиглалт	11% (26/3)
3	Ажилтны алдаа	11% (26/3)
4	Цахилгааны хэлбэлзэл	12% (26/3)
5	Цахилгааны нөөц үүсгүүр байхгүй	16% (26/5)
6	ЦСТ-ийн өрөө тасалгаанууд нь хамгаалалтын газардуулгад холбогдоогүй	17% (26/5)
7	Явуулын цус цуглуулах үеийн тээвэрлэлтийн алдаа	25% (26/6)

ЦСТ-үүдэд эмнэлгийн тоног төхөөрөмжтэй ажиллах эмч, мэргэжилтнүүдийн мэдлэг дутмаг байгаа нь тоног төхөөрөмжийн ашиглалтад сөргөөр нөлөөлж байна. Албан томилолт хийх боломж хязгаарлагдмал, цаг хугацаа зэрэг хүчин зүйлсээс шалтгаалан ЦСТ-үүдэд ажлын байран дээр мэргэжил арга зүйн зөвлөгөө, мэдээлэл авах боломж хязгаарлагдмал байна.

2. Тоног төхөөрөмжийн эвдрэл, гэмтлийн шалтгааныг тодорхойлох

2.1 Аль тасгийн тоног төхөөрөмжүүд эвдрэл, гэмтэлд их өртөж байна вэ?



Зураг 8. Тасгийн тоног төхөөрөмжийн эвдрэл, гэмтэл

Лабораторийн ТТ-тэй холбоотой эвдрэл, гэмтэл 0% байгаа нь ЦСТ-үүд лабораторийн тусламж үйлчилгээг тухайн харьяа нэгдсэн эмнэлгийн лабораторийн тасгаас авч байгаатай холбоотой. Өөрөөр хэлбэл ЦСТ-д байрласан лабораторийн тасаг байдаггүй. Явуулын цус цуглуулах үеийн тээвэрлэлтийн алдаанаас тоног төхөөрөмжүүд эвдрэл, гэмтэлд их өртөж байгааг зураг 8-д харуулав.

2.2 Тоног төхөөрөмжийн эвдрэл, гэмтлийн шалтгаан:

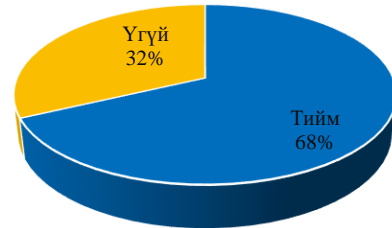


Зураг 9. ТТ-ийн эвдрэл, гэмтлийн шалтгаан

ЦСТ-үүдийн тоног төхөөрөмжийн эвдрэл гэмтлийн гол шалтгаан нь тээвэрлэлтийн алдаа (25%), өрөө, тасалгаануудыг хамгаалалтын газардуулгад холбоогүй (17%), цахилгаан хангамжаас шалтгаалсан алдаанууд ихэнх хувийг эзэлж байгааг зураг 9-өөс харж болохоор байна.

3. Тоног төхөөрөмжийн засвар, үйлчилгээний асуудал

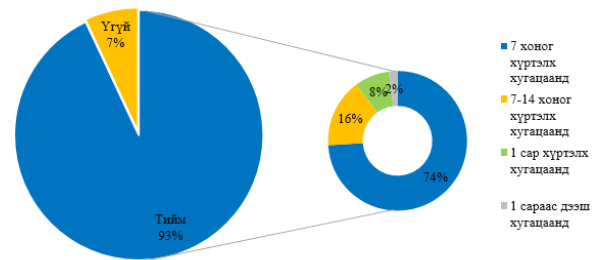
3.1 Тоног төхөөрөмжийн засвар үйлчилгээний төлөвлөгөөтэй ажилладаг эсэх?



Зураг 10. ТТ-ийн засвар үйлчилгээний төлөвлөгөө

Судалгаанд хамрагдсан ЦСТ-үүдийн 68% нь тоног төхөөрөмжийн төлөвлөгөө гарган ажилладаг бол 32% нь тоног төхөөрөмжийн засвар үйлчилгээний төлөвлөгөөгүй ажиллаж байгааг зураг 10-аас харж болно. ЦСТ-үүд тоног төхөөрөмжийн засвар үйлчилгээний төлөвлөгөө гарган ажиллахгүй байгаа нь тоног төхөөрөмжийн ашиглалтад сөргөөр нөлөөлж байна. ЦСТ-үүд тоног төхөөрөмжийн төлөвлөгөө гарган, хэрэгжилтийг тайлагнаж сурах нь тоног төхөөрөмжийн ашиглалтад эргээр нөлөөлөхөөс гадна тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын хугацааг уртасгах нэг үндсэн хүчин зүйл болно.

3.2 ЗҮҮХ-ын системээр дамжуулан ТТ-ийн засвар, үйлчилгээг бүрэн хийлгэж чаддаг уу?



Зураг 11. ЗҮҮХ-ээр илгээсэн засварын хүсэлтийг шийдвэрлэсэн байдал

Судалгаанд хамрагдсан ЦСТ-үүдийн 93% нь ЗҮҮХ-ын системээр засварын хүсэлтээ бүрэн шийдвэрлүүлж байна. Үүнээс 74% нь засварын хүсэлтээ 7 хоногийн дотор бүрэн шийдвэрлүүлж байгааг зураг 11-д үзүүлсэн болно.

Цусны салбар төвүүд “Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын систем”-ийг 2018 оноос үйл ажиллагаандаа нэвтрүүлэн ашиглаж байна. ЦССҮТ болон ЦСТ-үүд нь “Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын систем”-ийг ашигласнаар эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн эрсдэлийн менежментийг үр өгөөжтэй удирдах боломжтой болсон. Цаашид энэхүү системийг эрүүл мэндийн салбарт ашиглагдаж буй тоног төхөөрөмжийн тооллого, бүртгэлийн системтэй уялдуулан

холбож эрүүл мэндийн салбарын эмнэлгийн болон эмнэлгийн бус тоног төхөөрөмжийн ашиглалт, засвар үйлчилгээ, хяналт, сэлбэг хэрэгслийг тооцоолох, хөрөнгө төсвийг хэмнэх, тоног төхөөрөмжийн эвдрэл, гэмтлээс урьдчилан сэргийлэх, засвар үйлчилгээг нэгдсэн нэг програмтай болгох нь чухал ач холбогдолтой.

ДҮГНЭЛТ

1. Судалгаанд хамрагдсан 26 ЦСТ-үүдийн 53% нь засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын системийг тоног төхөөрөмжтэй холбоотой асуудал гарсан даруйд хэрэглэж хэвшсэн байна. Мөн ЦСТ-үүдийн 25% нь 7 хоногт 2-3 удаа тогтмол ашиглаж байна.
2. ЦСТ-үүдийн 68% нь тоног төхөөрөмжийн төлөвлөгөө гарган ажилладаг бол 32% нь тоног төхөөрөмжийн засвар үйлчилгээний төлөвлөгөөгүй ажиллаж байна.
3. ЦСТ-үүдийн 93% нь ЗҮУХ-ын системээр гаргасан засварын хүсэлтийн 74% нь 7 хоногийн дотор бүрэн шийдвэрлүүлж байна. Цаашид ЦСТ-үүдийн тоног төхөөрөмжүүдийн хэвийн ажиллагааг дээшлүүлэхийн тулд тоног төхөөрөмжүүдэд үзлэг хийх төлөвлөгөө гарган ажиллах, эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн үзлэг, үйлчилгээг сар бүр хийх, техник ашиглалтын паспортыг тогтмол хөтлөн явуулах, засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын системд тоног төхөөрөмж, багаж хэрэгслийг ангиллын дагуу бүртгэх, тоног төхөөрөмжийн шалгалт тохируулгыг жил бүр хийлгэх, тоног төхөөрөмжийг хамгаалалтын газардуулгад холбох, ЦСТ-ийн цахилгаан хангамжийг сайжруулах зэрэг зүйлсийг хийх шаардлагатай байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Blood bank equipment–New Meditech, www.newmeditech.com
- [2] Domfang, W., La Raja, M., Bellato, F., & Musi, R. (2014, September). Modeling medical equipment standards for blood banking at different levels of health care system in countries with limited resources: the case of cameroon. In *Appropriate Healthcare Technologies for Low Resource Settings (AHT 2014)* (pp. 1-10). IET.
- [3] WHO. Manual on the management, maintenance and use of blood cold chain equipment.
- [4] Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын систем
- [5] www.mohs.mn
- [6] ЦССҮТ-ийн 2020 оны үндсэн үйл ажиллагааны тайлан
- [7] Цусны албаны статистик үзүүлэлт, 2016-2020
- [8] Засвар үйлчилгээ, удирдлага хяналтын системийн гарын авлага

- [9] Эрүүл мэндийн сайдын 2015 оны А/249 дугаар тушаал “Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжид шалгалт тохируулга хийх журам”
- [10] ЦССҮТ-ийн захирлын 2017 оны “Эмнэлгийн болон эмнэлгийн бус тоног төхөөрөмжийн бүртгэл, үзлэг, засвар, үйлчилгээ хийх журам”
- [11] ЦССҮТ-ийн захирлын 2017 оны “Хэмжүүр, хэмжих хянах хэрэгслүүдийг баталгаажуулах түүний ашиглалтад хяналт тавих”
- [12] Эрүүл мэндийн сайдын 2017 оны А/493 дугаар тушаал “Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн мэдээллийн санг бүрдүүлэх, ашиглах журам батлах тухай”
- [13] Эрүүл мэндийн сайдын 2017 оны А/361 дугаар тушаал “Цус сэлбэлт судлалын үндэсний төв болон Цусны салбар төвүүдийн эмнэлгийн болон эмнэлгийн бус тоног төхөөрөмжийн засвар үйлчилгээг зохицуулан ажиллах журам”
- [14] ЦССҮТ-ийн хөгжлийн стратеги 2012-2017

РЕНТГЕН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖҮҮДИЙН ПАРАМЕТРИЙН СУДАЛГАА

Д.Пүрэвдаш, Н.Буянбадрах, О.Ялалт

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар
dashaa@must.edu.mn, buyanaa@medbuyan.mn, o.yalalt@must.edu.mn

Хураангуй

Рентген оношилгоо үнэн зөв гарах нь параметруудийн өөрчлөлтөөс шууд хамааралтай. Рентген тоног төхөөрөмжийн хүчдэл (кВ), хугацаа (мсек), тун (мкГр) зэрэг параметруудийн хоорондын хамаарлыг авч үзэхэд түүрийн коэффициент сул хамааралтай байна. Рентген тоног төхөөрөмжийн хүчдэл, тунгийн параметрийн өөрчлөлт нь ашиглалтын хугацаа ихсэх тусам тоног төхөөрөмжүүдэд эвдрэл гэмтэл гарах, зургийн чанарт нөлөөлөх, үйлчлүүлэгч, ажилтан эмч мэргэжилтэн өндөр тунд өртөх зэрэг сөрөг талууд нэмэгдэж хугацааны параметр нь оношлогооны чанарт төдийлөн нөлөөлөл багатай байна. Рентген тоног төхөөрөмжийн хугацааны параметр нь ашиглалтын жил, хүчдлийн болон тунгийн утгуудад сул хамааралтай байна. Ашиглалтын хугацаа, хүчдэл болон тунгийн параметр нь хугацааны хамаарал бага, оношлогооны чанарын нөлөөлөл нь бага цаашид ашиглах боломжтой байна.

Түлхүүр үг: Дүрс оношилгоо, туяаны гаралт, тун, хүчдэлийн нарийвчлал

I. ОРШИЛ

Манай улс рентген оношилгооны тоног төхөөрөмжийн ажиллагаанд чанарын хяналт хэмжилт хийхдээ MNS5391:2010 стандарт, Эрүүл мэндийн сайдын 2018 оны А/345-р тушаал, Арга аргачлал батлах тухай журмыг үндэслэл болгодог. Тус стандарт, журамд бүх төрлийн рентген туяа үүсгүүртэй тоног төхөөрөмжүүд хамаарна. Рентген туяа хэмжигчээр рентген төхөөрөмжийн рентген туяа болон детекторын тунг шууд хэмжилтийн аргаар хэмжиж, стандарт утгатай харьцуулж тогтоодог. Рентген тоног төхөөрөмж нь хүчдэл (кВ), хугацаа (мсек), тун (мкГр) гэсэн үндсэн параметрийн хэмжилтийг тогтмол хийх нь үнэн зөв оношлох, тоног төхөөрөмжийн найдвартай үйл ажиллагааг хангах үндэс болдог [1].

Улаанбаатар хотын II, III шатлалын эмнэлгүүд дэх рентген тоног төхөөрөмжүүдийн параметрийн хэмжилт судалгаанд 10 эмнэлэг хамрагдав. Рентген тоног төхөөрөмжийн хүчдэл (кВ) нь нэгж хугацаанд рентген хоолойд өгч буй цахилгаан чадал, нэгж (мсек) хугацаанд өвчтөнд өгч буй рентген цацрагийн хугацаа, тун (мкГр)-г рентген туяаны хэмжээ гэдэг [2].

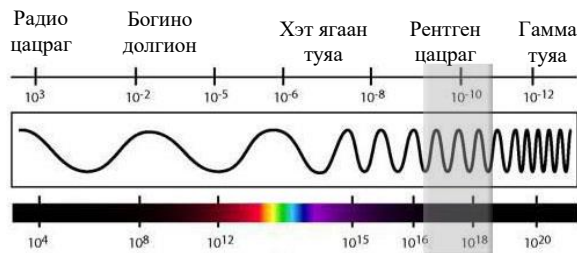
Параметруудийн хэмжилтийг хийхдээ аппарат тус бүрд нэг ижил утгаар 5-н удаа, нийт 50 хэмжилт хийв. Рентген туяаны тунг тооцож хамгийн бага утга 50 кВ, 60 мсек, 500 мкГр-ээр хэмжилтийг гүйцэтгэв. Хэмжилт, туршилтаар дундаж утга, стандарт хазайлт, харьцангуй алдаа, хазайлтын коэффициент зэргийг тооцож, параметр хоорондын хамаарлыг судаллаа.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Германы Вюрцбургийн их сургуулийн Профессор Вильгельм Конрад Рентген 1895 онд өндөр хүчдэлийн катодыг судалж байхдаа, шинэ

төрлийн туяаг нээснээр радиологийн салбарт рентген шинжилгээний арга үүссэн [3].

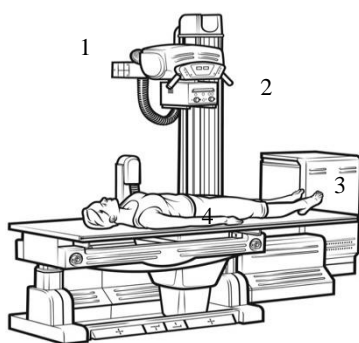
Рентген туяаг эрүүл мэндийн салбарт шүдний рентген, рентген аппарат, компьютер томограф, ангиографи, С-арм зэрэг тоног төхөөрөмжүүдэд ашиглаж байна [4].



Зураг 1. Рентген туяаны долгионы утга

Рентген цацраг гэдэг нь зураг 1-д үзүүлсэнчлэн 0,01-10 нанометрийн урттай, $30 \cdot 10^{15}$ Гц-ээс $30 \cdot 10^{18}$ Гц давтамжтай, 100В-100 кВ энергитэй цахилгаан соронзон цацраг юм [5]. Аливаа биед рентген туяа тусахад бага хэсэг нь биеийн гадаргуугаас ойж, зарим хэсэг нь шингэж, сарниж, үлдэх хэсэг нь нэвтэрч түүнийг бүртгэн авч боловсруулан рентген зургийг үүсгэнэ [6].

Хамгийн өргөн ашиглагддаг рентген суурин төхөөрөмжийг бүтэц зохион байгуулалтыг зураг 2-т харуулав. Рентген тоног төхөөрөмж гэдэг нь рентген туяагаар хүний биеийн цуллаг эрхтэн, ясны хугарал зэрэгт оношлогоо хийх зориулалттай, иж бүрдэл юм [7]. Хэрэглэх хүрээндээ хамаарч зөөврийн, суурин гэж ангилна. Нийтлэг ажиллах зарчим нь рентген тоног төхөөрөмжүүдэд ижил 4 хэсэг бүтэц зохион байгуулалттай байна [8-9].



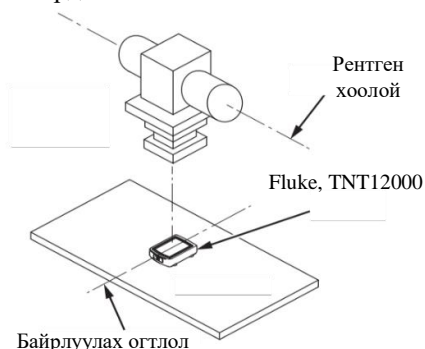
Зураг 2. Рентген аппаратын бүтэц зохион байгуулалт
1-рентген хоолой, 2-удирдлагын хэсэг, 3-өндөр хүчдэлийн генератор, 4-детектор

Тухайн өгөгдсөн туяаг нэгж хугацаанд дүрс бүртгэгчээр бүртгэн, дүрсийн боловсруулалтыг аналогоос тоон хэлбэр рүү хөрвүүлж өвчтөний боломжит оношийг гаргана.

Ш. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Рентген зураг болон рентген оношилгооны чанар нь олон хүчин зүйлээс хамаардаг. Тус судалгаанд зөвхөн рентген аппаратын рентген цацрагийн параметрийн утгыг авч үзсэн. Рентген тоног төхөөрөмж, хэмжүүрийн багажинд дараах утгаар (50 кВ, 60 мсек, 500 мкГр) тус бүрт 5-н удаагийн нийт 50 хэмжилтийг хийсэн. Нийт тоног төхөөрөмжүүдийн ашиглалтын жилийг тооцоход 5-14 жил байв.

Параметрийн өөрчлөлтөөс хамаарч ашиглалтын хугацаанд тоног төхөөрөмжүүдэд эвдрэл гэмтэл гарах, зургийн чанарт нөлөөлөх, тухайн өвчтөн, эмч мэргэжилтэнд тун өндөр өгөх зэрэг сөрөг талуудтай. Цаашид тоног төхөөрөмжүүдэд тогтмол урсгал болон их засваруудыг хийж, жилд 1 удаа параметрийн хэмжилт хийх шаардлагатай. Мөн хэмжилтийн утгуудын хазайлтын коэффициентыг стандарт утгатай харьцуулахад 10-аас дээш жил ашигласан рентген тоног төхөөрөмжүүдийн оношилгооны чанар нь цаашид ашиглах боломжгүй урсгал засвар хийх шаардлагатай байна.



Зураг 3. Хэмжилтийн багажийг ажилд бэлтгэх

Эрүүл мэндийн хөгжлийн төвийн Япон улсад үйлдвэрлэгдсэн Fluke брэндийн TNT 12000 загварын хэмжилтийн багажийг ашиглав.

Зураг 3-д хэмжилтийн багажийг рентген төхөөрөмжид байрлуулсан байдал. Рентген хоолойн эгц доор байрлуулж хэмжилтийг хийсэн. Тус багаж нь үйлдвэрлэгчээс үндсэн тохиргоог баталгаажуулж, рентген тоног төхөөрөмжийн хүчдэл, хугацаа, тун зэрэг параметруудын хэмжилт хийх зориулалттай.

Шалгалт баталгаажуулалт хийх дараалал:

- Хэмжилтийн багажийг зөөврийн компьютертой холбож, үйлдвэрлэгчийн зааврын дагуу байрлуулна.
- Хэмжилтийг эхлэхийн өмнө аппаратын ажиллагааг шалгаж, тоног төхөөрөмжийн ажилд бэлтгэнэ.
- Рентген хоолойтой хэвтээ тэнхлэг дагуу хэмжилтийн багажийг байрлуулна.
- Рентген хоолойн гаралтын утга, хэмжилт хийх аппаратын утгыг ижил өгнө. Тохируулсан утганд 5-аас доошгүй хэмжилтийг хийнэ.
- Хэмжилт хийх явцдаа рентген цацрагаас хамгаалах хормогч өмсөнө.
- Хэмжилт хийх аппаратыг газардуулгатай холбоогүй тохиолдолд хэмжлийн утганд сөрөг нөлөөлөх талтай.

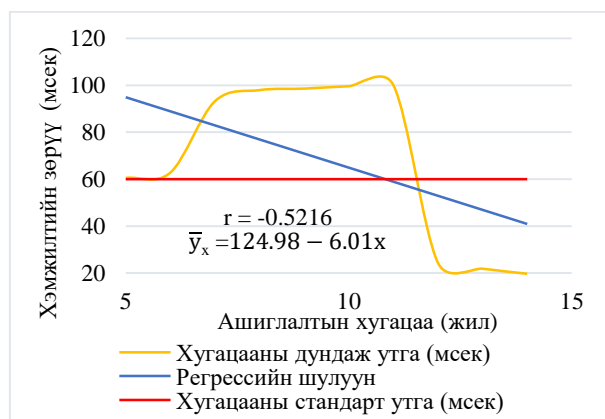
IV. ҮР ДҮН

Хүчдэл ба тунгийн хэмжилт, туршилтын үр дүнгээс үзэхэд хугацаанаас хүчтэй хамааралтай байна.

Параметруудийн хэмжилтийн утгыг ашиглалтын хугацаа нь хүчдэл ба тун нь эерэг хүчтэй хамааралтай байна. Рентген тоног төхөөрөмжийн хүчдэл, тунгийн параметрийн өөрчлөлт нь ашиглалтын хугацаа ихсэх тусам тоног төхөөрөмжүүдэд эвдрэл гэмтэл гарах, зургийн чанарт нөлөөлөх, үйлчлүүлэгч, ажилтан эмч мэргэжилтэн өндөр тунд өртөх зэрэг сөрөг талууд нэмэгдэж оношлогооны чанарт төдийлөн нөлөөлөл багатай байна.

Хүчдэл ба тунгийн хамаарал нь хамгийн хүчтэй байв. Рентген хоолойн хүчдэл ихсэхэд үйлчлүүлэгчид өгөх рентген туяаны тун өсч байна. Хүчдлийн утга ихсэхэд рентген хоолой, цахилгаан чадал ихсч, эвдрэл гэмтэл нэмэгдэх, гаралтын утга өөрчлөгдөх, тус параметрийн зөрүүтэй утгаас хамаарч үйлчлүүлэгчид өгөх тун нэмэгдэж байна.

$$r = \frac{10 \cdot 5954.14 - 95 \cdot 678.94}{\sqrt{10 \cdot 985 - 95^2} \cdot \sqrt{10 \cdot 57046.67 - 678.94^2}} = -0.5216$$



Зураг 4. Шугаман регрессийн шулуун

Зураг 4-д харуулсанаар түүврийн коэффициентын тоон утга $-1 \leq -0.5216 \leq 1$ гарч байгаа нь сөрөг сул хамааралтай байна. Рентген тоног төхөөрөмжийн хугацааны параметр нь ашиглалтын жил, хүчдлийн болон тунгийн утгуудад сул хамааралтай байна. Ашиглалтын хугацаа, хүчдэл болон тунгийн параметр нь хугацааны хамаарал бага, оношлогооны чанарын нөлөөлөл нь бага цаашид ашиглах боломжтой байна.

Ашиглалтын хугацаа ба хүчдэлийн дундаж утгын хамаарал:

Рентген тоног төхөөрөмжийн хүчдэл (кВ) гэдэг нь рентген хоолойд нэгж хугацаанд өгч буй хүчдэлийн хэмжээ юм. Тухайн хүчдэлээс тун ба зургийн чанар нь шууд хамааралтай.

Хүснэгт 3. Хүчдэлийн хэмжилтийн өгөгдлийн корреляци

д/д	x	y	xy	x ²	y ²
1	5	54.56	272.8	25	2976.79
2	6	54.44	326.64	36	2963.71
3	7	55.34	387.38	49	3062.52
4	8	66.42	531.36	64	4411.62
5	9	65.5	589.5	81	4290.25
6	10	67.52	675.2	100	4558.95
7	11	68.46	753.06	121	4686.77
8	12	69.14	829.68	144	4780.34
9	13	71.52	929.76	169	5115.11
10	14	70.42	985.88	196	4958.98
	95	643.32	6281.26	985	41805.04

Нийт судалгаанд ашигласан рентген төхөөрөмжүүдийн гаралтын хүчдэлийн утгыг ашиглалтын хугацааны хамааралд корреляцийн шинжилгээг хүснэгт 3-д үзүүлэв.

Коэффициентуудын утга (b_1) ба (b_0):

$$b_1 = 6281.26 - \frac{95 \cdot 643.32}{\left(985 - \left(\frac{95^2}{10}\right)\right)} \approx 2.06$$

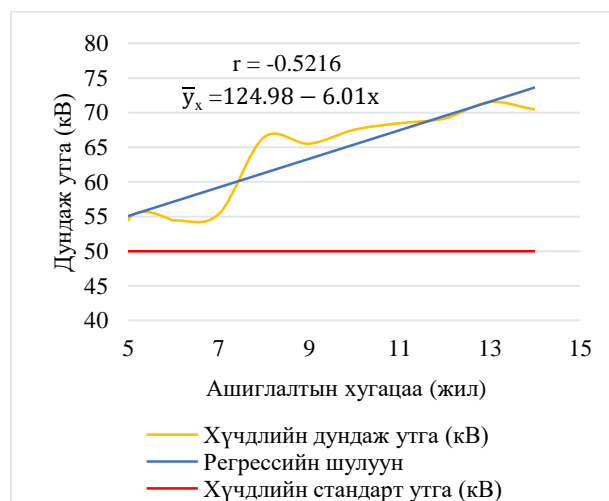
$$b_0 = 64.33 - 2.06 \cdot 9.5 = 44.79$$

Шугаман регрессийн тэгшитгэл нь:

$$\bar{y}_x = 44.79 + 2.06x$$

Корреляцийн коэффициент:

$$r = \frac{10 \cdot 6281.26 - 95 \cdot 643.32}{\sqrt{10 \cdot 985 - 95^2} \cdot \sqrt{10 \cdot 41805.04 - 643.32^2}} = 0.912$$



Зураг 5. Шугаман регрессийн шулуун

Зураг 5-д түүврийн коэффициент $-1 \leq 0.912 \leq 1$ эерэг хүчтэй хамааралтай байна. Ашиглалтын хугацаа нэмэгдэх тусам хүчдлийн дундаж утга шууд хамааралтай болно. Рентген тоног төхөөрөмжийн хүчдлийн дундаж утга өсснөөр рентген хоолой, цахилгаан чадал өсөх, халалт үүсэх, эвдрэл гэмтэл үүсэх, техникийн насжилт багасах зэрэг сөрөг үр дагаваруудтай.

Ашиглалтын хугацаа ба тунгийн дундаж утгын хамаарал:

Хугацаа, хүчдэл, тунгийн хамаарлыг авч үзэв. Тун гэдэг нь нэгж хугацаанд өвчтөнд очиж буй рентген цацрагийн хэмжээ юм.

Хүснэгт 4. Тунгийн хэмжилтийн өгөгдлийн корреляци

д/д	x	y	xy	x ²	y ²
1	5	456.6	2283	25	208483.56
2	6	501.4	3008.4	36	251401.96
3	7	509	3563	49	259081.00
4	8	456.6	3652.8	64	208483.56
5	9	493.8	4444.2	81	243838.44
6	10	643.2	6432	100	413706.24
7	11	656.4	7220.4	121	430860.96
8	12	785.2	9422.4	144	616539.04
9	13	949.4	12342.2	169	901360.36
10	14	1335	18690	196	1782225.00
	95	6786.6	71058.4	985	5315980.12

Судалгаанд ашигласан рентген төхөөрөмжүүдийн гаралтын тунгийн хэмжээг ашиглалтын хугацааны хамааралд корреляцийн шинжилгээг хүснэгт 4-д үзүүлэв.

Коэффициентуудын утга (b_1) ба (b_0):

$$b_1 = 71058.4 - \frac{95 * 6786.6}{\left(985 - \left(\frac{95^2}{10}\right)\right)} \approx 79.83$$

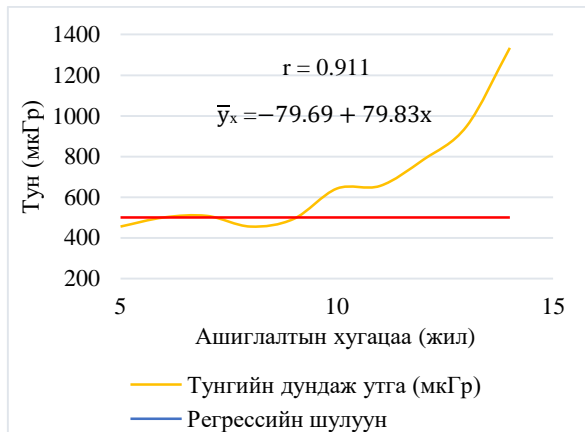
$$b_0 = 678.66 - 79.83 * 9.5 = -79.69$$

Шугаман регрессийн тэгшитгэл нь:

$$\bar{y}_x = -79.69 + 79.83x$$

Корреляцийн коэффициент:

$$r = \frac{10 * 71058.4 - 95 * 6786.6}{\sqrt{10 * 985 - 95^2} * \sqrt{10 * 5315980.12 - 6786.6}} = 0.911$$



Зураг 6. Шугаман регрессийн шулуун

Зураг 6-д түүврийн коэффициент $-1 \leq 0.911 \leq 1$ эерэг хүчтэй хамааралтай байна. Ашиглалтын хугацаатай тунгийн дундаж утга шууд хамааралтай болно. Рентген тоног төхөөрөмжийн тунгийн дундаж утга нь өсснөөр эмч ажилтан, өвчтөнд стандартаар тогтоосон утгаас их тунг өгөх, зургийн чанарт нөлөөлж хэт цайралттай, эсвэл хэт харлалттай зураг гарах зэрэг сөрөг үр дагаваруудтай.

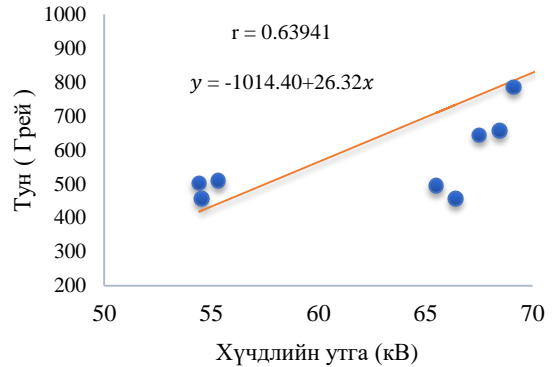
Тун ба хүчдэлийн дундаж утгын хамаарал:

Ашиглалтын хугацааг тун, хүчдэлийн утгатай харьцуулахад эерэг хүчтэй, хугацаа сөрөг бага хамааралтай байв. Иймд тус 3 параметрийг өөр хооронд нь харьцуулахад тун ба хүчдэлийн хамаарал нь эерэг хүчтэй, хугацаа нь бусад параметруудтэйгээ сөрөг сул хамааралтай байна.

Хүснэгт 5. Хүчдэл ба тунгийн корреляци

д/д	x	y	xy	x ²	y ²
1	54.56	456.6	24912.1	2976.794	208483.56
2	54.44	501.4	27296.22	2963.714	251401.96
3	55.34	509	28168.06	3062.516	259081.00
4	66.42	456.6	30327.37	4411.616	208483.56
5	65.5	493.8	32343.9	4290.25	243838.44
6	67.52	643.2	43428.86	4558.95	413706.24
7	68.46	656.4	44937.14	4686.772	430860.96
8	69.14	785.2	54288.73	4780.34	616539.04
9	71.52	949.4	67901.09	5115.11	901360.36
10	70.442	1335	94040.07	4962.075	1782225.00
	643.34	6786.6	447643.5	41808.14	5315980.12

Судалгаанд ашигласан рентген төхөөрөмжүүдийн гаралтын тунгийн хэмжээг гаралтын хүчдэлийн утгын хамааралд корреляцийн шинжилгээг хүснэгт 5-д үзүүлэв.



● Тунгийн дундаж утга (мкГр)

— Регрессийн шулуун

Зураг 7. Шугаман регрессийн шулуун

Коэффициентуудын утга (b₁) ба (b₀):

$$b_1 = 447643.5 - \frac{643.342 * 6786.6}{\left(41808.14 - \left(\frac{643.342^2}{10}\right)\right)} = 26.32$$

$$b_0 = 678.66 - 26.32 * 64.3 = -1014.40$$

Шугаман регрессийн тэгшитгэл нь:

$$\bar{y}_x = -1014.40 + 26.32x$$

Корреляцийн коэффициент:

$$r = \frac{10 * 6786.6 - 643.342 * 6786.6}{\sqrt{10 * 41808.14 - 643.342^2} * \sqrt{10 * 41805.04 - 643.32^2}} = 0.63941$$

Зураг 7-д түүврийн коэффициентын тоон утга $-1 \leq 0.63 \leq 1$ нь эерэг хүчтэй хамааралтай байна. Рентген тоног төхөөрөмжийн хүчдэл, тунгийн утгууд нь шууд хамааралтай, хугацааг бусад параметртэй харьцуулахад сөрөг сул хамааралтай байв.

ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хотын II, III шатлалын эмнэлгүүдийн судалгаанд хамрагдсан рентген тоног төхөөрөмжүүдийн хүчдэл (кВ), хугацаа (мсек), тун (мкГр) параметруудийн хэмжилтийг хийв.

Хүчдэл ба тун нь хүчтэй ($-1 \leq 0.63 \leq 1$) хамааралтай параметрууд байв. Параметруудийн хэмжилтийн утгыг ашиглалтын хугацаа ($-1 \leq 0.911 \leq 1$)-тай хамааруулахад хүчдэл, тунгийн хамаарал эерэг хүчтэй, хугацааны хамаарал нь сөрөг сул хамааралтай байна. Рентген тоног төхөөрөмжийн хүчдэл, тунгийн параметрийн өөрчлөлт нь ашиглалтын хугацаа ихсэх тусам тоног төхөөрөмжүүдэд эвдрэл гэмтэл гарах, зургийн чанарт нөлөөлөх, үйлчлүүлэгч, ажилтан эмч мэргэжилтэн өндөр тунд өртөх зэрэг сөрөг талууд нэмэгдэж хугацааны параметр нь

оношлогооны чанарт төдийлөн нөлөөлөл багатай байна.

Рентген хоолойн хүчдэл ихсэхэд үйлчлүүлэгчид өгөх рентген тун өсч байна. Хүчдлийн утга ихсэхэд рентген хоолой, цахилгаан тэжээлийн генераторын чадал ихсэж, эвдрэл гэмтэл гарах, гаралтын утга өөрчлөгдөх, тус параметрийн зөрүүтэй утгаас хамаарч үйлчлүүлэгчид өгөх тун нэмэгдэж байна.

Хэмжилтийн утгуудын хазайлтын коэффициентыг стандарт утгатай харьцуулахад 10-аас дээш жил ашиглагдсан рентген тоног төхөөрөмжүүдийн оношилгооны чанар нь цаашид ашиглах боломжгүй эх засваруудыг хийх шаардлагатай.

Рентген тоног төхөөрөмжийн насжилтаас хамаарч эвдрэл гэмтэл гарах нь түгээмэл тул урсгал болон их засваруудыг тогтмол жилд 1 удаа, параметруудын хэмжилт хийлгэх шаардлагатай. Ингэснээр тоног төхөөрөмжийн хэвийн найдвартай үйл ажиллагааг тогтмол хангаж, ашиглалтыг хугацааг уртасгах, оношлогооны чанарыг сайжруулах ач холбогдолтой байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Carl A Carlsson and Gudrum Alm Garlsson, Basic physics of X-ray imaging; 1996.
- [2] Harry E. Martz J, Clint M. Logan, Daniel J.Schenberk, Peter J. Shull, X-ray imaging; 2017.
- [3] Mehrdad Gholami, Fataneh Nemati, Vahid Karami, The Evaluation of Conventional X-ray Exposure Parameters Including Tube Voltage and Exposure Time in Private and Governmental Hospitals of Lorestan Province, Iran European society of radiology, The story of radiology; 2016.
- [4] Пүрэвдаш Д, Амаржаргал А, Орчин үеийн рентген тоног төхөөрөмж; 2012.
- [5] Энхжаргал Б, Эмнэлгийн дүрслэл оношилгооны тоног төхөөрөмж; 2012.
- [6] Онхуудай П, Гончигсүрэн Д, Рентгенологи Радиологи; 2002.
- [7] Z Arifin, E Hidayanto, Suhardi, Calculation application of patient's dose on fluoroscopy x-ray machine; 2019.
- [8] Michael Onoriode Akpochafor, Samuel Olaolu Adeneye, Akpolile Franklin Daniel, Evaluation of kilovoltage failure in conventional X-ray machines among selected X-ray Centers in Jos North Local government area of Plateau State, Nigeria; 2017.
- [9] Iham bachtiar, Bualkar Abdullah, Dahlan Tahir, Deviation Value for Conventional X-ray in Hospitals in South Sulawesi Province from 2014 to 2016; 2017

ХҮРЭЭЛЭН БҮЙ ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН БОХИРДОЛ БА ЭРҮҮЛ МЭНДЭД ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨ

М.Баттулга*, Ө.Нарангарав**

*ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар

**ХААИС, Инженер Технологийн Сургууль

battulga@must.edu.mn

Хураангуй

Өсөн нэмэгдэж буй үйлдвэржилт, эдийн засгийн нөхцөл байдал сайжирсны үр дүнд цахилгаан төхөөрөмжүүдийн хэрэглээ өдрөөс өдөрт нэмэгдэж байна. Тиймээс бүх амьд биетүүдэд цахилгаан соронзон бохирдол ихээхэн нөлөөлдөг. Энэхүү судалгаанд хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх хохирлыг бүрэн хүлээн зөвшөөрөөгүй, үл тоомсорлож байсан цахилгаан соронзон орны сөрөг нөлөөллийг асуудал болгож, цахилгаан соронзон бохирдол, ялангуяа барилга байгууламж дахь цахилгаан соронзон бохирдлоос урьдчилан сэргийлэх талаар зарим санал дэвшүүлсэн болно.

Түлхүүр үг: Бохирдол, сөрөг нөлөө, ЦСО, цацраг, эрүүл мэнд

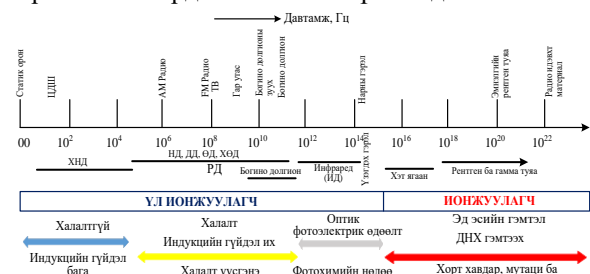
I. ОРШИЛ

Цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ нь үйлдвэржилт, технологийн хөгжлөөс хамааран улам бүр нэмэгдэж байна. Үүний үр дүнд хүрээлэн буй орчин цахилгаан соронзон бохирдолд өртөж байна. Энэ нь үл үзэгдэх бөгөөд түүний үр нөлөө шууд гарч ирдэггүй тул цахилгаан соронзон бохирдлыг бусад орчны бохирдлуудтай харьцуулахад онцгой ач холбогдол өгдөггүй [1]. Бүх цахилгаан төхөөрөмжүүд нь ашиглагдах хүчдэл ба гүйдлийн хэмжээнээс хамааран цахилгаан соронзон орон үүсгэдэг. Гэсэн хэдий ч үүрэн холбооны бааз станцууд болон эрчим хүч дамжуулах шугамууд нь өдөр тутмын амьдралд хэрэглэгддэг төхөөрөмжүүдээс илүү их бохирдол үүсгэдэг. Төлөвлөлтгүй хотжилт, төлөвлөлтгүй дэд бүтцийн үр дүнд өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугам, дэд станцуудын ойролцоо амьдрах, тухайн бүсэд амьдардаг хүмүүс цахилгаан соронзон орны нөлөөнд автдаг. Цахилгаан соронзон бохирдлын биологийн нөлөөг сүүлийн гучин жилийн хугацаанд олон орны эрдэмтэд судалж, цахилгаан соронзон бохирдол, ялангуяа хорт хавдрын тохиолдлуудад үзүүлэх нөлөөний талаарх зарим дүгнэлтүүдийг гаргасан байна. Судалгаанаас тодорхой үр дүн гараагүй ч, олж авсан үр дүнгийн дагуу өндөр хөгжилтэй орнуудын цахилгаан соронзон орны зарим стандартыг тогтоосон байдаг.

II. ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРОН БА ХҮНИЙ ЭРҮҮЛ МЭНДЭД ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨ

Хөдөлгөөнгүй цахилгаан цэнэг нь орон зайг бүрхсэн цахилгаан орон үүсгэдэг. Гэхдээ цэнэг хөдөлж байгаа бол цахилгаан оронтой адил соронзон орон үүсдэг. Цахилгаан ба соронзон орон нь долгионы урт ба давтамж, мөн эдгээр орнуудын энергийн хэмжээ, тухайн орны долгионы урт ба давтамжаас хамааран өөрчлөгдөж байдаг [2].

Цахилгаан соронзон цацрагийг үндсэн хоёр төрөлд ангилдаг: ионжуулагч цацраг ба үл ионжуулагч цацраг. Эдгээр хоёр төрөл нь атомыг ионжуулж, ковалентын холбоог таслах чадвартай эсэхээс хамаарна. Ионжуулагч цацраг нь хэт ягаан, хэт өндөр давтамжтай туяа, жишээлбэл рентген туяа болон гамма туяа юм. Үл ионжуулагч цацраг нь цахилгаан ба биологийн гэсэн хоёр том асуудлыг үүсгэдэг. Цаашилбал, цацрагийн улмаас үүссэн энэхүү цахилгаан гүйдэл нь хүний биед их хэмжээний халалт, огцом өөрчлөлтөд (гэнэтийн реакци) хүргэж болзошгүй юм. Цахилгаан соронзон спектрийг нам давтамж (НД), радио долгион (РД), богино долгион (БД), хэт улаан туяаны долгион (ИД), үзэгдэх гэрэл, хэт ягаан туяа, рентген ба гамма туяа зэрэг хэд хэдэн өөр өөр ангилалд хуваадаг. Энэхүү ялгаатай долгионы давтамжууд нь нэгээс нөгөө давтамжид шилждэг [17]. Зураг 1-д цахилгаан соронзон энерги ба цацрагийн спектрийг харуулав. Бидний мэдэрч буй гэрлийн (богино) долгионоос илүү удаан хэлбэлзэлтэй давтамжууд нь ЦС бохирдолд илүү нөлөө үзүүлдэг боловч рентген ба гамма туяа (үзэгдэх гэрлээс илүү богино хэлбэлзэлдэг) нь маш аюултай байдаг. Гэхдээ эдгээр туяанууд нь бидний ажиллаж, амьдардаг газарт байдаггүй нь сайшаалтай юм. Гэвч цахилгаан соронзон бохирдол нь хаа сайгүй байдаг



Зураг 1. Хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөллийг харуулсан цахилгаан соронзон энерги ба цацрагийн түвшинүүд

Үл ионжуулагч цацраг (ҮИЦ) гэдэг нь нам давтамжтай энерги үүсэхийг хэлдэг бөгөөд

судлаачид, эрдэмтэд хүний эрүүл мэндэд эрсдэлгүй болохыг тогтоожээ. Гэвч сүүлийн үеийн судалгаа, нотлох баримтуудаас харахад зарим ҮИЦ-ын давтамж нь биологийн гэмтлийг түргэсгэх боломжтой гэж үзсэн байна. Үл ионжуулагч цацраг (ҮИЦ)-ийн хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх хор хөнөөлийн талаарх судалгаа нь дараах хоёр төрөлд чиглэгддэг: (1) цахилгаан станцууд, цахилгаан дамжуулах шугамууд болон зарим цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдээс ялгарч буй нам давтамжтай (ELF) буюу эрчим хүчний долгион; (2) утасгүй холбооны технологи, утасгүй болон үүрэн телефон утас, зарим цахилгаан материалаас үйлдвэрлэсэн радио ба богино долгионы давтамж. Цэвэр ус бохирдсон орчноор дамжин бохирдох боломжтой байдагтай адил цахилгаан тэжээлд холбогдсон электрон төхөөрөмжүүд бохирдол үүсгэдэг. Цахилгаан дамжуулах шугамаас барилга байгууламжийн цахилгаан хангамжийн системийг хэвийн 50 Гц-ийн давтамжтай цахилгаан эрчим хүчээр хангах ба энэ нь компьютер, телевизор, төрөл бүрийн цахилгаан хэрэгсэл, тоног төхөөрөмжтэй холбогдсоноор ихээхэн гажилттай өндөр давтамжийн дохио үүсгэх үед бохирдол үүсдэг [18].

Цахилгаан ба соронзон долгионууд хоорондоо перпендикуляр хөдөлж байх үед цахилгаан соронзон орон үүсдэг. Цахилгаан соронзон орон үүсгэхийн тулд хурдасгасан цахилгаан цэнэг шаардагдана. Соронзон орон нь хаана ч үүсдэг бол цахилгаан орон эсрэгээрээ гүйдэлтэй дамжуулагчийн эргэн тойронд үүсдэг. Цахилгаан орныг төрөл бүрийн материалаар хамгаалж эсвэл сулруулж болох боловч соронзон орон нь төрөл бүрийн материалаар дамжин өнгөрч болно. Тиймээс хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх цахилгаан соронзон орны нөлөөллийг соронзон орон дээр тулгуурлан судлах нь зүйтэй юм [3].

Цахилгаан соронзон орон нь амьд организмд эерэг ба сөрөг нөлөөллийг үзүүлдэг. Энэ сэдвээр судалгаа шинжилгээг эрдэмтэд эсийн болон эдийн түвшинд эмнэл зүйн орчинд явуулж байна

Цахилгаан соронзон орны эерэг нөлөө

Хүний биед үзүүлж буй зохиомол соронзон орон ба дэлхийн соронзон орон хоорондын уялдаа холбоо хэд хэдэн шалтгаанаар гажилт үзүүлж болзошгүй юм. Энэ нь амьдарч буй орчны соронзон орны хэмжээнээс шалтгаална. Бүх орнууд нь гурван хувьсагчтай: давтамж, чиглэл, хэмжээ буюу хүч. Эдгээр хувьсах хэмжигдэхүүнүүд хүний биед дасан зохицох үед хүний бие өөрийн энергийг хадгалж байдаг бөгөөд энэхүү соронзон харилцан үйлчлэл нь эсийн мембран дахь бодисын солилцоог хангаж өгдөг [4].

Эрдэмтдийн үзэж байгаагаар хүний биед байгаа соронзон орны дутагдал нь ядаргаа, толгой өвдөх зэрэг эмгэгийг үүсгэдэг. Биеийн гадна талын соронзон долгионыг цахилгаан соронзон долгионоор хангах замаар эрүүл мэндийн зарим

асуудлыг эмчилж болно. Үүнийг “Magnetotherapy эмчилгээ” гэж нэрлэдэг [5]. Эмнэлгийн хэрэглээнээс гадна өндөр давтамжийн цахилгаан соронзон долгионыг хоол хүнс, нэхмэл эдлэл, илүү чухал зүйл болох батлан хамгаалах салбар гэх мэт үйлдвэрлэлийн олон төрлийн хэрэглээнд ашигладаг. Биомангнетик орон харь гаригийн хүчин зүйлүүд болон хүрээлэн буй орчны нөлөөллийг мэдэх нь урьдчилан сэргийлэх, эмчлэхэд чухал ач холбогдолтой юм. Биомангнетик орон сансрын (харь гарагийн) хүчин зүйлүүд болон хүрээлэн буй орчны нөлөөллийн талаарх мэдлэг нь урьдчилан сэргийлэх, эмчлэхэд чухал ач холбогдолтой юм гэж үзэж байна.

Цахилгаан соронзон орны сөрөг нөлөө

Эерэг нөлөөнөөс гадна харилцан адилгүй давтамж, долгионы урттай цахилгаан соронзон орон нь амьд организмд хэд хэдэн сөрөг нөлөө үзүүлдэг. Бүх амьд организмууд үүсэж хөгжих явцдаа цахилгаан, соронзон, цахилгаан соронзон орнуудад дасан зохицож, эдгээр орнуудын тусламжтайгаар тэнцвэртэйгээр амьдарч ирсэн [6]. Гэсэн хэдий ч бусад орны адил эдгээр орны тэнцвэрт байдал алдагдаж, улмаар цахилгаан соронзон бохирдол ялангуяа томоохон хотууд болон дэлхий дээр тархаж эхлэв. (Зураг 2).



Зураг 2. Хороолол дунд байрлах дэд станц

Цахилгаан соронзон орны нөлөөнд автсан амьд биетүүд эдгээр орны энергийг шингээдэг. Тиймээс энэ нь зарим эрхтний цахилгаан гүйдэл өөрчлөгдөж, биеийн температур нэмэгдэхэд хүргэдэг. Цашилбал, цахилгаан соронзон цацраг нь гистобластуудын химийн бүтцийг гэмтээдэг [7]. Цахилгаан соронзон орон нь зарим төрлийн хорт хавдар, мэдрэлийн эмгэг (жишээлбэл (ALS, Альцгеймерийн өвчин) өвчинтэй төстэй шинж тэмдгүүд (толгой эргэх, толгой өвдөх, нойргүйдэх), сэтгэл гутрал, амиа хорлох эмгэг, нөхөн үржихүйн тогтолцооны асуудал, аяндаа үр хөндөлтийг үүсгэдэг болохыг эрдэм шинжилгээний судалгаа харуулж байна [8].

Цахилгаан соронзон бохирдлын нөлөөг олон орны эрдэмтэд судалж, нэг нутаг дэвсгэрт амьдардаг хүүхдүүдийн дунд цахилгаан дамжуулах шугамын ойролцоо амьдардаг хүмүүс бусдаасаа илүү хорт хавдар тусах магадлалтай байдаг нь ажиглагдсан [9].

Судалгааны үр дүнд өндөр хөгжилтэй орнуудын цахилгаан соронзон орны хэд хэдэн стандартыг

боловсруулсан болно. Амьдарч байгаа хүрээлэн буй орчны цахилгаан соронзон орны зөвшөөрөгдсөн хэмжээ, цахилгаан соронзон орны өндөр түвшний ажил мэргэжлийн өртөлт, эрчим хүчний дамжуулах шугам дахь цахилгаан соронзон орны хэмжээ дээр суурилсан үйл ажиллагаа эдгээр стандартаар хязгаарлагддаг.

Ш. БАРИЛГА ДАХЬ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН БОХИРДОЛ

Барилга байгууламж, физик орчинд нөлөөлдөг нэг үзэгдэл бол бохирдол юм. Бохирдлыг экосистем, өөрөөр хэлбэл физик систем, амьд организмд тогтворгүй байдал, эмх замбараагүй байдал, хор хөнөөл, таагүй байдал үүсгэдэг бохирдуулагч бодисын хуримтлалыг хэлнэ [10].

Байгалийн ба зохиомол цахилгаан үүсгүүрээс үүдэн дотоод болон гадаад орчинд үүсэх бохирдол нь байгалийн тэнцвэр, тайван байдал алдагдуулах тохиолдолд үүнийг "Цахилгаан соронзон бохирдол" гэж нэрлэдэг. Цахилгаан соронзон бохирдол үүсгэхийн тулд байгалийн хэвийн түвшнээс хэтэрч, амьд амьтдын эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлдөг [11].

Хүмүүсийн амь нас, эрүүл мэндэд шууд бус дам байдлаар нөлөөлдөг цахилгаан соронзон бохирдлыг дараах байдлаар авч үзэж, хэмжилтийг гүйцэтгэж болно.

- барилгын гадна цахилгаан соронзон бохирдол
- барилга доторх цахилгаан соронзон бохирдол

➤ Гаднах орчин дахь цахилгаан соронзон бохирдол

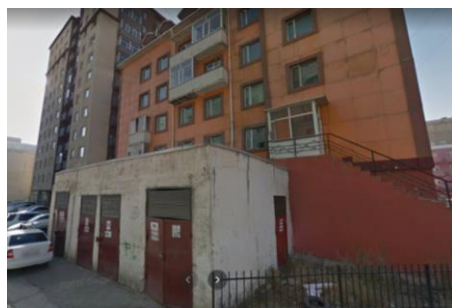
Гаднах цахилгаан соронзон бохирдлыг байгалийн ба зохиомол цахилгаан соронзон бохирдол гэж хоёр бүлэгт хувааж болно. Байгалийн цахилгаан соронзон бохирдол нь агаар мандал, газар доорх зарим давхаргаас үүсдэг. Хувьсах хүчлэг ба давтамжийн цахилгаан орон, статик цахилгаан ба соронзон орон (өөрөөр хэлбэл аянга цахилгаан), агаарт байгаа байгалийн ионуудын төрөл ба нягтыг гадаа цахилгаан соронзон орны жишээ болгон харуулах боломжтой [12].



Зураг 3. Орон сууцны хороолол болон гэр хороолол дунд байрлах өндөр хүчдэлийн шугамууд

Барилгын гадна цахилгаан соронзон бохирдол нь цахилгаан эрчим хүчний системээс үүсдэг. Эдгээр системд цахилгаан үүсгүүр (генератор), өндөр хүчдэлийн шугам, дамжуулах ба хуваарилах байгууламж (Зураг 3), трансформатор, үүрэн холбооны бааз станц, нам хүчдэлийн шугам (220-380 В) орно.

Өндөр хүчдэлийн шугам, дэд станцын орчинд хувьсах соронзон орон үүсдэг. Өндөр хүчдэлийн шугамаас холдох тусам цахилгаан ба соронзон орны хэмжээ буурдаг. Барилгатай залгаа трансформатор байрладаг (Зураг 4) ба үүрэн холбооны бааз станцууд нь дээр байрладаг орон сууцны хүмүүс (Зураг 5) цаг тутамд цахилгаан соронзон орны нөлөөнд автдаг бөгөөд эрдэмтдийн хийсэн судалгаануудаас харахад эрүүл мэндэд нь ноцтой асуудал гардаг нь ажиглагдсан (цахилгаан дэд станцаас 10 м дотор зайд амьдардаг) [13].



Зураг 4. Трансформаторын станцын хажууд болон дээр нь баригдсан орон сууцны барилга

➤ Дотоод орчны цахилгаан соронзон бохирдол

Гэр доторх цахилгаан соронзон бохирдол нь байгалийн ба зохиомол эх үүсвэртэй байдаг бөгөөд байгалийн цахилгаан соронзон бохирдлын эх үүсвэр нь барилгын бүтээгдэхүүн, түүнийг бүрдүүлэгч материал байдаг бол зохиомол эх үүсвэр нь барилгын цахилгаан хангамжийн систем юм [12].



Зураг 5. Үүрэн холбооны бааз станц байрладаг орон сууцны барилга

Барилгын доторх байгалийн цахилгаан ба соронзон орон нь зарим барилгын материалаас үүдэлтэй байдаг. Эдгээр нь өндөр нягтралтай, цахилгаан эсэргүүцэлтэй бензинээс гаралтай хиймэл барилгын бүтээгдэхүүн бөгөөд өөрөөр

хэлбэл синтетик хивс, плита, хуванцар хананы хавтан юм. Барилгын бүтээгдэхүүн дээр эерэг ба сөрөг ионууд хуримтлагдах үед цахилгаан статик цэнэг үүсдэг. Тиймээс агаарт байгаа ионы тэнцвэрийг алдагдуулж, хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлдөг. Дашрамд хэлэхэд, байгалийн хий, ус, халаалтын системийн дамжуулах хоолой, төмөр бетон хэсгүүд, даацын багана, хоолой хэлбэртэй төмөр, хайлшнаас бүрдэх хэсгүүд нь байгалийн цахилгаан соронзон бохирдлыг үүсгэдэг [12].

Барилгын доторх зохиомол цахилгаан соронзон бохирдол нь цахилгаан системээр үйлдвэрлэсэн хувьсах эрчим хүч, соронзон ба цахилгаан соронзон орны нөлөөгөөр үүсдэг. Цахилгаан орны хүчлэг нь ямар нэгэн идэвхгүй буюу ачаалалгүй цахилгаан системийн орчимд тодорхой хэмжээгээр үүсдэг [7]. Хэдийгээр нам давтамжтай соронзон орны эх үүсвэрүүдэд анхаарал хандуулдаггүй ч хана доторх утаснууд нь энэ орныг үүсгэж буй гол хүчин зүйл.

Цахилгаан тоног төхөөрөмж болон цахилгаан хангамжийн системийг зөв төлөвлөж хийгдсэн тохиолдолд үүсэх соронзон орныг бохирдлыг бууруулдаг. Гэсэн хэдий ч эдгээр зарчмуудыг олон барилга байгууламжид анхаарч үздэггүй бөгөөд кабелийн бөөгнөрлийг олон давхар байшингийн босоо багана, шалны доороос харж болно [14].

Цахилгааны угсралтын явцад хүний толгойн түвшинд байрлах цахилгаан кабель нь мэдрэлийн системд сөргөөр нөлөөлдөг. Цахилгааны суурилуулалтад бүх хэлхээгээр дамжин өнгөрөх цахилгаан гүйдэл нь кабелийн шугамд нэмэгдэж, хуваарилах самбар, гал хамгаалагчийн суурь, дамжуулах хоолойн эргэн тойронд ихээхэн соронзон орон үүсдэг [13].

Гэр доторх цахилгаан соронзон бохирдлын хамгийн гол үүсвэр бол цахилгаан төхөөрөмжүүд (үсний сэнс, хөргөгч, богино долгионы зуух, телевизор, компьютер гэх мэт) ба кабелийн салаалсан хэсгүүдээс үүсдэг орнууд юм.

Гаднах цахилгаан системээс үүсэх цахилгаан соронзон бохирдол нь цахилгаан, соронзон дамжуулалт өндөртэй барилгын бүтээцээр дамжин барилга байгууламжид нэвтрэх боломжтой байдаг. Хэрэв байгалийн хий, ус дамжуулах шугам нь цахилгаан системтэй нэг туннелд байвал зохиомол цахилгаан соронзон орон үүсгэж болох бөгөөд барилгын дотор талд нөлөөлж болзошгүй юм. Түүнчлэн халаалтын системийн босоо ба хэвтээ дамжуулах хоолойнууд үндсэн тэжээлийн кабельтай ойрхон байвал цахилгаан соронзон бохирдлыг халаалтын бүхэл бүтэн системд дамжуулж болно [12].

Барилгын дээвэр дээр ашигладаг хавтангийн гадаргуу нь хөнгөн цагаан ялтаснаас бүрдэх ба ойролцоох өндөр ба нам хүчдэлийн шугамаас үүссэн цахилгаан соронзон орон нөлөөлж болно. Хөнгөн цагаан хавтан нь антен байдлаар ажиллах

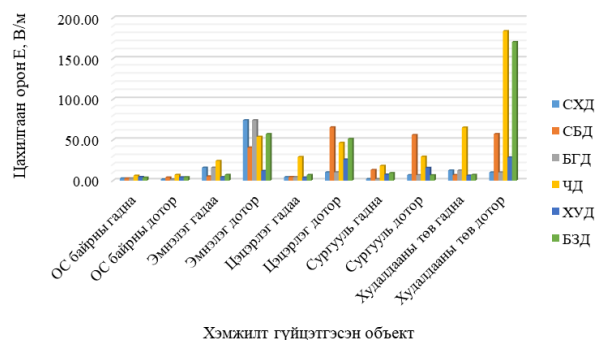
замаар цахилгаан соронзон цацаргалт үзүүлэх боломжтой болно [13].

IV. ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫ ХЭМЖИЛТИЙН ҮР ДҮН

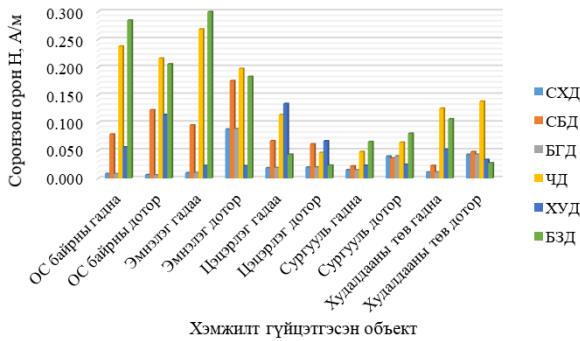
Судалгааны гол зорилго бол Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны төлөв байдлыг авч үзэж энэ нь хүний болон амьд организмын үйл ажиллагаанд хэрхэн нөлөөлж байгаа ба үйлчлэлийн хэмжээ нь зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байгаа эсэх талаар дүгнэлт гаргах юм. Иймд орчны цахилгаан соронзон цацрагийн судалгааг явуулахдаа аль болох олон хүн зорчиж байдаг нийтийн үйлчилгээний газруудыг сонгон авч эдгээр газруудад хэмжилт хийсэн болно. Нийтийн үйлчилгээний гол объектуудад: 10 жилийн болон их дээд сургууль, цэцэрлэг, ясли, эмнэлэг, орон сууцны барилгууд, амралт сувилал, нисэх онгоцны буудал, дэлгүүр, зорчигч тээврийн газар, шатахуун түгээх газар, худалдааны төв, музей, кино театр, банк, худалдааны зах, эрүүл мэндийн төв, явган хүний зорчих гудамж талбай мөн түүнчлэн өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугам болон трансформаторын дэд станцуудын орчныг сонгон авсан юм [15].

Хэмжилтийг тухайн цэгт улирал бүрд гурван удаа гүйцэтгэж тооцоонд хэмжилтийн хамгийн их утгыг авсан болно. Хэмжилтийн үр дүнг зураг 6, зураг 7-д харуулав. Нийтийн үйлчилгээний газруудад цахилгаан соронзон орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утга нь СанПиН 2.2.4.3359-16-д цахилгаан орны хувьд $E_{ЗХУ}=500$ В/м, соронзон орны хүчлэгийн хувьд $H_{ЗХУ}=50$ МА/м байдаг.

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд нийтийн үйлчилгээний газруудад цахилгаан орон (E) ба соронзон орны хүчлэг (H)-ийн утгууд бүгд зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байгаа нь харагдаж байна.

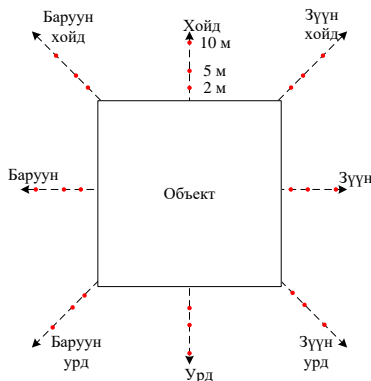


Зураг 6. Цахилгаан орны хэмжилтийн үр дүн



Зураг 7. Соронзон орны хэмжилтийн үр дүн

Нийслэл хотод 110, 35 кВ-ын олон арван км өндөр хүчдэлийн агаарын цахилгаан дамжуулах шугам, 110/35/10 кВ-ын болон 35/6–10 кВ-ын трансформаторын дэд станцууд маш олон байдаг. Эдгээр шугам болон дэд станцуудын орчинд хийсэн хэмжилтийн үр дүнг хүснэгт 1, хүснэгт 2-д, хэмжилт гүйцэтгэсэн цэгүүдийг зураг 8-д харуулав [16].



Зураг 8. Трансформаторуудын дэд станцын орчинд хийсэн цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн цэгүүд

Хүснэгт 1. 110/35/10 кВ-ын дэд станцын орчинд хийсэн хэмжилтийн үр дүн

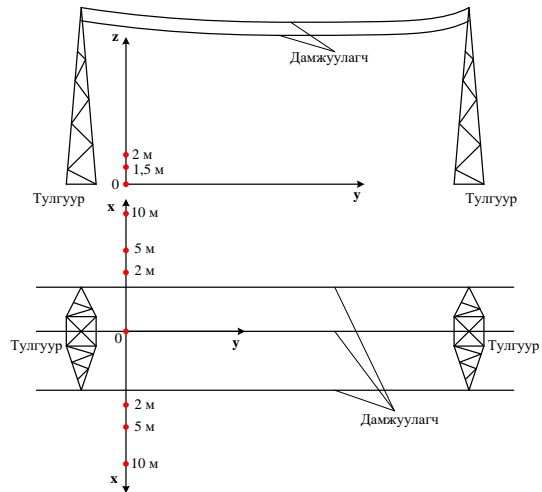
Хэмжилт хийсэн зай, м	Орны хүчлэг	Хэмжих нэгж	Байршил					
			Баруун хойд	Баруун талд	Баруун урд	Зүүн урд	Зүүн талд	Зүүн хойд
2	E	В/м	528	709	1024	113	7	8.4
	H	мА/м	166	420	525	21	13	12
5	E	В/м	583	855	739	119	9.5	12.4
	H	мА/м	141	488	361	27	25	10.3
10	E	В/м	635	417	406	119	14.8	12.2
	H	мА/м	134	175	133	16	9.9	9.7

Хүснэгт 2. 35/10 кВ-ын дэд станцын орчинд хийсэн хэмжилтийн үр дүн

Хэмжилт хийсэн зай, м	Орны хүчлэг	Хэмжих нэгж	Байршил			
			Баруун хойд	Баруун урд	Зүүн хойд	Зүүн урд

2	E	В/м	1.92	4.73	0.93	1.35
	H	мА/м	263	122	15	16
5	E	В/м	2.15	4.5	0.81	1.23
	H	мА/м	174	150	13	11
10	E	В/м	1.33	2.65	0.96	1.0
	H	мА/м	73	24	14	12

110/35/10 кВ-ын дэд станцын орчны цахилгаан болон соронзон орны хүчлэгийн утгууд нь зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утгуудаас нэлээд тохиолдолд их гарсан байна. Гэхдээ чиглэлүүдэд харилцан адилгүй байгаа ба тухайн чиглэлд замд нь барилга байшин байгаа тохиолдолд бага гарсан байна. Цахилгаан дэд станц болон агаарын шугамын орчинд цахилгаан орны зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утга $E_{зху}=500$ В/м, соронзон орны хувьд $H_{зху}=50$ мА/м гэж авсан болно. Харин 35/10 кВ-ын дэд станцын хувьд цахилгаан орны хүчлэг зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утгаас эрс бага, соронзон орны хүчлэг нь их гарч байна.



Зураг 9. ЦДАШ-ын орчинд хийсэн цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн цэгүүд

Хүснэгт 3. 110, 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын орчинд хийсэн хэмжилтийн үр дүн

Хэмжилт хийсэн зай, м	Орны хүчлэг	Хэмжих нэгж	110 кВ		35 кВ	
			Хэмжилт хийсэн өндөр, м		Хэмжилт хийсэн өндөр, м	
			1.5	2	1.5	2
0	E	В/м	2923	5550	1477	939
	H	мА/м	29	135	257	578
2	E	В/м	5023	3677	3200	1487
	H	мА/м	74	45	140	156
5	E	В/м	3285	5383	1230	391
	H	мА/м	101	96	133	665
10	E	В/м	-	-	2943	672
	H	мА/м	-	-	302	91

Дэд станцуудыг гэжээж буй 110 ба 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамд болон троллейбусны агаарын шугамын орчинд хэмжилт хийхдээ шугамын эгц дор болон түүнээс 2, 5, 10 метрийн зайд хэмжилт хийсэн ба хэмжилтийн үр

дүнг, хүснэгт 3, хүснэгт 4-д үзүүлэв. Хэмжилтийг хийхдээ газрын түвшнээс дээш 1.5 болон 2 метрийн өндөрт тус бүр гурав гурван удаа хэмжиж судалгааны үр дүнд дундаж утгыг авсан.

Хүснэгт 4. 110, 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын орчинд хийсэн хэмжилтийн үр дүн

Хэмжилт хийсэн зай, м	Орчны хүчлэг	Хэмжих нэгж	Хэмжилт хийсэн өндөр, м	
			1,5	2
0	Е	В/м	9,13	6,7
	Н	мА/м	24	24
2	Е	В/м	12,6	19
	Н	мА/м	14	12,4
5	Е	В/м	8,55	14,7
	Н	мА/м	25	44
10	Е	В/м	14	35
	Н	мА/м	18	33

Цахилгаан дамжуулах 110 ба 35 кВ-ын агаарын шугамын орчны цахилгаан орны болон соронзон орны хүчлэг нь зөвшөөрөгдөх хязгаарын утгаас их гарсан ба харин троллейбусны 600 В-ын агаарын шугамын орчны цахилгаан болон соронзон орны хүчлэгүүд зөвшөөрөгдөх хязгаарын утгад байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Хүн төрөлхтөн таван мэдрэхүйгээрээ мэдрэх боломжтой бие махбодын аюулаас хамгаалах хамгаалалтыг бий болгож байгаа боловч үл үзэгдэх аюул өдрөөс өдөрт хурдацтай нэмэгдэж буй цахилгаан соронзон орны нөлөөллөөс хамгаалж чадахгүй байна. Цахилгаан соронзон оронд өртөх нь зүрхний шигдээс болох эрсдэлийг нэмэгдүүлж, дархлаа буурч, өвчинд нэрвэгдэх, тархины цус алдалт, хорт хавдрын өвчлөлийг нэмэгдүүлэх төдийгүй эдгээр өвчлөлд өртөгсдийн нас залуужиж байна. Эрдэмтдийн хийсэн судалгаагаар орчин үед ЦСО-ны нөлөөллөөс зайлсхийх боломжгүй гэж үзэж багаа бөгөөд харин эдгээр орны хэмжээ, хүмүүсийн өртөх хугацааг бууруулах боломжтой гэж үзэж байна.
2. Цахилгаан хэмжигдэхүүн ба түүний чанараас хамаарч төрөл бүрийн цахилгаан соронзон бохирдол үүсдэг бөгөөд соронзон бохирдол нь хүний эрүүл мэндэд олон төрлийн асуудал үүсгэдэг. Байгаль орчны талаарх мэдлэг улам чухал болохын хэрээр цахилгаан соронзон бохирдлын нөлөөнөөс өөрийгөө хамгаалах арга зам бас бий болжээ. Энэхүү судалгаа нь барилга байгууламжийн цахилгаан соронзон бохирдол ба хүний эрүүл мэндийн хоорондын хамаарлыг системчилсэн. Цахилгаан соронзон бохирдлоос урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээг гурван бүлэгт хувааж болно. Үүнд: гаднах орчны урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээ, барилгын

бүтээцийн үед урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээ, доторх орчны урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээ.

3. Хот суурин газрын хэмжээнд барилга байгууламжид нөлөөлж буй цахилгаан соронзон бохирдлын түвшнийг бүс нутгийн хэмжээнд тодорхойлох хэмжилтийг хийх, түүний үр дүнд харилцан хамаарлын дүн шинжилгээ хийх замаар тухайн бүс нутгийн цахилгаан соронзон бохирдлын зураглалыг гарган авах хэрэгтэй.
 4. Цахилгаан соронзон бохирдлын зураглалыг үндэслэн сургууль, эмнэлэг, цэцэрлэг гэх мэт байгууламж, суурин газруудыг цахилгаан дамжуулах шугам, бааз станц, дэд станцаас хол зайд байрлуулах хэрэгтэй.
 5. Цахилгаан соронзон бохирдлоос урьдчилан сэргийлэхийн тулд одоо байгаа барилгуудтай зэргэлдээ орших дэд станцуудын газардуулгыг шинэчилж сайжруулах шаардлагатай.
 6. Төлөвлөлтгүй хотжилт нэмэгдэж буй бүс нутагт дамжуулах болон хуваарилах байгууламжид хэтэрхий ойр амьдрах нь ихсэж байна. Тиймээс эрчим хүчний объектуудын барилга байгууламжийн хийцэд хамгаалалтын гадаргуу хийх, хамгаалалтын зурвасыг хатуу мөрдүүлэх шаардлагатай. Ариун цэврийн өрөө, угаалгын өрөө, агуулахын өрөө зэрэг байнга ашигладаггүй өрөөнүүдийг өндөр хүчдэлийн шугамтай талд байршуулахыг эрмэлзэх.
 7. Цахилгаан соронзон бохирдлоос хамгаалж чадах амьд биетүүдийг ашиглах хэрэгтэй, тухайлбал барилга байгууламжийн орчинд ногоон байгууламжийг нэмэгдүүлэх.
 8. Барилга байгууламжийн металл хэсгүүдийг (цонх, хаалга, дээвэр гэх мэт) заавал газардуулах.
 9. Хана ба дүүжин таазны доторх цахилгаан кабелийг төмөр хоолойгоор дамжуулж, түүнийг ерөнхий газардуулгын системтэй холбох шаардлагатай.
 10. Барилгын дотоод засал чимэглэлд нийлэг бус материал, модон эдлэл ашиглан ионы тэнцвэрийг хадгалах боломжтой. Байгалийн гаралтай материалыг төрөл бүрийн химийн бодисууд (полиэстер) ашиглан өнгө, чанарын хувиргах нь ионы тэнцвэрийг алдагдуулдаг тул ашиглахаас аль болох татгалзах.
 11. Зураг төслийг боловсруулах явцад барилгын цахилгаан хангамжийн үндсэн тэжээлийн шугамыг бие биеэсээ зайтай байхаар төлөвлөх бөгөөд цахилгааны дамжуулагчийн суурилуулалтыг толгойн түвшинд ойрхон бус байж, заавал газардуулгатай байх ёстой.
 12. Ашиглаагүй цахилгаан хэрэгслийг тэжээлээс салгаж байх. Ажиллагаатай цахилгаан төхөөрөмжөөс аль болох хол байж, ашиглах хугацааг багасгах.
- Цахилгаан соронзон бохирдлоос урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээ авахгүй бол цахилгаан

соронзон цацрагийн сөрөг нөлөө өдөр ирэх тусам нэмэгдэж, хүн төрөлхтөнд илүү ноцтой эмгэгүүд ажиглагдах болно гэдгийг анхаарах хэрэгтэй.

НОМ ЗҮЙ

- [1] S. Şeker, O. Çerezci, Radyasyon Kuşatması, Boğaziçi University Printing, İstanbul, 2000.
- [2] D. J. Griffiths, Electromagnetic Theory, 2 nd Edition, Turkish Translation: Bekir Karaoğlu, Bilgi Tek Printing, İstanbul, 1996.
- [3] Web Address: <http://consumerlawpage.com>
- [4] E. Önal, Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi, İnönü University, Institute of Science, MA thesis, Malatya, 2005.
- [5] <http://www.chemnmr.colorado.edu/ammr/archives/September-98/0025.html> (S.Chandrasekaran, 1998.)
- [6] A. Akman, Yapılarda Elektriğin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri, YEM Printing, Yapı dergisi, V. 183, P. 100-102, İstanbul, 1997.
- [7] S. Şeker, O. Çerezci, Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etkileri Güvenlik Standartları ve Korunma Yöntemleri, Boğaziçi University Printing, İstanbul, 1991.
- [8] M. Feychting, A. Ahlbam, Magnetic fields and cancer in children residing near Sqedish high-voltage power lines, American Journal of Epidemiology, V. 138, N. 7, P. 467-481, United States, 1997.
- [9] W. F. Horton, S. Goldberg, Power Frequency Magnetic Fields And Public Health, CRC Pres, Florida, USA, 1995.
- [10] A. Öztürk, Yapı İçi Kirliliği ve İnsan Sağlığına Etkisi, Unpublished Doctoral Dissertation, Yıldız University, İstanbul, 1988.
- [11] F. Kur, Wohngrifte Einleitung , Eichborn Verlag, P. 20-38, Frangfurt, 1993.
- [12] A. H. Topar, Yapıda Elektroiklimsel Kirlilik ile İnsan Sağlığı İlişkisi ve Alınabilecek Önlemler, Yıldız Teknik Universtiy, Institute of Sciences, MA Thesis, İstanbul, 1996.
- [13] D. W. Rose, Elektromog – Elktrostress, Kipenheuer+Witchs Verlag, Köln, 1994.
- [14] H. Özaktaş, Günlük Hayatta Karşılaşılan Elektromanyetik Alanlar ve İnsan Sağlığı, Bilişim Toplumuna Giderken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu, Ankara, 1999.
- [15] М.Баттулга, Эрчим хүчний объектууд ба нийтийн үйлчилгээний газруудын орчны цахилгаан соронзон орны судалгаа, Докторын диссертац, 2020. 135 х.
- [16] М.Баттулга, Б.Бат-Эрдэнэ, Д.Содномдорж. “Цахилгаан эрчим хүчний объектуудын цахилгаан соронзон орныг тодорхойлох аргачлал” Эрчим хүч & engineering сэтгүүл. 2019-7(185),
- [17] Ali Zamanian and Cy Hardiman, “Electromagnetic Radiation and Human Health: A Review of Sources and Effects”, Summit Technical Media, July 2005.
- [18] Stephen J. Genuis, “Fielding a current idea: exploring the public health impact of electromagnetic radiation”, The Royal Institute of Public Health. Published by Elsevier Ltd.2007

ӨВЧТӨНИЙ ХЯНАЛТЫН МОНИТОРУУДЫН ПАРАМЕТРУУДИЙН СУДАЛГАА

Д.Пүрэвдаш¹, Ц.Ууганбат², О.Ялалт¹

¹ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар

²Медикал геч старт ХХК

dashaa@must.edu.mn, uuka0830@gmail.com, o.yalalt@must.edu.mn

Хураангуй

Өвчтөний хяналтын мониторийн параметруудийн үнэн бодитой зааж байгаа эсэхэд дүн шинжилгээ хийж нийтлэг гардаг гэмтэлд нөлөөлж буй хүчин зүйлсээс урьдчилан сэргийлэх, ашиглалтын хэвийн найдвартай үйл ажиллагааг хангах асуудлыг авч үзсэн болно. Хэмжилт, туршилтаар параметруудийн хэвийн үйл ажиллагаанд хамгийн түгээмэл хүчин зүйл нь хэрэглэгчээс 75% хамааралтай байна. Зөвлөмжийн дагуу арга хэмжээ авснаар цаашид түгээмэл тохиолдох 6 алдааны хамгийн өндөр 29%-ийг эзэлж байгаа пульсоксиметр, электрод холбогчийн гэмтлүүд 25% хүртэл буурах магадлалтай байна.

Түлхүүр үг: Мэдрэгч, өсгөгч, хувиргагч, захын судасны хүчилтөрөгч, температур, даралт

I. УДИРТГАЛ

Өвчтөний хяналтын монитор нь өвчтөний зүрхний цохилт, амьсгалын тоо, эрчим, диастол болон систолын даралт, биеийн температур, цусан дахь хүчилтөрөгчийн хэмжээ зэрэг амин үзүүлэлтүүдийг хянаж зөвшөөрөгдөх хязгаарт байгаа эсэхийг эмч, сувилагчдад мэдээлэх үндсэн үүрэгтэй [1]. Иймд тухайн аппаратын найдвартай, хэвийн тасалдалгүй ажиллагааг хангах нь нэн тэргүүний асуудал болж байна.

Хэмжилт, туршилтыг АНУ-ын Fluke фирмд үйлдвэрлэж баталгаажуулсан Prosim8 симулятороор сүүлийн 3 жилийн хугацаанд хэмжилт, судалгаа хийсэн болно.

Өвчтөний хяналтын мониторийн ажлын параметруудад нөлөөлөх хүчин зүйлийг хэмжилт, туршилтаар тогтоож хэвийн найдвартай ажиллагааг сайжруулах, улмаар тоног төхөөрөмжүүдийн насжилтыг нэмэгдүүлэхэд эерэг нөлөөтэй [2].

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Өвчтөний хяналтын монитор нь том хүний, хүүхдийн, нярайн гэсэн үндсэн төрлүүдтэй байдаг. Ямар өвчтөнд хэрэглэхээс шалтгаалж сонгох параметруудийн зөвшөөрөгдөх хязгаар нь өөр өөр байна [3]. Хэмжилт: PR, артерийн даралтыг шууд бус аргаар үзэх, SPO₂ хэмжээс, PLETH ба TEMP монитороор мэдээнэ.

Дохиолол: батарей дуусахад “speaker”-ээр дуут дохиолол өгөх ба LED дэлгэц дээр гэрэл асна. Хүчдэл хэмнэх: автоматаар хүчдэл унтрах функц Мэдээлэл оруулах: 3150 хүртэлх мэдээллийг хадгална.

Мэдээлэл: Өвчтөнүүдийн мэдээллийг дэлгэцэд үзүүлэх эсвэл хэвлэх функцтэй.



Зураг 1. Өвчтөний хяналтын монитор

Өвчтөний хяналтын монитор нь үндсэн хэсэг, даралтын монжатк, зүрхний цахилгаан бичлийг сенсор болон электрод, температурын сенсор, пульсоксиметр зэргээс бүрдэнэ.



Зураг 2. Өвчтөний хяналтын мониторийн дагалдах хэрэгсэл

III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

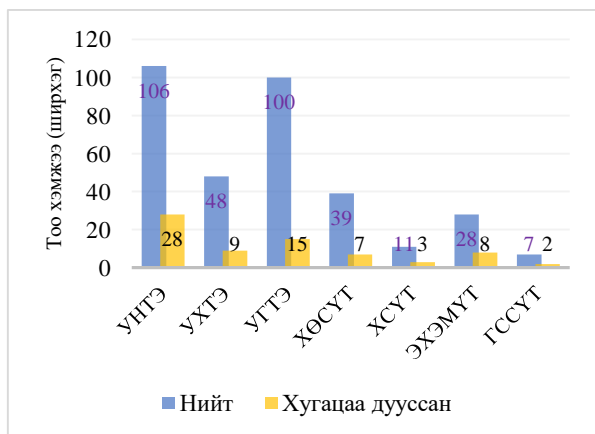
1. Өвчтөний хяналтын мониторийн өнөөгийн байдлын судалгаа

Судалгаанд 7 эмнэлгийн 339 өвчтөний хяналтын монитор хамрагдсан, нийт аппаратуудын тооллогын судалгааг эрүүл мэндийн хөгжлийн төвийн дэргэдэх Эм, эмнэлгийн хэрэгсэл хяналт зохицуулалтын газрын 2020 оны 12 сар хүртэлх хэмжилт туршилтын өгөгдлийг Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн мэдээллийн нэгдсэн сангаас авсан болно [4], [5].

Хүснэгт 1. Ашиглалтын судалгаа

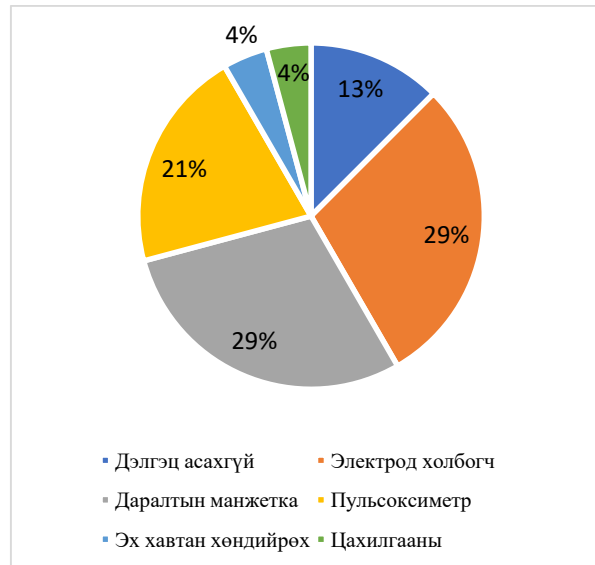
Д/д	Байгууллагын нэр	Тоо хэмжээ	Ашиглах хугацаа дууссан
1	УНТЭмнэлэг	106	28
2	УХТЭмнэлэг	48	9
3	УГТЭмнэлэг	100	15
4	Халдварт өвчин судлалын үндэсний төв	39	7
5	Хавдар судлалын үндэсний төв	11	3
6	Эх хүүхдийн эрүүл мэндийн төв	28	8
7	Гэмтэл согог судлалын үндэсний төв	7	2
Нийт		339	72

Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн хүртээмжийн тухай Клиникийн бүтэц үйл ажиллагаа MNS 6673:2017 стандартад Эмнэлзүйн оношилгоо, эмчилгээний стандартад заагдсан, эм багаж хэрэгслийг хүрэлцэхүйц хэмжээгээр нөөцөлсөн байна [6] хэмээн тусгасан. Түүнчлэн ашиглалтын хугацааг тухайн тоног төхөөрөмжийн үйлдвэрлэгчийн гаргасан гарын авлагад насжилтыг харилцан адилгүй тусгасан байна.



Зураг 3. Судалгаанд хамрагдсан аппаратууд ба тэдгээрийн ашиглалтын хугацаа

Клиникийн эмнэлгүүдэд ашиглагдаж буй тоног төхөөрөмжийн хүртээмж болон ашиглалтын хугацаа дууссан тоног төхөөрөмжийн тоон үзүүлэлт (Зураг 4) харуулав. Нийт 339 тоног төхөөрөмжийн 21% нь үйлдвэрлэгчээс тогтоосон ашиглалтын хугацаа дууссан хэдий ч хяналт, шалгалт, баталгаажуулалт хийлгээд ашиглаж байна.



Зураг 4. Түгээмэл тохиолдох гэмтлийн харьцуулалт

Өвчтөний хяналтын мониторийн түгээмэл тохиолдох 6 төрлийн алдааг асуумжаар судлан харьцуулалт хийв.

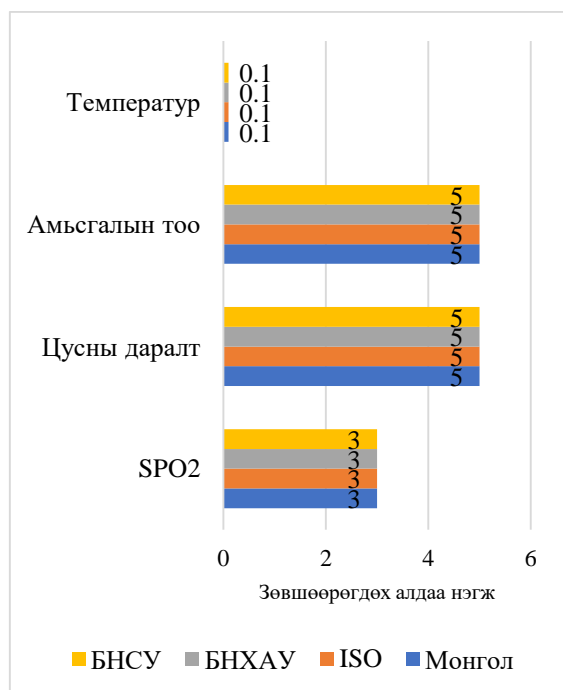
2. Өвчтөний хяналтын мониторийн параметрийн хяналт тохируулгын судалгаа

Монгол улсын нь IEC 80601-2-49:2018 стандартын дагуу жил бүр улсын болон хувийн хэвшлийн эмнэлгүүдэд ашиглагдаж буй өвчтөний хяналтын мониторт тогтсон хуваарийн дагуу хяналт шалгалтыг ЭМЯ-ны харьяа эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн газрын мэргэжилтнүүд АНУ-ын Fluke пирмийн просим 8 симулятор [7], [8]-аар хийж байна. Тест хийх хэмжигдэхүүнүүд:

- ЗЦБ
- Амьсгал
- Температур
- ИВР (Артерийн даралтын шууд аргаар үзэх)
- NIBP (Артерийн даралтыг шууд бус аргаар үзэх)
- Зүрхний гаралт
- SpO₂-Захын судасны хүчилтөрөгчийн хангамж

Хүснэгт 2. Параметруудийн зөвшөөрөгдөх хэмжээ

№	Хэмжигдэхүүн	Хэмжих нэгж	Зөвшөөрөгдөх хамгийн их алдаа
1	Захын судасны хүчилтөрөгчийн хэмжээ	%	3%
2	Цусны даралт	мммуб	±5
3	Зүрхний цохилтын тоо	Цохилт минут	±5%
4	Биеийн температур	°C	±0,1
5	Амьсгалын тоо	Амьсгал минут	±5%

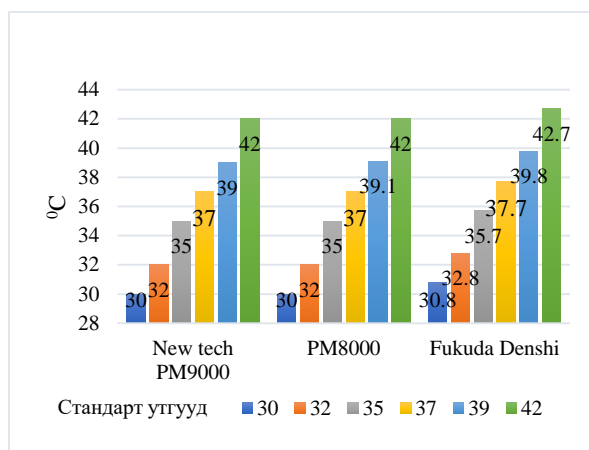


Зураг 5. Монгол улсын болон бусад стандартын харьцуулалт

Монгол улс, үйлдвэрлэгч орнууд ижил ISO стандартын дагуу хяналт тохируулга хийж (Зураг 6) ашигладаг.

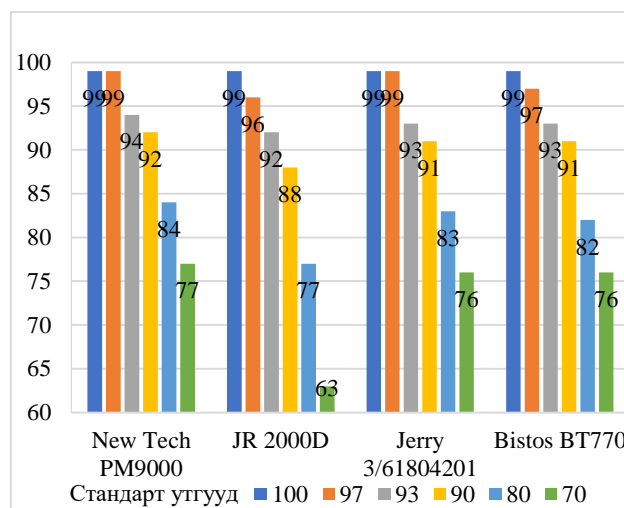
Хүснэгт 3. Температур, захын судасны хүчилтөрөгчийн хэмжилтийн утга

Стандартын утгууд / Аппаратын нэр төрөл	Темп 30 SPO 97	Темп 32 SPO 93	Темп 35 SPO 90	Темп 37 SPO 80	Темп 39 SPO 70
Mind ray MEC-1200 - Үйлдвэрлэсэн 2018	3098	3292	3591	3779	39.168
FUKUDA DENSHI-2018	30.897	32.892	35.789	37.78	39.870
Infunix Technology Co.,Ltd-2019	29.998	3294	35.192	37.182	39.172
Mindray PM8000- 2018	3099	3296	3590	3780	39.169
Mindray MEC-1200 - 2018	30,99	3294	3590	3780	39.169
MEDIANA YM 5500 -2018	29.999	31.994	34.992	36.984	38.977
New Tech Medical Limited-2019	3096	3292	3588	3777	3963
New Tech Industrial Corporation - 2019	3097	3293	3591	3782	3976
JR2000D-2018	3097	3293	3591	3783	3976
MEK-MP1300-2018	30.197	32.293	35.190	3782	3974



Зураг 6. Температурын хэмжилтийн харьцуулалт

Температурын хяналтыг стандарт 5 утга өгч тухайн утгууд хүснэгт 2-д харуулсан стандартын шаардлага хангаж байгаа эсэхэд үнэлгээ хийхэд Fukuda denshi үйлдвэрийн аппарат 0.7-0.8 нэгжийн зөрүүтэй байгаа нь IEC 80601-2-49:2018 стандартын зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс их байна.



Зураг 7. Захын судасны хүчилтөрөгчийн хэмжилтийн харьцуулалт

Захын судасны хүчилтөрөгчийн хяналтыг хийхдээ стандарт 5 утгаар үнэлгээ хийхэд сүүлийн 3 монитор IEC 80601-2-49:2018 стандартын зөвшөөрөгдөх утгаас 5-7 нэгжээр их зөрүүтэй зааж байна. Хэмжилт, туршилтаар просим 8 төхөөрөмжөөр 6 үзүүлэлтэд хяналт хийсэн. Судалгаанд хамрагдсан өвчтөний хяналтын мониторууд 2015 оноос хойш үйлдвэрлэгдсэн харьцангуй шинэ тоног төхөөрөмжүүд байсан учир ихэнх параметрууд нь стандартын шаардлагыг хангаж байв. Тухайн хэмжилтүүдийг гүйцэтгэхэд нэг удаагийн алдаа гарсан даруйд тухайн параметрийн хэмжүүрийн датчкийг солих эсвэл тоног төхөөрөмжийг хэрэглээнээс хасах хүртэл арга хэмжээ авдаг учир нэг төрлийн хэмжилтийн утгын олон удаагийн алдааны үр дүн

гарган авах боломжгүй байлаа. Мөн тухайн параметрууд өөр хоорондоо нөлөөлөхгүй учир харилцан хамаарал тооцоолох боломжгүй байв.

электрод холбогчийн гэмтлүүд 25% хүртэл буурах магадлалтай байна.

IV. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Өвчтөний хяналтын монитор үйлдвэрлэгчид тоног төхөөрөмжийн насжилтыг харилцан адилгүй тогтоодог шалтгаан нь тухайн тоног төхөөрөмжийн сэлбэг эд ангийг өөрсдийн гаргасан зөвлөмжийн дагуу тогтсон хугацаанд сольсноор 10 жил хүртэл ашиглах боломжтой гэж үздэг. Харин манай орны хувьд дээрх зөвлөмжийг төдийлөн хэрэгжүүлдэггүй. Тухайлбал хүчилтөрөгчийн датчикийг 6 сар тутам, даралтын монжатыг 6 сар тутам солих заалттай байдаг. Иймд цаашид ханган нийлүүлэгч байгууллагууд үйлдвэрлэгчээс тогтоосон заалтыг хэрэглэгчдэд өгч, цаг тухайд сэлбэг хэрэгслийг солих нь тухайн тоног төхөөрөмжийн хэвийн үйл ажиллагаа, насжилтыг уртасгахад эерэг нөлөөтэй. Мөн төрийн өмчийн хөрөнгөөр бараа худалдан авахдаа тоног төхөөрөмжид шаардагдах сэлбэг, хэрэгслийн жагсаалтыг гаргаснаар тухайн оны төсөвт суулгаж худалдан авах ажлыг зохион байгуулах нь тоног төхөөрөмжүүдийн насжилтыг уртасгаж улмаар хүн амын эрүүл мэнд болон улс орны эдийн засагт дам эерэг нөлөөтэй байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Судалгаанд хамрагдсан Улаанбаатар хот дахь III шатлалын 7 эмнэлгийн 339 өвчтөний хяналтын монитор нь 5 улсын 20 гаруй үйлдвэрлэгчийн 2015-аас 2020 онд үйлдвэрлэгдсэн байв. Нийт 339 аппаратын 3% буюу 11 монитормыг параметруудийн зөвшөөрөгдөх утгаас зөрүүтэй байгаагаас 9% нь температурын, 36% нь даралтын утга, 55% нь захын судасны хүчилтөрөгчийн утга тус тус алдаатай зааж байв.
2. Судалгааны үр дүнгээс харахад параметруудийн хэвийн үйл ажиллагаанд хамгийн түгээмэл хүчин зүйл нь хэрэглэгчээс 75% хамааралтай байна. Тухайлбал хяналтын монитормын сэлбэг эд ангийг үйлдвэрлэгчээс гаргасан зөвлөмжийн дагуу солихгүй, хэт удаан тасралтгүй ажиллуулдаг байна. Иймд өвчтөний хяналтын монитормын параметруудийн хэвийн найдвартай үйл ажиллагааг хангахын тулд засвар үйлчилгээний үед хугацаат сэлбэг хэрэгслийг цаг тухайд нь сольж хэвших шаардлагатай байна.
3. Зөвлөмжийн дагуу арга хэмжээ авснаар цаашид түгээмэл тохиолдох 6 алдааны хамгийн өндөр буюу 29%-ийг эзэлж байгаа пульсоксиметр,

НОМ ЗҮЙ

- [1] Пүрэвдаш. Д “Клиникийн тоног төхөөрөмжүүд” 2020 УБ хот
- [2] Энхжаргал Б. “Эмнэлгийн дүрслэл оношилгооны тоног төхөөрөмж” 2012 УБ хот
- [3] Эрүүл мэндийн яамны харьяа Эм эмнэлгийн хэрэгслийн хяналт, бодлого зохицуулалтын газрын харьяа Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн газрын “Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын тоон судалгаа” УБ хот 2020
- [4] Стандартчилал, хэмжилзүйн үндэсний газар “Монгол улсын эрүүл мэндийн салбарт хэмжлийн нэгдмэл байдлыг хангахад зориулсан зөвлөмж” УБ хот 2013 он
- [5] Эрүүл мэндийн хөгжлийн төв “Хүн амын эрүүл мэндийн үзүүлэлтүүд” УБ хот 2015 он
- [6] Эрүүл мэндийн сайдын “Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжид шалгалт тохируулга хийх журам” 2015 он
- [7] Fluke “Medical Equipment: Inspection Program Development and Procedures” 2014
- [8] Joseph J. Carr “Introduction Biomedical equipment technology”

ЭМИЙН ҮЙЛДВЭРИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ХЭВИЙН ҮЙЛ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ АСУУДАЛ

Д.Пүрэвдаш¹, Л.Чинзориг², О.Ялалт¹

¹ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар

²“Тавин Ус Фарм” ХХК

dashaa@must.edu.mn, chinzo@gmail.com, o.yalalt@must.edu.mn

Хураангуй

Монгол улсад эм, эмнэлгийн хэрэгслийн үйлдвэрлэл хурдацтай хөгжихийн хэрээр үйлдвэрийн тоног төхөөрөмжүүд нь эмийн онцлог, төрлөөс хамаарч загвар хийц, үйл ажиллагааны зарчмууд нь ялгаатай, чанар бүтээмжийн өндөр түвшний олон төрлийн дэвшилтэт техник, технологиудыг ашиглаж байна. Тэдгээрийн хэвийн үйл ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлж буй хүчин зүйлсийг тодорхойлж түүнийг бууруулах арга хэмжээг “Тавин Ус Фарм” эмийн үйлдвэрийн жишээн дээр судалгааг хийв.

Түлхүүр үг: стандартын үзүүлэлт, хяналтын багаж, хэрэгсэл, бүтээгдэхүүн

I. УДИРТГАЛ

Монгол улсад албан ёсны зөвшөөрөлтэй 41 эмийн үйлдвэр идэвхтэй үйл ажиллагаа явуулж байна. Эм, эмнэлгийн хэрэгслийн үйлдвэрүүдийг олон улсын стандарт дүрэм журамд нийцүүлэн ажиллах талаар төрөөс бодлогоор зохицуулдаг. Тэдгээр үйлдвэрүүд нь дуслын шингэн, ампул, хагуу тугнагдсан эм, биологийн бэлдмэл, ханд, шүүс, үрлэн эм, ариутгалын уусмалууд, эмнэлгийн нэг удаагийн хэрэгслүүд (маск, малгай, халад, улавч, тариур, систем зэрэг)-ийг үйлдвэрлэдэг. Аливаа үйлдвэрийн хамгийн чухал бүрэлдэхүүн хэсэг нь тоног төхөөрөмж байдаг. Манай улсын хувьд үйлдвэрлэлд ашиглагдаж буй ихэнх түүхий эд, савлалтын материал, тоног төхөөрөмж зэрэг нь үйлдвэрлэгч орнуудаас хамааралтай, хил хаалттай үед эм хангамжийн тасалдал үүсэх шалтгаан болсон юм.

Иймд уг хүндрэлээс сэргийлэхийн тулд хэрэгжүүлбэл зохих арга хэмжээний нэг нь тоног төхөөрөмжийн хэвийн үйл ажиллагааг найдвартай хангаж ажиллах, дээшлүүлэх явдал юм. Уг судалгааны ажлын хүрээнд “Тавин Ус Фарм” эмийн үйлдвэрийн шахмал эмийн цехийн гол дамжлагын 5 тоног төхөөрөмжийн үйл ажиллагаанд олон улсын GMP стандартын шалгуурыг мөрдөж ажилласнаар үйл ажиллагаа хэрхэн дээшилсэн зэргийг судлав.

“Тавин Ус Фарм” эмийн үйлдвэр нь анх 1999 онд 2 хүний орон тоотой хөвөн боож, савлах үйл ажиллагаагаар ажлын гараагаа эхэлж, үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагааны цар хүрээ болон ажлын байраа сайжруулан ажилласнаар өдгөө 7 цех тасагт 42 хүний орон тоотой MNS5524:2014, ISO9001:2016, IEC17025:2015 стандартуудын шаардлагыг ханган ажиллаж байна. Уг үйлдвэр нь 70 гаруй нэр төрлийн эм үйлдвэрлэлд 100 гаруй тоног төхөөрөмжийг ашиглаж байна.

II. ЭМИЙН ҮЙЛДВЭРИЙН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖҮҮДЭД ТАВИГДДАГ ОЛОН УЛСЫН БОЛОН МОНГОЛ СТАНДАРТЫН ШААРДЛАГУУД

1. *GMP /Good Manufacture Practice/ стандарт*
GMP стандартын төслийг анх 1968 онд ДЭМБ-аас баталсан ба үүнээс хойш тухайн стандартын заалтууд шинэчлэгдэн сайжирч 1990 оноос дэлхийн ихэнх улс орнууд GMP стандартыг дагаж мөрдөн ажиллах шаардлагыг тавьж эхэлсэн байдаг [1].

2. *Эм үйлдвэрлэлийн зохистой дадал*
“Эм үйлдвэрлэлийн зохистой дадал” буюу MNS5524:2014 стандарт нь манай улсад 2014 онд батлагдаж, хэрэгжүүлэх үйл явц эхэлсэн байна. Уг стандарт нь эмийг хэрхэн зөв зохистой, аюулгүй, чанарын баталгаатай үйлдвэрлэж бэлэн бүтээгдэхүүн болгон хэрэглэгчид хүргэх алхам бүрийг 18 бүлэг 292 зүйл заалтаар стандартчилсан байдаг [2].

3. *Чанарын удирдлагын тогтолцоо*
ISO9001:2016 стандарт нь үйлдвэрлэл болон үйлчилгээний байгууллагад нэвтрүүлэх зайлшгүй шаардлагатай стандарт юм. Энэхүү стандартын заалтад тоног төхөөрөмжийн үйл ажиллагаа болон холбогдох бичиг баримтуудыг тодорхой заасан байдаг [3].

4. *Үйлдвэрийн тоног төхөөрөмжийн аюулгүй ажиллагааны шаардлага*

MNS4930:2000 стандарт нь бүхий л төрлийн үйлдвэрлэлийн тоног төхөөрөмжүүдийн аюулгүй байдалд тавигддаг шаардлага юм [4].

5. *Эмийн лабораторид тавигдах шаардлага*
ISO/IEC17025:2017 стандарт нь эмийн хими болон микробиологийн лабораториудад тавигддаг олон улсын итгэмжлэлийн гэрчилгээ олгох шалгуур бүхий стандарт юм [5].

Эдгээр стандартуудаас тоног төхөөрөмжтэй холбоотой хамгийн гол баримталдаг MNS5524:2014 стандартын үзүүлэлтүүдийг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1. MNS5524:2014 стандарт

Д/д	Стандартын заалт	Стандартын шаардлагууд
1	MNS5524:2014 стандартын 7.1	Үйлдвэрлэлийн тоног төхөөрөмж нь зориулалтдаа тохирсон, шат дамжлагын дараалаар зөв байрлуулж, суурилуулсан аливаа алдаа эрсдэл гарах, тоос шороо, дамжин бохирдолтоос сэргийлсэн байна.
2	MNS5524:2014 стандартын 7.2	Үйлдвэрлэлд ашиглаж буй хэмжих хэрэгслүүдэд тохиргоог тогтмол хийж, шалгах тухай бүр баримтжуулан, аюулгүй ажиллагааг хангасан байна. Үйлдвэрлэлд болон чанарын хяналтын үйл ажиллагаанд тохирох, нарийвчлал, хэмжих хязгаар бүхий жин болон бусад хэмжих хэрэгслийг хэрэглэнэ.
3	MNS5524:2014 стандартын 7.3	Үйлдвэрлэлд ашиглаж буй тоног төхөөрөмж нь бүтээгдэхүүнд аюул учруулахгүй, бүтээгдэхүүнтэй хүрэлцдэг хэсгүүд нь урвалд орох, шингээх шинж чанаргүй болохыг тогтмол шалгаж, үнэлгээ дүгнэлт гаргасан байна.
4	MNS5524:2014 стандартын 7.4	Гэмтэлтэй тоног төхөөрөмжийг ялган танихын тулд “гэмтэлтэй” гэсэн тодорхой хаяг нааж, үйлдвэрлэлийн болон чанарын хяналтын байрнаас гаргасан байна.
5	MNS5524:2014 стандартын 7.5	Тоног төхөөрөмжийн дамжуулах хоолой, хэрэгслүүдийг хаягласан байхаас гадна тоног төхөөрөмжтэй холбож бэхэлсэн хоолойн урсгалын чиглэлийг сумаар заан, гэмдэглэнэ.
6	MNS5524:2014 стандартын 7.6.1	Тоног төхөөрөмжид засвар үйлчилгээ, цэвэрлэгээ хийхэд шаардагдах зай талбайтай байна. Бага оврын, зөвөрлөж болохуйц багаж, тоног төхөөрөмжийг үйлдвэрлэлийн байрнаас гаргаж засварлана.
7	MNS5524:2014 стандартын 7.6.2	Нэг цуврал бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэж дуусмагц тоног төхөөрөмжийг цэвэрлэж, тохируулгыг шалгаж, ариутгал халдваргүйтгэлийг хийн бүртгэх ба үр дүнд хяналт тавьдаг байна.
8	MNS5524:2014 стандартын 7.6.3	Цэвэрлэгээний материалыг дамжин бохирдолгүй нөхцөлд хадгалдаг.
9	MNS5524:2014 стандартын 11.9.10.5	Багаж хэрэгсэл, тоног төхөөрөмжийн хэсэг тус бүрээр стандарт үйл ажиллагааны журам байх ба эдгээрийг тоног төхөөрөмжийн дэргэд байршуулсан байна.
10	MNS5524:2014 стандартын 11.9.10.16	Үйлдвэрлэлд ашигласан үндсэн болон эгзэгтэй тоног төхөөрөмжүүдийн баталгаажуулалт, тохиргоо, үзлэг шалгалт, цэвэрлэгээ болон засварыг хийсэн огноо, гүйцэтгэсэн ажилтны нэрийн хамтаар бүртгэж хадгалдаг байна.
11	MNS5524:2014 стандартын 9.3.8	Хэмжих, жинлэх, бүртгэх болон хяналтын багаж тоног төхөөрөмжүүдэд урьдчилан тогтоосон хугацаанд засвар үйлчилгээ ба тохиргоог хийж, бүртгэл хөтөлдөг. Багаж төхөөрөмжийн зөв үйл ажиллагааны үзлэг шалгалтыг өдөр тутам хийж, багаж тоног төхөөрөмж тус бүр дээр засвар үйлчилгээ, тохиргоо хийгдсэн болон давтан тохиргоо хийгдэх огноог тодорхой байршуулсан байна.

I. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Судалгааны ажилд шахмал эм үйлдвэрлэхэд ашиглагдаж буй дараах тоног төхөөрөмжүүдийг хамруулсан болно [6], [7].

- Чийгтэй мөхлөгжүүлэн хатаах машин /FG-120/
- Өндөр хурдны холигч /GHL-150/
- Хуурай мөхлөгжүүлэгч /ҮК-160 /
- Эм шахах машин /ZP-1124/
- Блистерт савлах машин /LPDPC-250C/

FG-120 загварын машин нь 120 кг массыг хөөргөж хуурамч шингэрүүлсэн үе үүсгэн мөхлөгжүүлэн, хатаах үүргийг гүйцэтгэдэг. Өөрөөр хэлбэл түүхий эдийн ширхгийг чийглэн томруулах процесс юм. GHL-150 загварын холигч машин нь эмийн түүхий эдийг маш жигд гарах зориулалтай.

ҮК-160 загварын тоног төхөөрөмж нь бэлэн мөхлөгийг 1.5 мм зориулалтын тороор торлон ширхгийг ижил хэмжээтэй болгоход ашигладаг. ZP-1124 загварын эм шахах машин нь мөхлөгийг өндөр даралтаар шахаж, шахмал эмийн бүрэн автомат тоног төхөөрөмж юм. LPDPC загварын блистерт савлах машин нь шахмал эмийг 10 ширхгээр савлах

зориулалтын тоног төхөөрөмжүүд нь шахмал эм үйлдвэрлэх процесст тус тусын үүргийг гүйцэтгэдэг.



Зураг 1. Шахмал эм үйлдвэрлэх процесс

Дараах тоног төхөөрөмжүүдийг GMP стандарт хэрэгжихээс өмнөх ба нийцүүлсний дараах байдалд дүн шинжилгээ хийв.

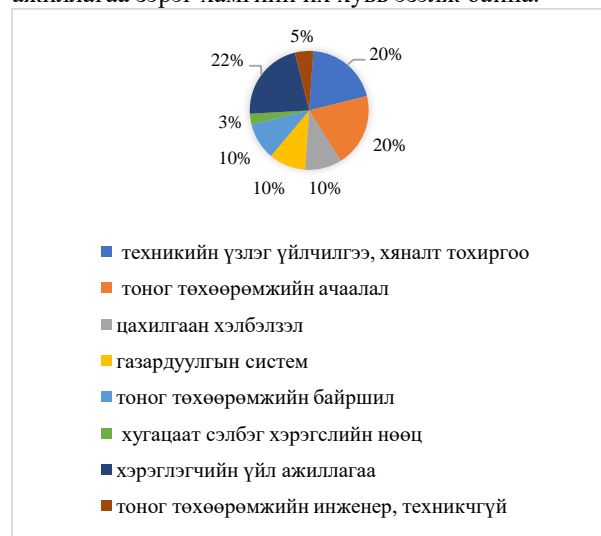
Хүснэгт 2. Стандартын нийцэл

Стандартын заалт	FG-120		GHL-150		YK-160		ZP-1124		LPDPC-252C	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
MNS5524:2014 7.1	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
MNS5524:2014 7.2	80%	100%	80%	100%	-	-	100%	100%	100%	100%
MNS5524:2014 7.3	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
MNS5524:2014 7.4	80%	100%	80%	100%	70%	100%	80%	100%	80%	100%
MNS5524:2014 7.5	60%	100%	50%	100%	60%	100%	65%	100%	60%	100%
MNS5524:2014 7.6.1	90%	90%	80%	80%	90%	100%	80%	100%	100%	100%
MNS5524:2014 7.6.2	90%	100%	90%	100%	90%	100%	90%	100%	90%	100%
MNS5524:2014 7.6.3	40%	90%	40%	90%	40%	90%	40%	90%	40%	90%
MNS5524:2014 11.9.10.5	65%	100%	60%	100%	60%	100%	60%	100%	60%	100%
MNS5524:2014 11.9.10.16	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%

MNS5524:2014 стандартын нийцлийг Эрүүл мэндийн сайдын А/168 тоот тушаалаар батлагдсан GMP шалгуур үзүүлэлтүүдээр үнэлгээ хийхэд 2020 оны байдлаар тус стандартын шаардлагууд бүрэн хэрэгжээгүй байна. Энэхүү стандартын шаардлагад нийцүүлэх ажлуудыг шат дараалан зохион байгуулснаар 2021 онд үнэлгээ хийхэд стандартын нийцэл 92% болж тоног төхөөрөмжийн хэвийн үйл ажиллагаанд чухал нөлөө үзүүлж байна. Судалгаа хийх хугацаанд тоног төхөөрөмжийн хэвийн үйл ажиллагаанд дараах сөрөг хүчин зүйлс нөлөөлж байв. Үүнд:

1. Техникийн үзлэг үйлчилгээ, хяналт тохиргоо,
 2. Тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын үеийн ачаалал
 3. Цахилгаан хэлбэлзэл
 4. Газардуулгын систем
 5. Тоног төхөөрөмжийн байршил, зөөвөрлөлт
 6. Сэлбэг хэрэгслийн нөөц
 7. Ажилтны үйл ажиллагааны арга барил
 8. Тоног төхөөрөмжийн инженер, техникч дутмаг
- Эмийн үйлдвэрийн тоног төхөөрөмжүүдийн хэвийн үйл ажиллагаанд нөлөөлж буй сөрөг хүчин

зүйлсэд тоног төхөөрөмжийн ачаалал, хугацаат сэлбэгийн нөөцлөлт, хэрэглэгчийн хэвийн бус үйл ажиллагаа зэрэг хамгийн их хувь эзэлж байна.



Зураг 2. Тоног төхөөрөмжийн хэвийн үйл ажиллагаанд нөлөөлж буй сөрөг хүчин зүйлс

Хүснэгт 3. Гарсан гэмтлийн давтамж

№	Тоног төхөөрөмжийн төрөл	Давтамж		Гэмтэл
		2020 он	2021 он	
1	FG-120 буюу чийгтэй мөхлөгжүүлэн хатаах машин	2	1	Фильтер бохирдсон
		1	-	Тоног төхөөрөмжийн цамц ханзарч элэгдсэн
		1	-	Шүрших бууны тохиргоо алдагдсан
		1	-	Тогооны дугуй эвдэрсэн
2	GHL-150 буюу өндөр хурдны холгч	1	-	Сэлүүрийн түгжээ боолтыг муу чангалсан
3	YK-160 буюу хуурай мөхлөгжүүлэгч	1	-	Нержин торыг солих хугацаа хэтэрсэн
		2	2	Бутлагчийн шахалт тохиргоог муу хийсэн
4	ZP-1124 буюу эм шахах машин	2	2	Эмийн жин тохируулагч хүрдний тохиргоо алдагдсан
		1	-	Илүүдэл эмийн хаягдлыг соруулах сорогчийн хүч муудсан
		1	1	Тосолгооны насос бөглөрсөн
		1	-	Хийн системийн тохируулга алдагдсан
5	LPDPC-252C буюу блистерт савлах машин	-	1	Дэлгэц болог PLC-ны программ хангамжид гэмтэл гарсан
		2	1	Моторын инвертер алдаа зааж зогссон
		1	-	Гол арааны шпонк элэгдэж дуу орсон
		3	1	Ажлын дугуйны шарик нурсан
		2	3	Хутганы пр мохсон
Гэмтлийн тоо		22	12	

Хүснэгт 4. Гэмтлийн төрөл, шалтгаан

№	Гэмтлийн төрөл	Шалтгаан
1	Гэнэтийн эвдрэл гэмтэл	Цахилгаан хүчдэл, ажилчдын ажиллуулах арга барил, цэвэрлэгээ үйлчилгээ хийж гүйцэтгээд буцаан угсрахдаа чанаргүй гүйцэтгэсэн байдал, өдөр тутмын үзлэгийг чанар муутай хийж гүйцэтгэх
2	Үйл ажиллагааны ачаалал	Үйлдвэрлэлийн төлөвлөгөөг тоног төхөөрөмжийн хүчин чадалд тохируулан тооцож гаргаагүй болон төлөвлөснөөс хэтрүүлэн олон цагаар ашиглах, хийж буй бүтээгдэхүүний орц нормыг тоног төхөөрөмжийн чадлаас хэтрүүлэх
3	Засвар үйлчилгээний чанар	Хуваарьт болон гэнэтийн эвдрэл гэмтлийг засварлахдаа чанартай хийж гүйцэтгээгүйгээс
4	Засвар үйлчилгээний давтамж	Тоног төхөөрөмжийн хуваарьт засвар үйлчилгээг цаг тухайд нь чанартай хийж гүйцэтгээгүй.
5	Цахилгаан хүчдэл	Цахилгаан хүчдэл хэлбэлзэх, урьдчилан мэдэгдэлгүй тасарч буцаж залгагдах зэрэг үзэгдлүүдэд урьдчилан сэргийлэх хүчдэл тогтворжуулагчгүй байх нь гэмтлийн нэг үзүүлэлт болж байна.
6	Программ хангамж	Зарим тоног төхөөрөмжийн программ хангамж нь үйлдвэрлэгчээс шалтгаалан тодорхой хугацааны горимтой гардаг байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Судалгаанд хамруулсан тоног төхөөрөмжүүдийн үйл ажиллагаанд 24 сар анализ хийхэд 2020 онд тоног төхөөрөмжийн гэмтэл 22 удаа, стандартын нийцэл 54%, гэнэтийн эвдрэл гэмтэл 3 удаа, сэлбэг хэрэгслийн тасалдал үүссэн тохиолдол 2 удаа, засвар үйлчилгээ болон тохируулгыг хуваарийн дагуу хийгдээгүйн улмаас 17 удаа гэмтэл тохиолдож үйлдвэрийн процесст 63 цаг тасалдал үүссэн байна.
2. 2021 онд тоног төхөөрөмжийн гэмтэл 12 удаа, стандартын нийцэл 96%, гэнэтийн гэмтэл 2 удаа, засвар үйлчилгээ, тохируулгын чанараас хамаарсан гэмтэл 8 удаа, цэвэрлэгээний задаргаа угсралтын гэмтэл 2 удаа гарч үйлдвэрлэлийн процесст 31 цаг тасалдал үүссэн байна. Иймээс тоног төхөөрөмжүүдийг захиалах, суурилуулах, үйл ажиллагаанд оруулах зэрэг бүх үйл явцыг холбогдох стандартын дагуу ажиллах нь тоног төхөөрөмжийн хэвийн үйл ажиллагаа дээшилж байна.
3. Тоног төхөөрөмжийн засвар үйлчилгээг хуваарийн дагуу тогтмол чанартай хийж хэвших, ажилчдад тоног төхөөрөмжтэй зөв харьцах сургалтуудыг тогтмол явуулах, шаардлагатай сэлбэг хэрэгслүүдийн бэлэн байдал, тоног төхөөрөмжийн ачааллыг хүчин чадалд тохируулан ажиллуулснаар хэвийн үйл ажиллагаа дээшлэхэд чухал нөлөө үзүүлж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] ДЭМБ-аас гаргасан GMP ANNEX2, ANNEX3, ANNEX4 / онлайн/
- [2] Үйлдвэрлэлийн зохистой дадал MNS5524:2014 /хэвлэмэл /
- [3] Чанарын удирдлагын тогтолцоо ISO9001:2016 / хэвлэмэл/

- [4] Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн ашиглалт, аюулгүй ажиллагааны гарын авлага /хэвлэмэл/
- [5] Эмийн шинжилгээний лабораторид тавигдах шаардлага ISO/IEC17025:2017
- [6] Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн хэвийн ажиллагааг хангах засвар үйлчилгээ хийх журам /онлайн/
- [7] Олон улсад хийгдсэн ижил төстэй судалгааны ажил болон өгүүлүүд /онлайн/

КОМПЬЮТЕРТ ТОМОГРАФ АППАРАТЫН ЗУРГИЙН ЧАНАРТ НӨЛӨӨЛӨХ ПАРАМЕТРУУДИЙГ СТАНДАРТ ПАНТОМ АШИГЛАН ТУРШСАН ДҮН

О.Ялалт, Д.Пүрэвдаш

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар
o.yalalt@must.edu.mn, dashaa@must.edu.mn

Хураангуй

Компьютерт томографын (КТ) зургийн чанарыг хадгалахын тулд аппаратын чанарын баталгаажуулалтыг тогтмол хийх явдал юм. Чанар муутай зураг нь хиймэл дүрслэл үүсгэж эмнэлзүйн буруу онош тавихад хүргэж болзошгүй байдаг. КТ зургийн чанарт Хаунсфилдын нэгж (НУ), дүрсийн жигд ба шугаман байдал, дүрсийн ялгарал зэрэг хэд хэдэн чухал үзүүлэлтүүд хамаардаг. Энэхүү туршилтаар 192мА-ийг 80кВ, 100кВ, 140кВ хослолоор өөрчлөн сонгосон бол 120кВ-ийг 100мА, 200мА, 300мА-ийн гэсэн утгаар өөрчлөн зургийн чанар болон цацрагийн тун хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг судалсан. Зургийн чанарын лавлах параметрийн үзүүлэлтийг Phillips Ingenuity КТ –ийн урьдчилан тохируулсан толгойн КТ зураг авах протоколыг авсан. Phillips Ingenuity КТ –ийн үйлдвэрээс урьдчилан тохируулсан Хаунсфилдын нэгж (НУ) утга ба хэмжилтийн үр дүнгийн НУ утга хоорондоо ойролцоо байв. Энэ нь зураг авахад КТ аппаратыг НУ сайн тохируулсан байгааг илтгэж байна. Мөн дүрсийн жигд байдлын НУ утга пантомын төвд -0.854 ± 0.402 ба пантомын захад (цагийн зүүний чиглэлд 12,3,6,9) $-1,374 \pm 0,396$ байсан бөгөөд стандарт хазайлт нь $\pm 5\text{НУ}$ зөвшөөрөгдөх хязгаарт байв. Шугаман байдлын НУ утгын тэгшитгэлийн шугаман функц нь $R^2 = 0.8692$ байгаа нь НУ сулралын коэффициентын утгын хооронд маш хүчтэй хамаарал байгааг харуулж байна. кВ ба мАсек -ийн НУ утгын кватилийн шинжилгээ нь хоёр дахь кватилийн утгын үр дүнгээс хамаарч өөр өөр байна. мАсек 100, 200, 300-ийн тохируулсан утгын хувьд мэдэгдэхүйц ялгаа гараагүй бөгөөд ижил байх хандлагатай байсан. Тухайлбал 100мАсек Q2 утгууд = 92.04, 200мАсек Q2 = 93.62, 300мАсек Q2 утгууд = 92, Харин кВ-ын өөрчлөлтүүд нь мэдэгдэхүйц ялгаа гарсан. Тухайлбал 80кВ Q2 = 99.12, 140кВ Q2 = 89.59 байв. НУ утга нь мАсек параметрийн өөрчлөлтөд нөлөөлөхгүй бөгөөд зургийн ялгарлын нарийвчлалд мэдэгдэхүйц өөрчлөлт ороогүй болно. Харин ялгарлын кВ-ыг 60кВ-ээр нэмэгдүүлэхэд НУ-ийн утга 36% орчим өсөж, рентген хоолойн хүчдэл (кВ) параметрт нөлөөлдөг болох нь бусад судалгааны үр дүнгийн адил батлагдав.

Түлхүүр үг— Хаунсфилдийн нэгж, дүрсийн шугаман байдал, дүрсийн жигд байдал, дүрсийн ялгарал, цацрагийн тун

I. УДИРТГАЛ

Оношилгооны рентген шинжилгээгээр өвчтөнүүд ионжуулагч цацрагт өртөх нь нэмэгдсээр байгаа бөгөөд нийт авсан цацрагийн 25%-ийг (эмнэлгийн үзлэгийн цацраг болон байгалийн цацраг) эзэлж байна. Компьютерт томограф (КТ) шинжилгээ нь цээж, маммографи гэх мэт ерөнхий рентген шинжилгээнээс 50-500 дахин их цацрагийн тунгаар оношилдог арга юм. КТ шинжилгээ хурдацтай нэмэгдэж байгаа нь цацрагийн тунд өртөж хорт хавдар үүсэх эрсдэлийн талаарх санаа зовоосон асуудлуудыг нэмэгдүүлсээр байна[1]. Цацрагийн тунг оновчтой болгох нь эмнэлгээс шалтгаалсан цацрагийн өртөлтийг бууруулах үндэс суурь болдог[2]. 1990 онд Олон улсын цацрагийн хамгаалалтын комисс (ICRP) улс орнуудад цацрагийн тунг оновчтой болгох систем болгон оношилгооны лавлагаа түвшинг (DRL) нэвтрүүлсэн байдаг. КТ шинжилгээ нь биеийн анатоми, физиологийн янз бүрийн хэсгүүдийн маш нарийвчилсан зургийг гаргах боломжтой.

Радиологийн оношилгоонд ялангуяа цацрагийн оношилгооны салбарт КТ шинжилгээний цацрагийн тунг бууруулах нь нэн тэргүүний зорилт болоод байна. Харин тунг бууруулахдаа зургийн чанар, өвчнийг оношлох нарийвчлалын зөвшөөрөгдөх түвшинд тэнцвэртэй байлгах

хэрэгтэй[3,4]. КТ дүрслэл нь анатомийн хөндлөн огтлолын тоон дүрслэлийг үүсгэдэг бөгөөд хоолойн хүчдэл (кВ) ба хоолойн гүйдэл (мАсек) зэрэг КТ параметруудийг өөрчилж зургийн чанарыг сайжруулж болдог. Ихэнх радиологич эмч нарын зургийн чанарыг цацрагийн өртөлтийн эрсдэлээс өмнө тавих хандлагатай байдаг. Радиологич эмч КТ зургийн чанарыг рентген цацрагийн тунг бага байлгах замаар дүрсийн шуугианы утга бага байвал тухайн цацрагийн өртөлтийг хүлээн зөвшөөрөх боломжтой гэж үнэлдэг. Энэ үнэлгээ нь өрөөсгөл талуудтай байдаг. Тиймээс зургийн чанар сайн байгаа эсэхийг мэдэхийн тулд зургийн чанарыг үнэлж цацрагийн тунг өгөх талаар тооцох хэрэгтэй[5].

Цацрагийн тунг бууруулах хэд хэдэн арга техникийг ашигладаг бөгөөд тэдгээрийн нэг нь өвчтөний биеийн хэмжээ, онцлогт тохируулан зураг авахдаа автоматаар хоолойн гүйдлийг тохируулах аргыг ашиглаж болно. Зарим тохиолдолд автоматаар хоолойн гүйдлийг бууруулах нь дүрсийн шуугиан нэмэгдүүлж зургийн чанар муудахад хүргэдэг[6]. ICRP, IAEA зэрэг олон улсын цацрагаас хамгаалах хороод цацрагийн тун ба зургийн чанартай холбоотой КТ -ийн чанарын хяналтын зөвлөмжийг өгдөг. Зарим улс оронд зургийн чанар, цацрагийн тунг шалгах нь зайлшгүй шаардлагатай байдаг[7]. Рентген

цацрагийн тунг хамгийн бага байлгаж радиолгич эмч оношийг зөв тавихад тохирох чанартай зураг гаргахын тулд КТ дээр авсан зургийн чанарын үнэлгээ хийх нь маш чухал. Гиймээс зургийн чанарыг үе үе чанарын хяналтад оруулж байх шаардлагатай[8].

Зургийн чанарыг хүний ажиглалтаар үнэлж болох боловч хүнээс хамааралтай янз бүрийн хүчин зүйлээс болж зургийн чанарыг буруу үнэлэх хязгаарлагдмал талтай байдаг. Ажиглагчдын харилцан адилгүй байдалд нөлөөлдөг нэг хүчин зүйл бол дүрсийг ойлгох, тайлбарлах субъектив байдал юм. Иймээс стандарт пантом ашиглан авсан дүрсийг автоматаар хэмжих программ хангамжийг ашиглах нь илүү хялбар байдаг[9]. Америкийн Радиологийн Коллежоос (ACR) санал болгосон зургийн чанарын параметрууд нь эмнэлзүйн хэрэглээнд тохируулан ашиглах цацрагийн стандарт тунг заасан байдаг[10].

КТ шинжилгээ нь цацрагийн тунг хамгийн бага хэмжээнд хүртэл бууруулах замаар зургийн оновчтой чанарыг олж авах явдал бөгөөд энэ нь ALARA (As Low As Reasonably Achievable) зарчимд нийцдэг. КТ шинжилгээний цацрагийн хамгаалалтын зорилго нь детерминистик нөлөөллөөс урьдчилан сэргийлэх, стохастик нөлөөллийг хязгаарлах явдал юм[11]. HU, дүрсийн шугаман байдал, дүрсийн жигд байдал, орон зайн нарийвчлал, бага ялгарал, өндөр ялгарал[12] гэх КТ зургийн чанарын параметруудийг зургийн чанарын пантом ашиглан хэмжиж болно[13]. Зургийн чанарыг сайн гаргаж, цацрагийн тунг бууруулах чадвартай байхын тулд КТ параметрийн сонголтыг оновчтой болгох инженер, технологич нар маш чухал үүрэг гүйцэтгэдэг[14]. Стандарт пантом ашиглан КТ шинжилгээнд кВ болон мАсек параметруудийг өөрчлөн хамгийн тохиромжтой зураг авах утгыг сонгох зорилготой туршилтыг хийлээ. Клиникт дүрсийн чанарыг үнэлэхдээ объектын харагдах байдлыг нүдээр үнэлэх эсвэл зураг тус бүр дээр нь ROI (Сонирхож буй бүс) тэмдэглэж тоон хэмжээсээр тодорхойлж болно.

II. АРГА ЗҮЙ

Энэхүү судалгаанд ашигласан судалгааны загвар нь КТ аппаратын кВ параметруудийн өөрчлөлтийг стандарт пантом ашиглан КТ зургийн чанарыг шалгах тоон туршилт хийх юм. Phillips Ingenuity КТ ашиглан кВ ба мАсек-ийг өөрчлөн мэдээллийг үе шаттайгаар цуглуулж, дараа нь DICOM radiant программ хангамжийг ашиглан зургийн чанарыг тоо утгаар үнэлэв. Стандарт пантомууд дээр авсан зургаас инженер гар аргаар HU утгыг ROI (Сонирхож буй бүс) ашиглан хэмжив. Энэ стандарт пантом нь нейлон (зөөлөн эд), полиэтилен (өөх), тефлон (яс), перспекс, акрил, лексан, ус зэрэг материалуудаас бүрдсэн.

Дүрсийн жигд байдал ба шугаман байдлын хэмжилтийг гараар КТ дүрсийг сканердах замаар хийдэг ба ROI тэгшитгэл 1-г ашигласан, дүрсийн жигд байдлыг 12, 3, 6, 9 цагийн байрлалд пантом дүрс дээр ROI тэмдэглэв. Дараа нь пантом болон пантомын төвийн эргэн тойрон дахь HU утгыг хэмжсэн. Шугаман байдлыг хэмжсэн HU утгуудаас пантомын материалын шугаман функцүүдийн графикаар хэмжилт хийв.

$$U = \frac{1}{4} \sum_K |\bar{X}| \quad (1)$$

*U-Дүрсийн жигд байдал
|\bar{X}|-Дундаж утга*

Дүрсийн ялгарлын нарийвчлалын хэмжилт нь КТ аппаратаар авсан зураг дээрх зэрэгцээ хоёр объектын хоорондох ялгааг гаргаж өгдөг ингэснээр хоорондоо бага ялгаралтай объектуудыг тодорхой харах боломжтой болгодог. Дүрсийн ялгарлын нарийвчлал нь дүрсийн шуугианы утгатай шууд хамааралтай байдаг. Үүнийг тодорхойлохын тулд дүрсийн шуугиан ба ялгарлын харьцааны (CNR) утгыг хэмждэг бөгөөд CNR их байх тусам зургийн нарийвчлалыг зөв харуулах эсвэл нэг зургийг нөгөөгөөс нь ялгах чадвартай байна. Дүрс дээр ROI тэмдэглэх замаар хэмжилт хийдэг. Эхлээд дохио ба шуугианы харьцаа (SNR) утгыг тооцоолж олох ба үүний дараа нь CNR утгыг хэмжинэ:

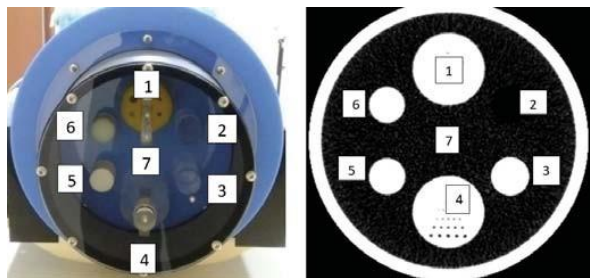
$$SNR = \frac{\bar{x}}{SD} \quad (2)$$

$$CNR = \frac{2(M_0 - M_b)^2}{\sigma_0^2 + \sigma_b^2} \quad (3)$$

кВ ба мАсек параметрийн өөрчлөлтийг ашиглахдаа судлаачид КТ шинжилгээнд ихэвчлэн ашиглагддаг цацрагийн өртөлтийн онолын судалгааг хийсэн байдаг. Тухайлбал: 80, 90, 100, 120, 130 кВ болон 80, 100, 150, 200, 300 мАсек [15]. Гэхдээ энэ туршилтад 192 мА-т 80, 140 кВп болон 100, 200, 300 мА-ийн 120 кВ-н сонголтоор параметруудийг өөрчилж өөрчлөлтийг хэмжсэн. Phillips Ingenuity КТ аппаратын толгойн шинжилгээний үйлдвэрээс тохируулсан параметруудийг туршилтын лавлах утга болгон авсан бөгөөд 1-р хүснэгтэд хэмжилтүүдийн утгатай харьцуулан судалсан.

Хүснэгт 1. Толгойн кт шинжилгээний тогтсон параметрууд

Толгойн КТ шинжилгээний тогтсон параметрууд	
KVp	120
mA	191
Пич	0.276
Колиматор	40 cm x 0.625 cm
Эргэлтийн хугацаа	0.4
Сканердах хугацаа	12.1
Шүүлтүүр	Стандарт
Зүслэгийн зузаан	1.5
Зургийн тоо	219



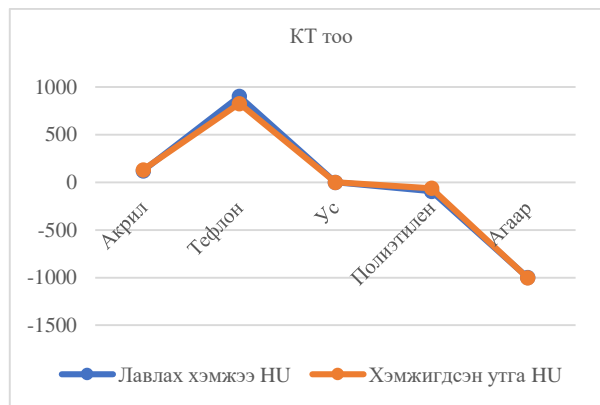
Зураг 1. Пантом дүрслэлийн схемүүд; 1.нейлон (зөөлөн эд), 2. полиэтилен (өөх), 3. тефлон (яс), 4. перспекс, 5. акрил, 6. лексан, 7. Ус

III. СУДАЛГААНЫ ҮНДСЭН ХЭСЭГ

Phillips үйлдвэрийн стандарт компьютерт томографын пантом нь нейлон (зөөлөн эд), полиэтилен (өөх), тефлон (яс), перспекс, акрил, лексан, ус зэрэг өөр өөр нягтралтай хэд хэдэн материалыг агуулдаг. HU хэмжилтийг DICOM radiant программ хангамжийг ашиглан пантом дэх материал бүрд ROI тэмдэглэх замаар хийсэн HU хэмжилтийн үр дүнг Хүснэгт 2, Зураг 2-т үзүүлэв.

Хүснэгт 2. КТ тооны хэмжилт

№	Материал	Лавлах хэмжээ HU	Хэмжигдсэн утга HU	
			Дундаж	Стандарт хазайлт
1	Акрил	120	130,94	9,45
2	Тефлон	900	824,38	120,04
3	Ус	0	-0,417	7,887
4	Полиэтилен	-95	-62,45	10,15
5	Агаар	-998	-1000	5,047



Зураг 2. КТ тооны график

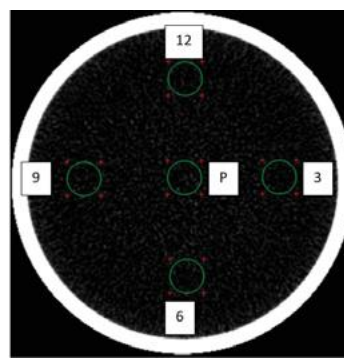
Хүснэгт 2 ба Зураг 2-т үзүүлсэн үр дүнгээс үзэхэд үйлдвэрээс тохируулсан HU утга болон пантомоор хэмжсэн HU утгууд хоорондоо бараг ижил утгатай байсан тул зургийн чанар хэвийн байсан КТ аппаратаар зураг авахад ашиглаж болох тохиргоонд байна. Дүрсийн жигд байдлын хэмжилтүүд нь ROI-ийг тойргийн 3 см-ийн диаметр (12,3,6,9 цагийн чиглэл) болон Зураг 3-т үзүүлсэн пантомын төвийг тодорхойлох замаар HU утгуудын жигд байдлыг тодорхойлдог. Хэмжилтийн үр дүнгийн HU утгууд ба стандарт хазайлтыг 3-р хүснэгтэд үзүүлсэн үүнийг дүрсийн жигд байдлын үнэлгээ болгон ашигладаг. Пантомын захын (12,3,6,9 цагийн чиглэл) ба

пантомын төв хэсэгт хэмжилт хийсний үр дүнд 4 цагийн байрлалд жигд HU утгыг $-1,374 \pm 0,396$, пантомын төв дэх HU утгыг $-0,885 \pm .402$ олж авсан. Энэ үр дүнгээс дүрсийн жигд байдлын утга нь ± 5 стандарт хазайлттай зөвшөөрөгдөх хязгаарт байна.

Хүснэгт 3. КТ тооны хэмжилт

№	ROI Сонирхож буй бүс	HU утга	
		Дундаж	Стандарт хазайлт
1	Төв	-0.854±0.402	7.363±0.290
2	Захын бүс	-1.374±0.396	6.716±0.771

*±Стандарт хазайлт



Зураг 3. Захын хэмжилтийн жигд байдал (12,3,6,9 цагийн чиглэл)

КТ зургийн шугаман чанар гэдэг нь ус, полиэтилен (өөх), тефлон (яс), акрилаас бүрдсэн пантом материалын өөр өөр сулралын коэффициент бүхий HU утгуудын хоорондын хамаарлыг шугаман байдлын үр дүнгээр Хүснэгт 4, Зураг 4-т үзүүлэв.

Хүснэгт 4. HU Хэмжилтийн шугаман чанар

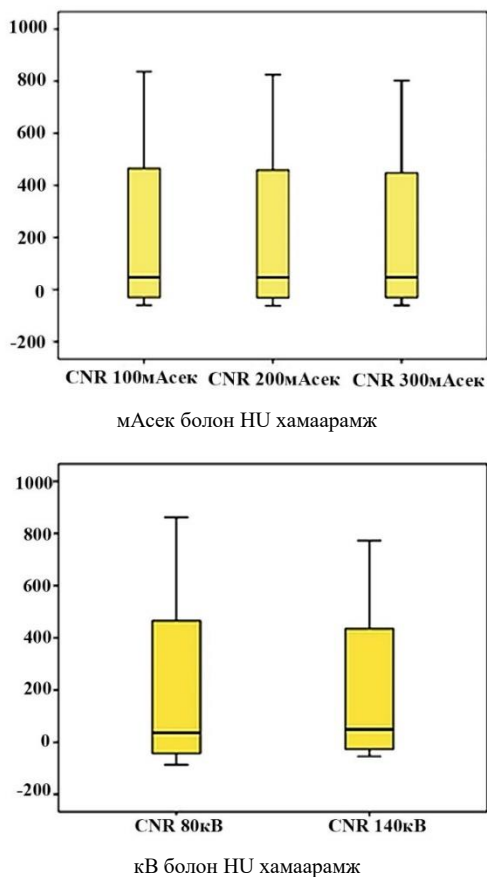
№	Материал	HU утга
1	Акрил	130,94
2	Тефлон	824,385
3	Ус	-0,417
4	Полиэтилен	-62,459
5	Агаар	-1000



Зураг 4. HU шугаман чанар

Шугаман байдал нь тэгшитгэлээс $R^2 = 0.8692$ гэсэн утгатай шугаман функц гарч энэ нь HU сулралын коэффициентын утгын хамаарлыг харуулж байна. КТ аппаратын дүрсийн шугаман байдал маш сайн байгааг илэрхийлж байна. Тиймээс КТ зураг авахад ашиглаж болно. Сайн

чанартай КТ зураг гарган авахын тулд КТ аппаратын ажиллагааг өдөр бүр болон сар бүр стандарт пантом ашиглан шалгах явдал юм. КТ аппаратын зургийн эмнэлзүйн эдийг төлөөлдөг пантомын материал нь ус (ус), полиэтилен (өөх), нейлон (зөөлөн эд), тефлон (яс) төлөөлдөг. КТ зургийн чанарыг үнэлэхдээ дүрсийн ялгарлын нарийвчлалын шалгуурыг ашиглан бие биетэйгээ ойрхон байгаа объектуудын зургийн ялгарлыг үнэлэх эсвэл SNR ба CNR-ийн утгын хэмжилтээр жижиг объектуудыг рентген зурагт харуулах боломжтой хэсгийг үнэлэх боломжтой. SNR болон CNR утгыг нэмэгдүүлэх нь зургийн оновчтой чанарыг илтгэнэ.

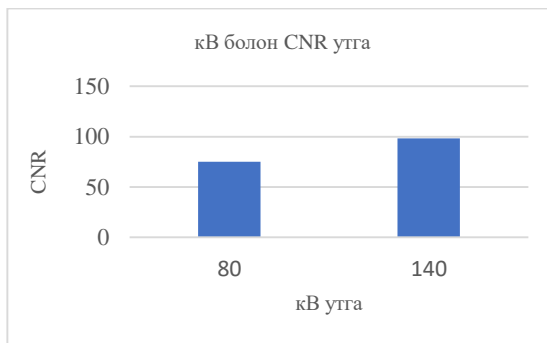
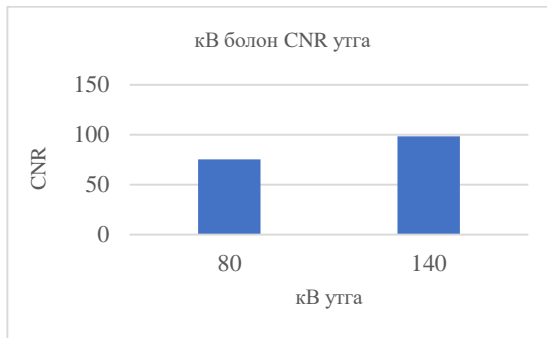
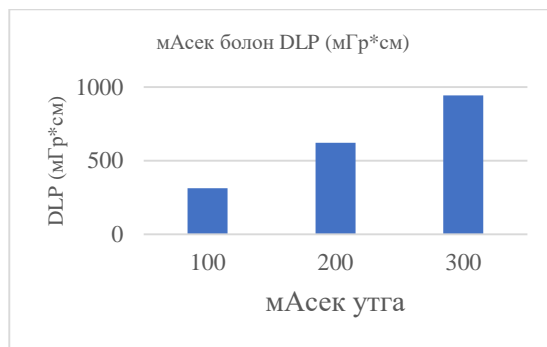
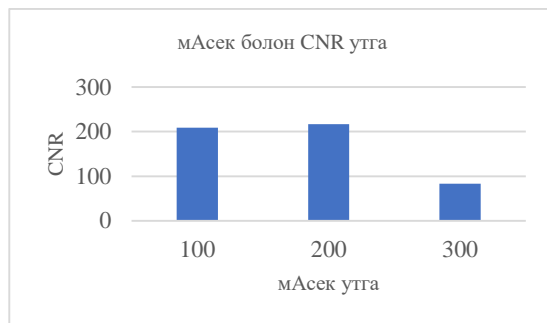


Зураг 5. КТ кВ ба мАсек параметруудийн HU утгын нөлөөлөл.

Пантом материалын нейлон (зөөлөн эд), полиэтилен (өөх), тефлон (яс) дээр хийсэн CNR хэмжилтийн үр дүнд CNR-ийн хамгийн өндөр утгыг 200 мА, хамгийн бага 80 кВп ашиглах үед авсан бөгөөд 120 кВп 300 мА-ийн DLP тунгаар 942.8 м*Гр*см, хамгийн бага тунгаар 80 кВп 192 мА 193.1 м*Гр*см -ийн тунгаар зураг авсан. КТ зургийг оновчтой болгохын зэрэгцээ цацрагийн өртөлтийг оновчтой сонгох жишээг Хүснэгт 6 ба Зураг 6-д үзүүлэв.

Хүснэгт 6. HU Хэмжилтийн шугаман чанар

№	kVp	mAs	SNR	CNR	CTDI (мГр)	DLP (мГр*см)
1	120	100	5.91	208.81	13.5	311.9
2	120	200	6.16	216.76	26.9	621.7
3	120	300	4.00	82.98	40.4	942.8
4	80	192	3.24	75.22	7.80	193.1
5	140	192	4.38	98.29	37.4	861.7



Зураг 6. Радиографын зургийг оновчтой болгоход кВ ба мАсек-ийн өөрчлөлтийн параметрийн нөлөө

CNR ба DLP хэмжилтийн үр дүнгээс кВ ба мАсек параметрийн утгуудын өөрчлөлтөөр зургийн чанар болон цацрагийн тунг багасгах боломжтой гэсэн мэдээллийг олж авсан. мАсек-ийн өөрчлөлтийн хувьд 100 мА-д CNR утга нь 200 мА-тай ойролцоо. 100 мА-д үүссэн DLP утга нь 200 мА-аас бага боловч КТ зургийн оновчтой чанарыг бий болгох цацрагийн өртөлтийг сонгоход нэмэлт дүн шинжилгээ хийх шаардлагатай байна. КТ зургийн оновчтой чанарыг тодорхойлохдоо физик үзүүлэлтүүдийн объектив хэмжилтийн аргуудыг (HU, дүрсийг жигд байдал, шугаман байдал, дүрсийн ялгарал) шинжилгээг ашиглан КТ аппаратын Visual radient Analysis (VRA) and Receiver Operator Characteristic (ROC) шинжилгээний протоколын аргын дагуу радиологич эмчийн эмнэлзүйн ажиглалттай холбох замаар хийх ёстой[5]. КТ зургийг сайжруулахын тулд дүрсийн давталттай сэргээн босголтыг ашиглаж шуугианы хэмжээг бууруулах цацрагийн тунгийн утгыг 50% хүртэл бууруулах боломжтой[15].

ДҮГНЭЛТ

1. HU, дүрсийн жигд байдал, шугаман байдал нь зөвшөөрөгдөх хязгаарт байгаа тул стандарт пантомын хэмжилт хийсэн КТ аппаратыг шинжилгээнд ашиглаж болно. Дүрсийн ялгарлын нарийвчлалын HU утгууд нь мАсек параметрт нөлөөлдөггүйг туршилтаар тогтоолоо. кВ-ын бага хэмжээний өөрчлөлт бага ялгаралтай зургийн чанарт мэдэгдэхүйц өөрчлөлт гараагүй ч кВ-ыг 60кВ-ын нэмэгдүүлэхэд HU-ийн утга 36% орчим өсөх кВ параметрт нөлөөлсөн.
2. Үр дүнгээс үзэхэд CNR нь 200мА-т хамгийн бага, 80 кВ ашиглах үед хамгийн өндөр утгыг авсан. Зураг авах цацрагийн оновчтой байдлыг үзэхэд 120 кВ, 300мАсек-д хамгийн өндөр тунгаар зураг авсан бөгөөд DLP тун нь 942,8 м*Гр *см байв. Харин 80 кВ, 192 мА-т DLP тун нь 193,1 м*Гр *см буюу хамгийн бага тунтай байсан. мАсек-ийн өөрчлөлтийн хувьд 100 мА-д CNR утга нь 200 мА-тай ойролцоо байсан, 100 мА-д DLP тун нь 200 мА-аас бага байсан боловч рентген зургийн оновчтой чанарыг бий болгоход нэмэлт дүн шинжилгээ хийх шаардлагатай байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] J.G.Ott, A. Ba, D. Racine, A. Viry, F. O. Bochud, and F. R. Verdun, "Beurteilung von iedrigkontrast- Detektion im CT mit odel-Beobachter: Entwicklung von einem klinisch relevanten Werkzeug, um Adaptive Statistical und odel-Based iterative Verfahren zu charakterisieren," *Z. Med. Phys.*, vol. 27, no. 2, pp. 86-97, 2017.
- [2] L. O'Hora and S. . Foley, "Iterative reconstruction and automatic tube voltage selection reduce clinical CT radiation doses and image noise," *Radiography*, vol. 24, no. 1, pp. 28-32, 2018.
- [3] I.M . L . N oferini, A. Taddeucci, Bartolini, A. Bruschi, "CT image quality assessment by a Channelized Hotelling Observer (CHO): Application to protocol optimization," *Phys. Medica*, vol. 32, pp. 1717-1723, 2016.
- [4] S. Lee, H. Kwon, and Cho, "The Detection of Focal Liver Lesions Using Abdominal CT: A Comparison of Image Quality Between Adaptive Statistical Iterative Reconstruction V and Adaptive Statistical Iterative Reconstruction," *Acad. Radiol.*, vol. 23, no. 12, pp. 1532-1538, 2016.
- [5] F. Zarb, L. Rainfordcentee, "Image quality assessment tools for optimization of CT images," *Radiography*, vol. 16, no. 2, pp. 147-153, 2010.
- [6] Smarda *et al.*, "High-Resolution Computed Tomography Examinations for Chronic Suppurative Lung Disease in Early Childhood: Radiation Exposure and Image Quality Evaluations With Iterative Reconstruction Algorithm Use," *Can. Assoc. Radiol. J.*, vol. 67, no. 3, pp. 218-224, 2016
- [7] K. ulliksrud, C. Stokke, and A. C. Trregde artinsen, "How to measure CT image quality: Variations in CT- numbers, uniformity and low contrast resolution for a CT quality assurance phantom," *Phys. Medica*, vol. 30, no. 4, pp. 521-526, 2014.
- [8] F. R. Verdun *et al.*, "Image quality in CT: From physical measurements to model observers," *Phys. Medica*, vol. 31, no. 8, pp. 823-843, 2015.
- [9] F. Zarb and L. Rainford, "Psychophysical evaluation of Catphan@600 CT image quality findings using human observers and software analysis," *Radiography*, vol. 20, no. 4, pp. 318-322, 2014.
- [10]Z. ansour, A. okhtar, A. Sarhan, . T. Ahmed, and T. El-Diasty, "Quality control of CT image using American College of Radiology (ACR) phantom," *Egypt. J. Radiol. Nucl. Med.*, vol. 47, no. 4, pp. 1665-1671, 2016.
- [11]F. Zarb, L. Rainford, S. Foley, and . F. cEntee, "Rationale for ational and Local Dose Reference Levels and Collective Effective Dose in CT," *J. Med. Imaging Radiat. Sci.*, vol. 40, no. 3, pp. 109-115, 2009.
- [12]B. Alikhani, L. amali, H. . Raatschen, F. Wacker, and T. Werncke, "Impact of CT parameters on the physical quantities related to image quality for two DCT scanners using the ACR

- accreditation phantom: A phantom study," *Radiography*, vol. 23, no. 3, pp. 202-210, 2017.
- [13] Chad Dillon, William Breeden III, Jessica Clements, Diana Cody, PhD Dustin Press, P. Kalpana Kanal, PhD James Kofler, Michael F. C. Pitt-ray, PhD James Orweck, S Doug Pfeiffer, and Thomas Ruckdeschel, S Keith Strauss, S, FACR James Tomlinson, *ACR; Computed tomography Quality Control Manual*. 2017.
- [14] H. H. Pien and A. Blake, "Abdominal CT: Comparison of Adaptive Statistical Iterative and Filtered Back Projection Methods: Results: Conclusion:," *Radiology*, vol. 257, no. 2, pp. 373-383, 2010.
- [15] Donahue and Wintermark, "Perfusion CT and acute stroke imaging: Foundations, applications, and literature review," *Journal of Neuroradiology*. 2015.

COVID-19-ИЙН ОНОШИЛГООНД АШИГЛАГДАЖ БУЙ КОМПЬЮТЕРТ ТОМОГРАФ АППАРАТ БАЙРЛАХ ӨРӨӨНИЙ АГААРЫГ ХАЛДВАРГҮЙЖҮҮЛЭХ АРГУУДЫН ҮР ДҮНГ ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

О.Ялалт¹, Д.Булгансүрэн²

¹ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар

² АШУҮИС, Анагаах ухааны сургууль

o.yalalt@must.edu.mn, bulgansuren@mnums.edu.mn

Хураангуй

Уушгины компьютер томограф (КТ) нь COVID-19-ийг оношлох хамгийн найдвартай, үнэн зөв аргуудын нэгээр нотлогдсон. COVID-19-ийн шинжилгээ хийх КТ-ийн өрөөг ихэнх эмнэлгүүдэд халдваргүйжүүлэлт, тусгаарлах хатуу системийг баримтлан ажиллаж байна. Энэхүү судалгаагаар өрөөг халдваргүйжүүлэхэд ашигладаг төрөл бүрийн багаж, тоног төхөөрөмжүүдийг ашиглан КТ-ийн өрөөг халдваргүйжүүлэх, хамгаалах хамгийн үр дүнтэй аргыг тодорхойлох юм. COVID-19-д зориулагдсан КТ-ийн өрөөний агаарыг ариутгахад хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн ламп (А бүлэг), плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч (В бүлэг), хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн ламп болон плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч (С бүлэг) ашиглан халдваргүйжүүлэх гурван аргын тохиолдлуудыг ашигласан. Агаарыг халдваргүйжүүлэх гурван аргын халдваргүйжүүлэлтийн үр нөлөөг үнэлэх, харьцуулахдаа нэг хүчин зүйлийн ANOVA тестийг ашигласан бөгөөд КТ өрөөний агаарт байгаа бичил биетийг илрүүлэхдээ нетрийн аяганд бэлтгэсэн агар бүхий тэжээлт орчинд өсгөвөрлөгдсөн колоний тоог шинжилсэн. КТ өрөөний агаарыг ариутгахдаа хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэгч лампыг плазмын эргэлтийн агаар ариутгагчтай хослуулан хэрэглэх нь хамгийн урт хугацаанд хамгийн сайн ариутгах нөлөөтэй байна. Тиймээс бид халдваргүйжүүлэлтийн хосолсон аргыг (хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн ламп ба плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч) хэрэглэх нь үр дүнтэй байна.

Түлхүүр үг: Хэт ягаан туяаны ламп, плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч, бичил биет, дүрс оношилгоо, халдвар

I. УДИРТГАЛ

2019 оны арван хоёрдугаар сард БНХАУ-ын Хубэй мужийн Ухань хотод вирус уушгины хатгалгааны олон тохиолдол бүртгэгдэж, тэр даруй улс орны 30 гаруй хот, мужид тархсан[1]. 2020 оны 1-р сарын 12 гэхэд энэхүү ер бусын вирус уушгины хатгалгааны дэгдэлтэд өртсөн вирус нь Бета коронавирус[2] төрөлд хамаарах шинэ төрлийн коронавирус болохыг тогтоосон. Дараа нь Олон улсын вирусийн ангилал зүйн хорооноос амьсгалын замын цочмог хам шинжийн хүнд хэлбэрийн коронавирус-2 (SARS-CoV-2) гэж нэрлэсэн.

Үүний дараа Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага SARS-CoV-2 халдвараас үүдэлтэй өвчнийг 2019 оны коронавирусын өвчин (COVID-19) гэж албан ёсоор тодорхойлсон[3]. Цаашдын судалгаанууд нь халдвар дамжих олон зам, удаан оршин тогтнох хугацаа, ерөнхий мэдрэмтгий байдал зэрэг вирусийн чухал шинж чанаруудыг илрүүлсэн[4]. Вирусийн цаашдын тархалтаас урьдчилан сэргийлэх чухал арга хэмжээ болох зохион байгуулалттай халдваргүйжүүлэлт, тусгаарлалтыг бий болгосон[5]. Уушгины компьютер томограф (КТ) нь COVID-19-ийг оношлох хамгийн найдвартай, үнэн зөв аргуудын нэг юм[6].

Зарим эмнэлгийн дүрс оношилгооны тасаг нь COVID-19-д зориулсан КТ-ийн тусгай өрөөг

гаргаж эмнэлгүүдэд хөндлөнгийн нөлөөллөөс халдвар авахгүйн тулд халдваргүйжүүлэлт, тусгаарлах хатуу системийг бий болгосон. Эрүүл мэндийн яамнаас шинэ төрлийн коронавирусын уушгины хатгалгааны оношилгоо, эмчилгээний удирдамжийн дагуу халдварт өвчний үед эмнэлгийн байгууллагуудын агаарыг халдваргүйжүүлэхдээ хлор, ариутгагч, перацетины хүчил, хлорын давхар исэл, устөрөгчийн хэт исэл, бага эзлэхүүнтэй шүрших аргыг хэрэглэнэ гэж зааж өгсөн.

Нэмж дурдахад SARS-CoV-2 нь хэт ягаан туяанд мэдрэмтгий бөгөөд хэт ягаан цацраг туяанаас хойш 30 минутын дотор идэвхгүй болдог тул халдваргүйжүүлэх зорилгоор хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн ламп олон судалгаанд тусгасан байна. Гэсэн хэдий ч КТ аппаратын бүтэц, онцлогийг харгалзан санал болгож эдгээр халдваргүйжүүлэлтийн аргууд дутагдалтай талууд байдаг[7]. Энэхүү судалгаа нь COVID-19 дэгдэлтийн үед аппарат, тоног төхөөрөмжийг халдваргүйжүүлэх үндэслэл болно.

II. МАТЕРИАЛ БА АРГА ЗҮЙ

a. Туршилтын объектууд

Ойролцоогоор 45 квадрат метр талбайтай өрөөнд байрлуулсан 16 зүслэгтэй КТ аппарат (Загвар: Германы Siemens компани Samoton "Emotion-16") байрлуулсан өрөөний агаарт байгаа

бичил биетийн колонийн тоог судалгааны объектод туршиж үзсэн.

b. Ашигласан багаж хэрэгсэл

Энэхүү судалгаанд хамрагдсан багаж хэрэгслийн параметруудийг дараах байдлаар жагсаав: Хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэгч ламп (Загвар: ZW30S19W (Y), Jiang Su Juguang Photoelectric Co. LTD, Хятад), плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч (Загвар: SKW-DJX-G150, Ченгду хот), San Kangwang Disinfection Equipment Co. LTD, Хятад), бичил биетнээс дээж авах (Загвар: MAS-100 NTTM, Merck KGaA), CO₂ тогтмол температурт инкубатор (Загвар: 3111, Thermo Scientific Inc) ашигласан.

c. Халдваргүйжүүлэх арга

Хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн ламп (А бүлэг), плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч (В бүлэг), хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн ламп болон плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч (С бүлэг) ашиглан халдваргүйжүүлэх гурван аргыг COVID-19-д зориулсан КТ-ийн өрөөнд агаарыг ариутгахад ашигласан. Бүлэг бүр агаарын дээжийг тус бүр 2 өдрийн турш 5 цэгээс цуглуулж, өдөр бүр цаг тутамд 3 удаа авсан. А бүлэгт 30 Вт чадалтай 4 ширхэг шулуун хэлбэртэй хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн лампыг өрөөний хэмжээнээс хамааруулан КТ өрөөнд суурилуулсан бөгөөд лампыг газраас ойролцоогоор 2 м зайд байрлуулсан. КТ-ийн шинжилгээний дуусаад өрөө хоосон үед хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн лампыг 8 цаг тутамд 60 минутын турш асааж халдваргүйжүүлэлт хийсэн.

Дараа нь лампыг унтрааж, 10 минутын дараа эмнэлгийн ажилтнууд КТ-ийн өрөөнд орж сорьц авсан. В бүлэгт КТ-ийн шинжилгээний төгсгөлд 8 цаг тутамд плазмын эргэлтийн агаар ариутгагчийг асааж, КТ-ийн өрөөнд хэн ч байхгүй үед ≥ 1000 м³/цаг агаарын дундаж эргэлтийн эзлэхүүнтэй агаарыг халдваргүйжүүлэхэд ашигласан. Ариутгагчийг 60 минутын халдваргүйжүүлсний дараа унтрааж[8] 10 минутын дараа эмнэлгийн ажилтнууд КТ-ийн өрөөнд орж дээж авсан.

С бүлэгт шинжилгээний дараа өрөөнд плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч ба хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн лампыг асаав. 8 цаг тутамд ижил хугацаанд. Ойролцоогоор 10 минутын дараа эмнэлгийн ажилтнууд сорьц авахаар СТ-ийн өрөөнд орж авсан.

d. Дээж цуглуулга

Дээжийг 60 минутын турш агаар халдваргүйжүүлсний дараа 10 минутын дараа өдөрт гурван удаа цуглуулсан. Дээж цуглуулахдаа 90 мм тэжээлийн 5 цэгийн байрлал 1 минутын турш байлгаж КТ өрөөнөөс агаарын дээжийг цуглуулав. Дээж авсны дараа хавтанг 37°C-ийн инкубаторт 48 цагийн турш байрлуулсан. Дараа нь колонийн тоо, нянгийн нийт тоог электрон

микроскоп ашиглан эмнэлгийн лаборант тоолсон[9].

e. Статистикийн дүн шинжилгээ

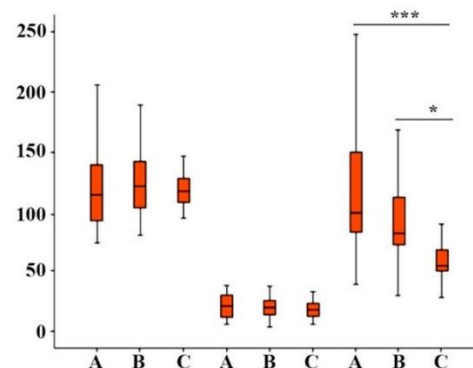
Энэхүү судалгаанд SPSS22.0 статистик программ ашиглан өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийсэн. Хэмжилтийн өгөгдлийг дараах байдлаар үзүүлэв. Өгөгдлийн хэвийн байдлыг шалгахын тулд SPSS22.0 дахь квантил-квантилийн графикийг ашигласан бөгөөд бүлэг хоорондын ялгааг илрүүлэхийн тулд нэг хүчин зүйлийн ANOVA тестийн аргыг ашигласан. Бүлгүүдийн зөрүү статистикийн хувьд ач холбогдолтой гэж үзсэн.

III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Халдваргүйжүүлэх гурван аргыг хэрэглэхээс өмнө КТ өрөөнд байгаа агаарын нянгийн тоо мэдэгдэхүйц ялгаагүй байсан. Халдваргүйжүүлэлт хийхээс өмнөх гурван аргатай харьцуулахад халдваргүйжүүлэлтийн дараах агаарын колонийн тоо мэдэгдэхүйц буурсан байна (Хүснэгт 1). Бүлэг хоорондын харьцуулалтаас харахад гурван аргаар халдваргүйжүүлсний дараа шууд халдваргүйжүүлэх нөлөө мэдэгдэхүйц ялгаагүй байсан бол халдваргүйжүүлснээс хойш 2 цагийн дараа С бүлгийн бактерийн колонийн тоо А, В бүлгийнхээс хамаагүй бага байсан.

Хүснэгт 1. Халдваргүйжүүлэх гурван аргын өмнөх ба дараах агаарын колонийн тоог харьцуулах (CFU/m)³.

Халдваргүйжүүлэх арга	Халдваргүйжүүлэхээс өмнө	Халдваргүйжүүлэлт хийсний дараа шууд	Халдваргүйжүүлснээс хойш 2 цагийн дараа
А арга	120,00±45,54	21,58±12,35	121,25±56,63
В арга	120,02±42,31	20,43±8,69	97,10±47,19
С арга	121,00±28,98	21,10±14,75	66,60±41,66



Зураг 1. Эдгээр гурван халдваргүйжүүлэлтийн аргын гурван халдваргүйжүүлэх нөлөө ялгаатай байдал.

Хүснэгт 2. Халдваргүйжүүлэх гурван аргыг ашиглан агаарын колонийн тоог харьцуулсан байдал

Хугацаа	А болон В		А болон С		В болон С	
	t	p	t	p	t	p
Халдваргүйжүүлэлт хийсний дараа шууд	0,336	0,739	0,112	0,911	-0,183	0,856

Халдваргүйжүүлсэн ээс хойш 2 цагийн дараа	1,465	0,151	10,312 ***	0,00 0 ***	2,167	0,037 *
---	-------	-------	---------------	------------------	-------	------------

Цээжний КТ-ийн шинж чанарууд нь COVID-19-ийг оношлоход чухал ач холбогдолтой болохыг бид олж мэдсэн бөгөөд энэ нь COVID-19-ийг нийтлэг томуугаас ялгаж салгаж чадахаас гадна өндөр мэдрэмжтэй, харьцангуй шинж чанар, инвазив бус, хурдан гэх мэт хэд хэдэн давуу талтай байсан. SARS-CoV-2-ийн гол дамжих зам нь агаар дусал болон хавьтлаар дамжуулалтыг мөн илрүүлсэн. Эмнэлгийн орчны халдваргүйжүүлэлтийн менежмент нь халдвараас урьдчилан сэргийлэх, хамгийн чухал арга юм. Энэхүү судалгаанд бид эмнэлгийн байгууллагад ариутгал халдваргүйжүүлэлтийн техникийн тодорхойлолт, шинэ төрлийн коронавирүсийн уушгины хатгалгааны оношилгоо, эмчилгээний удирдамж, дүрс оношилгооны тасгийн ариутгал халдваргүйжүүлэлтийн багаж хэрэгслийн дагуу хэд хэдэн өөр халдваргүйжүүлэлтийн аргууд тэдгээрийн халдваргүйжүүлэх нөлөөг судалсан.

Ариутгалын бодисоор шүрших нь агаарыг халдваргүйжүүлэхэд хамгийн өргөн хэрэглэгддэг арга бөгөөд ерөнхийдөө 500 мг/л хлорт суурилсан ариутгагч бодисыг 10 мл/м³-т цацдаг. Гэсэн хэдий ч КТ төхөөрөмж нь янз бүрийн боловсронгуй нарийн электрон бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс бүрдэх бөгөөд температур, чийгшил нь харьцангуй тогтмол 18-22 °C ба 40-60% -ийн хооронд байх ёстой[10]. Эдгээр электрон эд ангиуд ариутгалын бодисоор шүршихэд нөлөөлдөг.

Түүнчлэн халдваргүйжүүлэх бодис цацах үед шингэний тархалт нь цахилгаан тоног төхөөрөмжийг гэмтээж, КТ төхөөрөмжийн нарийн электрон эд ангиудыг зэврүүлж болзошгүй юм. Өмнө хийгдсэн судалгаагаар ариутгалын бодисыг шүршихийн өмнө машиныг унтрааж, хуванцар хальсаар хучих ёстой гэж үзсэн[11]. Гэхдээ КТ бүтээсэн хуванцар хальстай харьцах үед халдвар гарч болзошгүй бөгөөд КТ-г олон удаа асаах, унтраах нь элэгдлийг хурдасгадаг. Тиймээс энэ туршилтад ариутгалын бодис цацах аргыг сонгоогүй.

Хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн ламп нь 200-275 нм долгионы урттай хэт ягаан туяаг ашигладаг бөгөөд энэ нь хүчтэй ариутгах чадвартай, гүйцэтгэлийн тогтвортой байдлыг хангадаг[12]. Эмнэлгийн тоног төхөөрөмжийн инженерүүд хэт ягаан туяанаас ялгарах озон нь зарим электрон эд ангиудад саад учруулж, төхөөрөмжийг гэмтээж, КТ дүрсний чанарт сөргөөр нөлөөлж болзошгүй, хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийг ойр ойрхон хийх нь бүрхүүлийн шинж чанарыг муутгаж, КТ төхөөрөмжийн ашиглалтын хугацааг богиносгодог гэж үздэг.

Иймээс манай судалгааны баг өмнө нь КТ-ийн өрөөнд хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн

лампыг суурилуулж байгаагүй. Гэсэн хэдий ч шинэ коронавирүсын уушгины хатгалгааны оношилгоо, эмчилгээний удирдамж болон олон тооны судалгааны тайлан нь SARS-CoV-2 нь хэт ягаан туяанд мэдрэмтгий гэж дүгнэсэн байдаг. Тиймээс хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлт нь энэхүү COVID-19 тахлын үед хэрэглэх ёстой агаарыг халдваргүйжүүлэх аргуудын нэг юм. КТ-ийн өрөөнд хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн лампыг суурилуулж, КТ-ийн өрөөг халдваргүйжүүлэх үр дүнтэй эсэхийг үнэлэх зорилгоор энэхүү туршилтыг явуулсан. Хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн лампыг зөвхөн амьд организм байхгүй үед л хийх ёстой. Нэмж дурдахад, халдваргүйжүүлэлтийн үр нөлөө нь цаг хугацаа, ажилтнуудын шилжилт хөдөлгөөнөөр буурдаг[13]. Агаарын урсгалыг ариутгах (байгалийн агааржуулалт эсвэл механик агааржуулалт) нь агаарыг халдваргүйжүүлэхэд тохиромжтой, үр дүнтэй байдаг. КТ төхөөрөмжид тавигдах тоосжилтгүй байх шаардлага нь КТ өрөөг зохион байгуулахдаа өрөөнд цонх хийх боломжгүй болгодог. Тиймээс плазмын эргэлтийн агаар ариутгагчийг ихэнх КТ өрөөнд агаарыг халдваргүйжүүлэхэд ашигладаг. плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч нь плазм, шүүлтүүр, электростатик талбай зэрэг ариутгах аргуудтай нэгдэл юм[14]. Түүний үйл ажиллагааны гол цөм нь плазмын реактор бөгөөд хүчтэй цахилгаан орны нөлөөн дор бактерийн эсийн мембраныг устгаж, бичил биетнийг үр дүнтэй устгадаг[15].

Энэхүү судалгааны үр дүнгээс үзэхэд халдваргүйжүүлэлтийн дараах гурван аргын бактерийн колонийн тооны ялгаа нь халдваргүйжүүлэлтийн өмнөх үетэй харьцуулахад статистикийн хувьд чухал ач холбогдолтой болохыг харуулж байна. Хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн лампыг, плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч, хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн лампыг болон плазмын эргэлтийн агаар ариутгагчийн хослол нь КТ аппаратын өрөөнд сайн ариутгалын нөлөө үзүүлдэг.

Бүлэг хоорондын харьцуулалтаас үзэхэд хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэгч лампын плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч (С бүлэг)-ийн халдваргүйжүүлэлтийн нөлөө нь хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэгч лампыг (А бүлэг) болон плазмын эргэлтийн агаар ариутгагч (Б бүлэг)-ээс илүү байсан. Тиймээс халдваргүйжүүлэлтийн үр нөлөө тогтвортой байх ба SARS-CoV-2-ын хэт ягаан туяанд мэдрэмтгий байдалд үндэслэн бид халдварын дэгдэлтийн үед COVID 19-д тусгайлан зориулагдсан КТ өрөөнд агаарыг халдваргүйжүүлэхийн тулд хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн лампыг плазмын эргэлтийн агаар ариутгагчтай хослуулан хэрэглэхийг зөвлөж байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Дүгнэж хэлэхэд COVID-19 халдварын тархалтад бүрэн хариу арга хэмжээ авч, халдваргүйжүүлэлтийн үр нөлөөг хадгалах, COVID-19-д зориулагдсан КТ-ын өрөөнүүдийн аюулгүй байдлыг хангахын тулд бид агаарыг маш сайн халдваргүйжүүлэх хэрэгтэй.
2. Хэт ягаан туяаны халдваргүйжүүлэлтийн лампыг плазмын эргэлтийн агаар ариутгагчтай хослуулан хэрэглэх өндөр үр дүнтэй арга болох нь судалгаанаас харагдаж байна. Уушгины хатгалгааны тусгай КТ аппаратын өрөөг халдваргүйжүүлж, дам халдварыг арилгах, эмч, өвчтөний аюулгүй байдлыг хангах боломжтой.
3. Туршилтын өмнө бид бүрэн бэлтгэл хийсэн ч энэ судалгаанд хэд хэдэн хязгаарлалт бий. Нэгдүгээрт, найдвартай үр дүнд, хүрэхийн тулд илүү олон дээж цуглуулах хэрэгтэй. Хоёрдугаарт, энэ судалгаанд халдваргүйжүүлэх аргыг ихэвчлэн эмнэлзүйн орчинд ашигласан. Илүү үр дүнтэй байхын тулд халдваргүйжүүлэх шинэ аргуудыг харьцуулж үзэх хэрэгтэй байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] CCTV News Client, Pneumonia outbreak 24 hours: the CPC central committee has set up a leading group on epidemic response, level one public health incident response had initiated in 30 provinces and municipalit, 2020.
- [2] A. E. Gorbalenya, Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus-the species and its viruses, a statement of the Coronavirus Study Group, BioRxiv, 2020.
- [3] D. S. Hui, E. I Azhar, T. A. Madani et al., “The continuing 2019-nCoV epidemic threat of novel coronaviruses to global health — the latest 2019 novel coronavirus outbreak in Wuhan, China,” *International Journal of Infectious Diseases*, vol. 91, pp. 264–266, 2020. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
- [4] Q. Wei and Z. Ren, “The disinfection measures in pneumonia epidemic focus for COVID-2019 (in Chinese),” *Chinese Journal of Disinfection*, vol. 37, no. 1, pp. 59–62, 2020. View at: [Google Scholar](#)
- [5] Q. Wei and Z. Ren, “The disinfection measures in pneumonia epidemic focus for COVID-2019 (in Chinese),” *Chinese Journal of Disinfection*, vol. 37, no. 1, pp. 59–62, 2020. View at: [Google Scholar](#)
- [6] H. Shi, X. Han, and Y. Fan, “Radiologic features of patients with 2019-nCov infection,” *Journal of Clinical Radiology*, vol. 32, no. 5, pp. 424–426, 2015. View at: [Google Scholar](#)
- [7] Y. Chen, “To investigate and protect CT machine room of steriligation,” vol. 19, no. 3, pp. 153–155, 2010. View at: [Google Scholar](#)
- [8] H. He, X. Xu, and X. Yan, “The air clean-up effect of a plasma air disinfection machine on hematopoietic stem cell transplantation ward,” *Chinese Journal of Disinfection*, vol. 32, no. 5, pp. 424–426, 2015. View at: [Google Scholar](#)
- [9] L. Wu, J. Luo, Z. Yang, and B. Zhang, “Observation on the terminal disinfection effect of vaporized hydrogen peroxide on RICU wards,” *Chinese Journal of Disinfection*, vol. 36, no. 12, pp. 902–904, 2019. View at: [Google Scholar](#)
- [10] Y. Ge, “The discussion on the maintenance of CT equipment (in chinese),” *Journal of Imaging Research and Medical Applications*, vol. 2, no. 23, pp. 245-246, 2018. View at: [Google Scholar](#)
- [11] Expert group of specialized committee for technologists on infectious diseases radiological technology committee of Chinese medical association, *Expert consensus of radiological examination scheme and infection prevention of the 2019 novel coronavirus pneumonia (First version)*.
- [12] H. Zou, “The observation of application of straight tube ultraviolet sterilamps with two different powers (in chinese),” *China Medical Device Information*, vol. 25, no. 1, pp. 149-150, 2019. View at: [Google Scholar](#)
- [13] Q. Husain, C. Banks, B. A. Woodworth, and B. S. Bleier, “Lightening in a bottle: comparison of ultraviolet light to traditional sterilization in saline irrigations bottles,” *International Forum of Allergy & Rhinology*, vol. 10, no. 1, pp. 53–58, 2020. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
- [14] H. Xu, R. Ma, Y. Zhu, M. du, H. Zhang, and Z. Jiao, “A systematic study of the antimicrobial mechanisms of cold atmospheric-pressure plasma for water disinfection,” *Science of the Total Environment*, vol. 703, article 134965, 2020. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
- [15] W. A. Rutala and D. J. Weber, “Disinfection and sterilization in health care facilities,” *Infectious Disease Clinics of North America*, vol. 30, no. 3, pp. 609–637, 2016. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

110 КВ-ЫН ЦДАШ-Д ГАРСАН ТАСРАЛТУУД, ГЭМТЛИЙН БАЙРЛАЛ ТОДОРХОЙЛОХ АРГЫН НАРИЙВЧЛАЛЫГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ

Ө.Баярмаа, Ж.Арслан

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Цахилгаан техникийн салбар
ubayarma99@gmail.com, arslan8835@must.edu.mn

Хураангуй

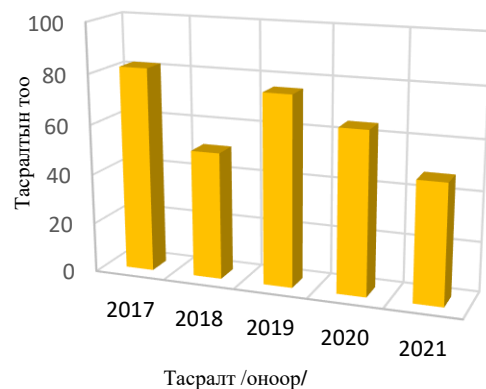
Эрчим хүчний системд цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ)-ын гэмтлийн байрлал тодорхойлох аргуудад анализ хийх, тэдгээрийн алдааг багасгах аргачлал боловсруулах боломж шинээр нээгдэж байна. Ялангуяа аваарын үеийн параметруудийг ашиглан дээр математик боловсруулалт хийх арга (аргачлал) боловсруулах шаардлага зайлиггүй гарч байна. Булган-Хархорины 110 кВ-ын Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ)-ын найдваржилтийг сайжруулж гэмтлийг богино хугацаанд илрүүлж, засвар үйлчилгээг цаг алдалгүй гүйцэтгэх нөхцөлийг хангах талаар энэхүү өгүүлэлд авч үзлээ.

Түлхүүр үг: Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ), тасралтын судалгаа (БЗ), гэмтлийн байрлал тодорхойлох (ГБТ)

I. ОРШИЛ

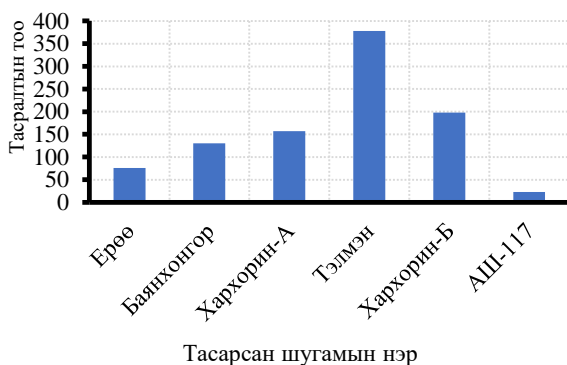
Энэ судалгааны зорилго нь Олон салаал бүхий цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын гэмтлийн байрлалд нөлөөлдөг хүчин зүйлүүдийг судалж түүнд анализ хийхэд оршино. Жишээ болгон Хангайн бүсийн 110кВ-ын ЦДАШ-ыг сонгож авсан бөгөөд 2017 оноос хойш гарсан аваарын үеийн параметрийг ажиглан судалгаа хийсэн. Салааллын эсэргүүцлийг тооцоогүйгээс гарах алдаа, РПН-ны байрлалыг зөв тооцоогүйгээс гарах алдааны тооцоог Дархан-Ерөөгийн 110 кВ-ын шугам дээр тооцоолж үзлээ. Энэ ЦДАШ-ын онцлог нь их чадалтай трансформатор бүхий олон салаатай, харьцангуй их ачаалалтай, урт, харилцан индукцэл бүхий шугам юм [1,2].

тоосжилт их, орчинд ажиллаж байгаа нь нөлөөлж байна. Тасралтын мэдээллүүдээс авч үзэхэд эдгээр шугамууд их тасралттай шугамуудын тоонд орж байна.



Зураг 2. Хангайн бүсийн Булган-Хархорины 110 кВ-ын ЦДАШ-ын тасралтын судалгаа оноор

Хамгийн их тасарсан шугам



Зураг 1. Хангайн бүсийн 110 кВ-ын шугамын тасралтын судалгаа

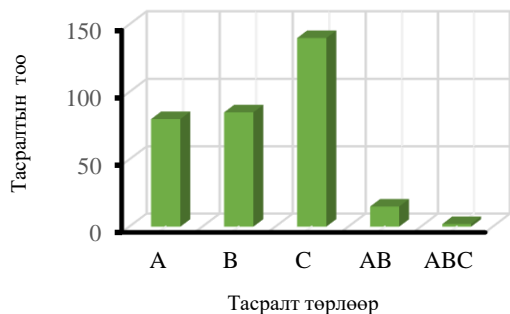
Зураг 1-ээс харахад нийт 1354 тасралтаас Хархорин-Цэцэрлэг, Тэлмэн, Хархорин-Арвайхээр, Хархорин-Баянхонгор зэрэг шугамууд хамгийн их тасралттай байна. Эдгээр шугамууд нь тал хээрийн



Зураг 3. Хангайн бүсийн 110 кВ-ын ЦДАШ-ын АПВ-ын ажилласан байдал

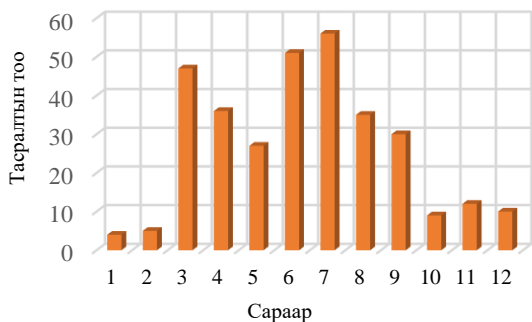
Зураг 2-оос харахад нийт сүүлийн жилүүдэд тасралт нэмэгдэх хандлагатай байгаа бөгөөд шугамын хуучралт, ачаалал ихсэж байгаатай холбоотой. Тасралт нэмэгдэх тусам гэмтлийн байрлал тодорхойлох багаж төхөөрөмж болон гэмтэл хаана болсныг тодорхойлж анализ хийх шаардлага гарч байна.

Зураг 3-аас харахад АПВ 1325 удаа ажилласнаас 92% нь амжилттай ажилласан байна.



Зураг 4. Булган-Хархорины 110 кВ-ын ЦДАШ-ын тасралт (фазаар)

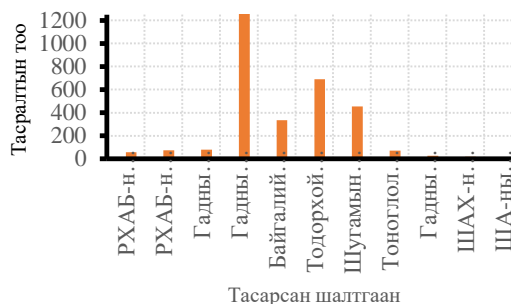
Богино залгааг бичиж санах төхөөрөмжүүд нийт 1849 удаагийн тасралтыг тэмдэглэж авснаас нийт тасралтын 4%-ийг гурван фазын богино залгаа, 3%-ийг хоёр фазын богино залгаа, үлдсэн 93%-ийг нэг фазын богино залгаа эзэлсэн байна



Зураг 5. Хангайн бүсийн 110 кВ-ын ЦДАШ-ын тасралтын судалгаа (сараар)

Эндээс харахад 110кВ-ын ЦДАШ-ын тасралт 6,7,8-р саруудад тасралтын тоо маш өндөр байна.

110кВ-ын нийт шугамын тасралтын шалтгаан



Зураг 6. Шугамын тасралтын шалтгаан

110кВ-ын ЦДАШ-д хамгийн их тохиолдож байгаа тасралтын шалтгаан нь гадны хүчин зүйл болон байгалийн хүчин зүйл их нөлөөлж байна.

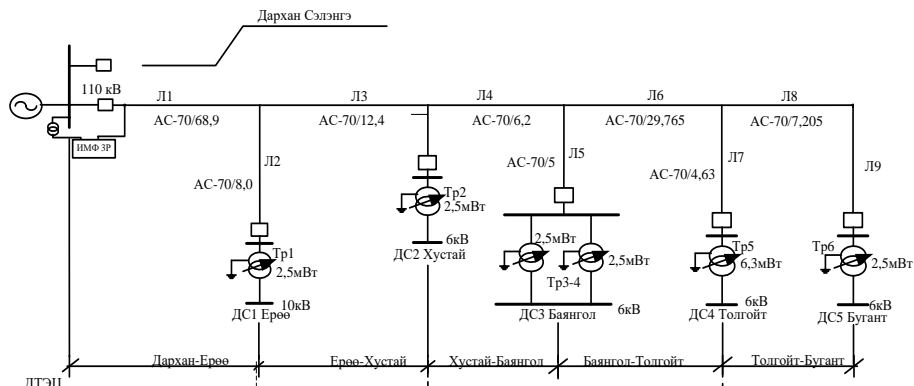
110 кВ-ын ЦДАШ-д гэмтлийн байрлал тодорхойлох зорилгоор дараах төхөөрөмжүүдийг өргөн ашиглаж байна.

Хүснэгт 1

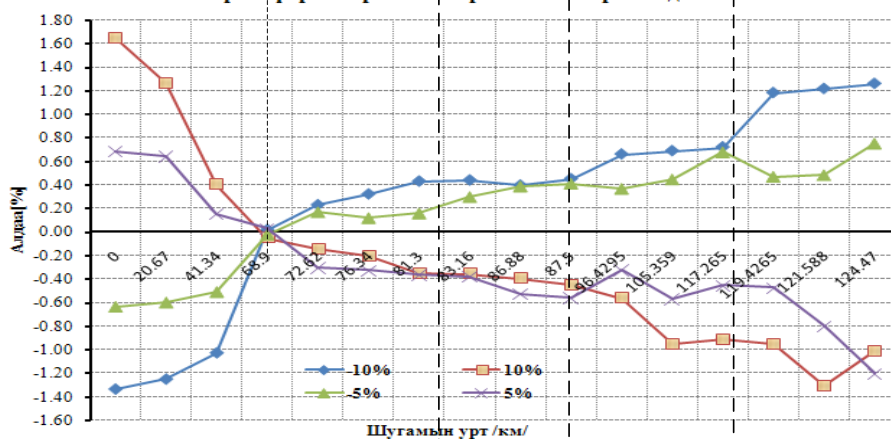
Бүсийн нэр	Шугамын нэр	Ашиглаж буй ГБТ төхөөрөмж
Улаанбаатар	ИХБ-4- АШ208	МИР
	Налайх-АШ101	SEL
Төвийн бүс	ДДЦС-ЕРӨӨ АШ	TOP100
	Дархан-АШ202	АУРА
	Борнуур-АШ116	SEL
	Зүүн хараа-АШ115	SEL
Хангайн бүс	Булган-Хархорин	REM1
	Эрдэнэт	АУРА
	Мөрөн-Тэлмэн	SEL/Сирус
Зүүн-Өмнөд бүс	Айраг-Шанд	SEL
	Өндөрхаан-БУ	D30
	Чойр-Айраг	МИР

Дархан-Ерөөгийн 110 кВ-ын ЦДАШ-ын ТКЗ программаар Дэд станцуудаас аваарын үеийн параметрууд ирэхэд гэмтлийн байрлал тодорхойлох тооцоог хийлээ.

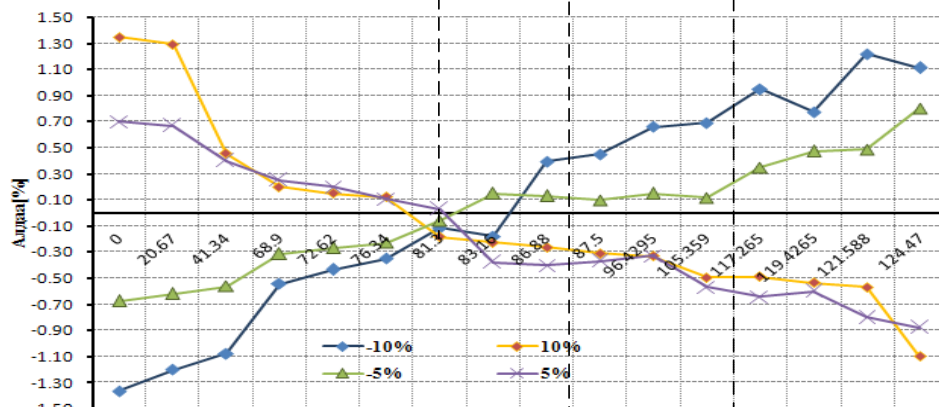
Трансформаторын РПН-ын байрлалыг зөв тооцоогүйгээс үүсэх гэмтлийн байрлал тодорхойлох аргын алдаа



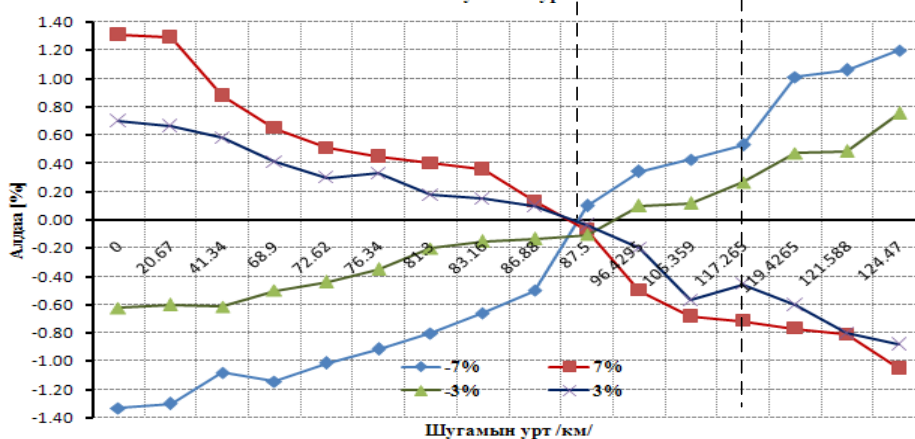
Трансформаторын Уг өөрчлөснөөс гарах алдаа



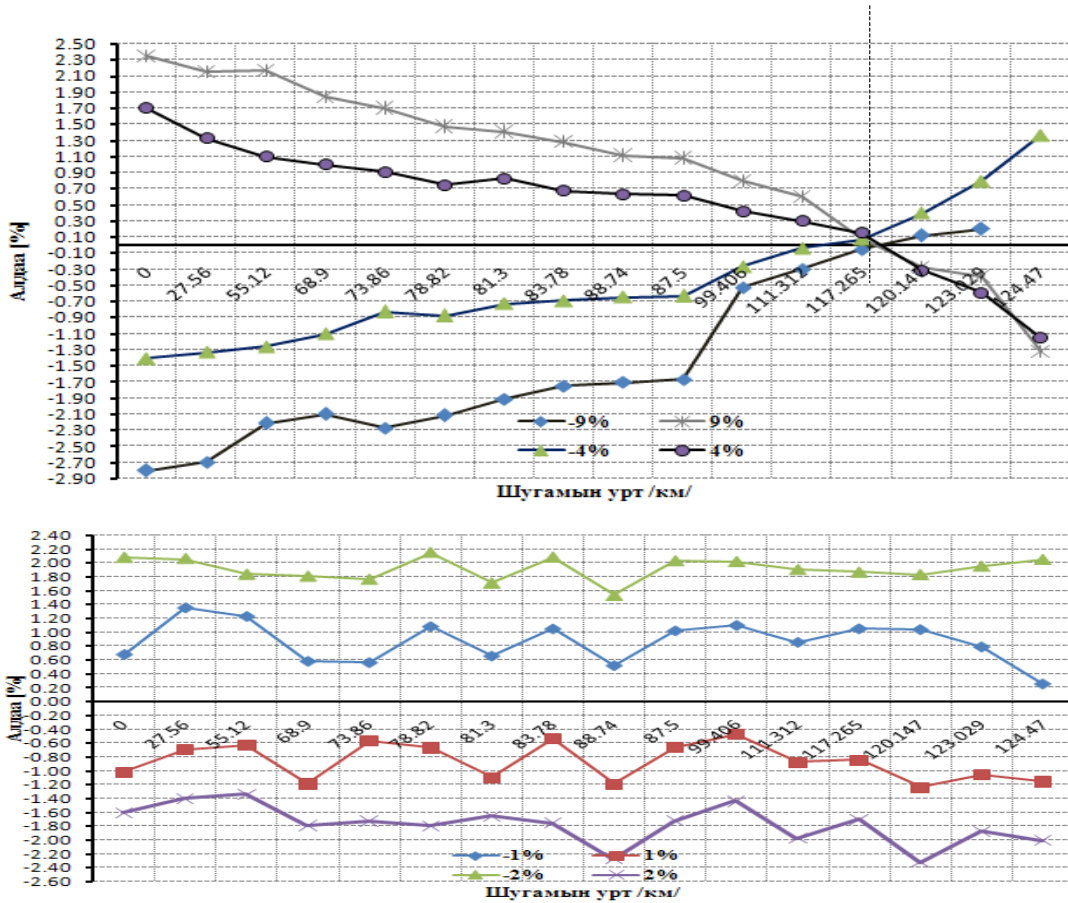
Шугамын урт /км/



Шугамын урт /км/



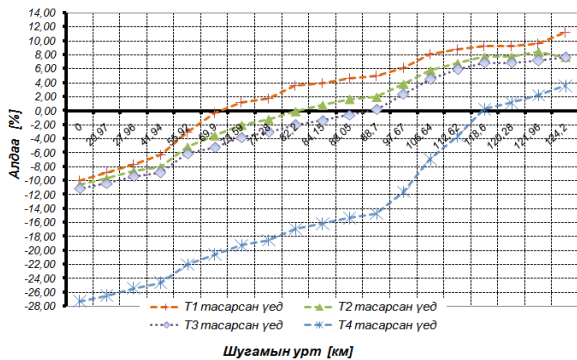
Шугамын урт /км/



Зураг 7. Трансформаторын РПН-ын байрлалыг зөв тооцоогүйгээс үүсэх гэмтлийн байрлал тодорхойлох аргын алдаа

Салааллын эсэргүүцлийг тооцоогүйгээс гэмтлийн байрлал тодорхойлоход гарах алдааг судлах.

Салаагаар гүйх гүйдлийг тооцоогүй үед гарах алдаа нь гэмтлийн байрлал тодорхойлох аргын алдаанд хэрхэн нөлөөлсөн нөлөөллийг зураг 8-д үзүүлэв.



Зураг 8. Салааны гүйдлийг тооцоогүй үеийн алдаа шугамын уртаас хамаарсан байдал

Салааны эсэргүүцлийг тооцоогүй улмаас гарах гэмтлийн байрлал тодорхойлоход гарах алдааг судлах зорилгоор өөр өөр чадалтай трансформатор бүхий салааны эсэргүүцлийг тооцоогүйгээс гарах

гэмтлийн байрлал тодорхойлох алдаа ба шугамын уртаас хамаарах хамаарлыг тооцооны үр дүнгээр байгуулсан. Салааны эсэргүүцлийг тооцоогүй үед гэмтлийн байрлал тодорхойлоход тухайн салаанаас холдох тусам алдаа их гардаг нь харагдаж байна [3].

ДҮГНЭЛТ

1. Олон салаа бүхий ЦДАШ-д гэмтлийн байрлал тодорхойлох тооцоог гүйцэтгэхдээ салаа тус бүрд байгаа трансформаторын эсэргүүцлийг заавал тооцох шаардлагатай байна. Ялангуяа хүчний трансформаторуудын РПН-ын байрлалыг заавал тооцож байх шаардлагатай нь тооцооноос харагдаж байна. Трансформаторын эсэргүүцлийн нарийвчлалыг тооцоогүйгээс үүсэх гэмтлийн байрлал тодорхойлох алдаанд хүчтэй нөлөөлдөг болох нь харагдаж байна.
2. ЦС-ын элементүүдийн параметруудийг болон аваарын үеийн параметруудийн алдааг $\pm 1\%$ -оос ихгүй байдлаар тодорхойлох нь зүйтэй юм байна. Энэ тохиолдолд гэмтлийн байрлал тодорхойлох арыг алдаа нь $\pm 3\%$ -аас ихгүй байх боломжтой байна.

3. Санагч багажийг ашиглаж байгаа үед гэмтэл бүрийн дараа шугамын үзлэг хийх нь цаашид гэмтлийн байрлал тодорхойлох нарийвчлалыг дээшлүүлэх түүнд анализ хийхэд ач холбогдолтой юм.
4. ЦДАШ-д богино залгааны дараа төхөөрөмжийн санаж үлдсэн аваарын үсийн заалтуудад анализ хийх, тэдгээрийг ашиглах нэгдсэн аргачлал боловсруулах шаардлагатай байна.
5. Ихэнх тохиолдолд шугамд бий болсон тогтворгүй БЗ-ны зайг нарийвчлан тогтоож гэмтлийн байрлал тодорхойлох төхөөрөмжийг шугам тус бүрд тавьж гэмтлийн цэгийг үнэн зөв хурдан тогтоох шаардлагатай.
6. Гэмтлийн байрлалыг үнэн зөв хурдан тодорхойлсноор эрчим хүчний системд эдийн засгийн хувьд өндөр үр ашигтай нь тооцооны үр дүнгээс харагдаж байна.
7. Гэмтлийн байрлалыг тодорхойлсон аргын тооцооны үр дүнг ашиглан ЦДАШ-ийн үзлэг

хийх мужийг тодорхойлох арга боловсруулах шаардлагатай байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Арцишевский Я.Л., ОМП линий электропередачи в сетях с заземленной нейтралью. М.: Высш.школа,1988.
- [2] Аржанников Е.А., Лукоянов В.Ю., Мисриханов М.Ш. Определение места короткого замыкания на высоковольтных линиях электропередачи /Под ред. В.А. Шуина.-М.:Энергоатомиздат, 2003.-272с
- [3] Я.Л.Арцишевский, Жамсран Арслан, Метод повышения точности определение мест повреждения за счет уточнения параметров элементов по параметрам аварийного режима в режиме короткого замыкания. // Вестник МЭИ. 2007, №1. с 64-70.

ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ СИСТЕМИЙН ТОГТВОРЖИЛТ ХАНГАХ АВТОМАТИКИЙН ТУРШИЛТ, СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Б.Бат-Эрдэнэ, М.Баттулга, Н.Буян-Өлзий

ШУТИС, Эрчим Хүчний Сургууль, Цахилгаан техникийн салбар
bat_erd@must.edu.mn, battulga@must.edu.mn

Хураангуй

Жилээс жилд өссөн нэмэгдэж буй хэрэглээний чадлыг дотоодын эх үүсвэрээс хангах боломжгүй байгаа тул Монгол улсын төвийн бүсийн эрчим хүчний систем ОХУ-ын эрчим хүчний системтэй холбогддог 220 кВ-ын хүчдэлтэй хоёр хэлхээт цахилгаан дамжуулах агаарын шугамаар импортолж буй чадлын хэмжээг нэмэгдүүлэх шаардлага бий болсон. ОХУ-аас импортоор авах чадлын хэмжээг 245 МВт-аас 345 МВт болгох техникийн боломжийг хангахын тулд тус хоёр хэлхээ цахилгаан дамжуулах агаарын шугамд бодит чадлаар хэт ачаалагдах үед ачаалал хөнгөлөх автоматикийн аролийг нэвтрүүлсэн. Тус автоматикийг нэвтрүүлснээр эрчим хүчний системийн статик тогтворжилт хэрхэн хангагдаж байгаа болон цаашид хөгжүүлэх боломжийн талаар санал дэвшүүлсэн болно.

Түлхүүр үг. Эрчим хүчний систем, ачаалал хөнгөлөх автоматик, АРОЛ, WAMS, цахилгаан дамжуулах агаарын шугам.

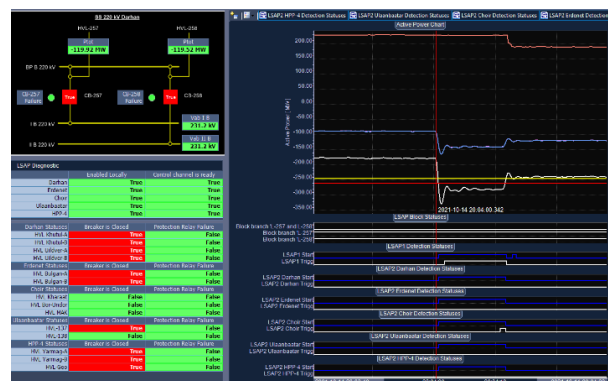
I. ОРШИЛ

Монгол Улсын цахилгаан эрчим хүчний нийт хэрэглээний 75-80 орчим хувийг Төвийн Бүсийн цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ эзэлдэг. Төвийн бүсийн нийт суурилагдсан чадал 1476.4 МВт байгаа ба 82.2 %-ийг дулааны станцууд, 17.8 %-ийг сэргээгдэх эрчим хүчний эх үүсвэрүүд эзэлж байна. Монгол улсын цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ сүүлийн үед жилд дунджаар 228 сая.кВт.цаг буюу 6.3%-иар өссөн бөгөөд цаашид ч өсөх төлөвтэй байгаа тул одоогийн ажиллаж байгаа эх үүсвэрүүдээр хэрэглэгчдийг цахилгаан эрчим хүчээр бүрэн хангах боломжгүй нөхцөл байдал үүсэж байна [1, 12]. Хэрэглэгчийн цахилгаан хангамжийн найдвартай байдал, системийн тогтворжилтыг нэмэгдүүлэхийн тулд систем үүсгэгч шугамуудын найдвартай ажиллагааг сайжруулах автоматикийг нэвтрүүлэх шаардлагатай байна. Дээрх асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд Монголын ЭХС-д систем үүсгэгч 220 кВ-ын АШ-д 13 ш PMU, 110 кВ-ын транзит АШ-д 63 PMU нэмж суурильж WAProtector программ хангамжид холбож WAMS системийг үе шаттай хөгжүүлж байна [2, 8].

АШ-208 нь Дархан дэд станц болон ил хуваарилах байгууламж-4 хооронд холбогддог дан хэлхээ ЦДАШ бөгөөд ТБНС-ний схемийн онцлогоос хамаарч өмнө нь АШ-208 АПАХ-р тасарснаар систем “0” сууж байсан тул цаашид тус ЦДАШ-д АРОЛ автоматикийг нэвтрүүлэх шаардлагатай нь харагдаж байна. Тиймээс дээрх асуудлын хүрээнд АШ-208-ыг WAMS системд холбон АРОЛ автоматикийг нэвтрүүлснээр тухайн шугам тасарснаас үүсэх аваарын тохиолдлыг бууруулж системийн тогтворжилтыг хадгалах боломжтой. АРОЛ автоматикийн ажиллагааг POWERFACTORY программаар шалгаж чадлын урсгалын тооцоог хийж эрчим хүчний системийн тогтворжилтын үр дүнг тооцоолон гаргасан.

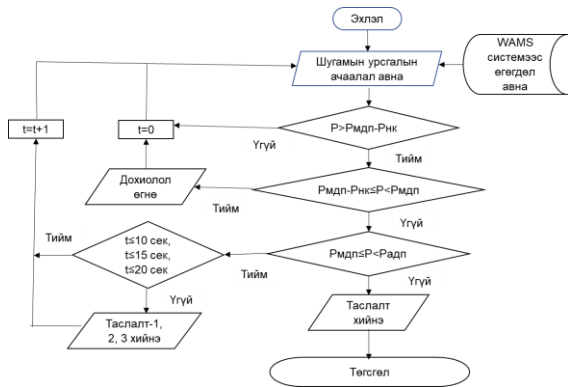
II. АЧААЛАЛ ХӨНГӨЛӨХ АВТОМАТИКИЙН СУДАЛГАА

2021 онд АРОЛ нь нийт 6 удаа ажилласан байна. Одоогийн байдлаар буруу ажилласан тохиолдол бүртгэгдээгүй. Ажилласан байдлаас жишээ авахад: 2021 оны 10-р сарын 14-нд АРОЛ ажилласан. Тухайн үед нь ОХУ-аас импортоор 176.7 МВт чадлыг авч байсан. Энэ үед ТЭЦ-4-ийн Рнийлбэр=595,9 МВт байсан бөгөөд 20:04:00 цагт ТЭЦ-4-ийн ТГ№7 өдөөлтийн хамгаалалтаар зогссоноор ОХУ-аас авах импортын чадлын хэмжээ АРОЛ-ын таслах шат буюу 2-р шатны тавилд хүрч 260 МВт болсноор АРОЛ-ийн 2-р шатаар Зүүн өмнөд бүсийн 110кВ-ын Бор-Өндөр, Хараат, МАК шугамуудыг тасалсан байна [2].



Зураг 1. АРОЛ ажилласан байдал

ЦДАШ-д АРОЛ автоматикийг нэвтрүүлэхэд ажиллах алгоритм, шугамын ачаалагдах дээд чадвар тодорхойлох шаардлагатай.



Зураг 2. АРОЛ ажиллах алгоритм

$P_{мдп}$ - ЦДАШ-ын зөвшөөрөгдөх хамгийн дээд чадал юм. $P_{мдп}$ нь тухайн шугамын нэвтрүүлэх дээд чадлын 80%-иар тодорхойлогддог [3, 9].

$P_{адп}$ - аваарын үед ЦДАШ-ын зөвшөөрөгдөх хамгийн дээд чадал юм. $P_{адп}$ нь тухайн шугамын нэвтрүүлэх дээд чадлын 92%-иар тодорхойлогддог.

$\Delta P_{нк}$ – бодит чадлын тогтвортой бус хэлбэлзэл. Тогтвортой бус хэлбэлзлийн улмаас тухайн хэсгийн чадлын урсгал $\Delta P_{нк}$ – р хазайна гэж үздэг. Цахилгаан системийн хэсэг тус бүрээс хэмжилт авах замаар тодорхойлох ба ийм өгөгдөл байхгүй тохиолдолд дараах томъёогоор тодорхойлно [4, 10].

$$\Delta P_{нк} = k \sqrt{\frac{P_{H1} P_{H2}}{P_{H1} + P_{H2}}} \quad (1.1)$$

Үүнд: P_{H1}, P_{H2} – авч үзэж буй хэсэг тус бүрийн ачааллын нийт чадал, МВт. k – тухайн хэсэг дэх бодит чадлын урсгалыг тохируулах аргыг тооцсон коэффициент. Гараар тохируулдаг бол $k=1.5$, автоматаар тохируулдаг бол $k=0.75$.

Судалгааны үр дүн 1

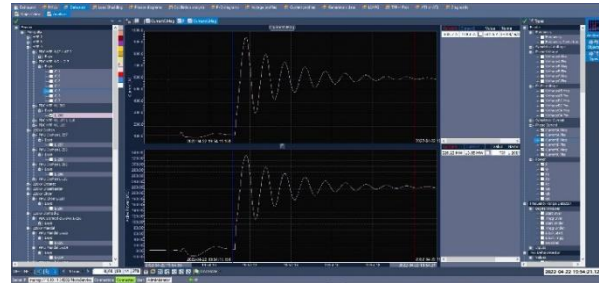
Судалгаагаар АШ-257, 258-ууд залгаатай, импортоор авах актив чадлын хэмжээ 300-309 МВт, 120 МВт-ын 2 ба түүнээс дээш чадлын генератор сүлжээнээс тасрах нөхцөлд тухайн үеийн авч буй ачааллаас хамаарч Селендум талд АДП-ийн /426 МВт/ тавилаас гаргах боломжгүй нөхцөл үүсэхээр байна. АШ-257, 258-ууд залгаатай импортоор авах актив чадлын хэмжээ 300-309 МВт, ИХБ-4-д ДЗШ ажиллах нөхцөлд 2 генератор ачаалалгүй болсноор өмнөх нөхцөл биелэх нөхцөл үүсэж болзошгүй харагдаж байна.

Хүснэгт 1. АШ-257, АШ-258-ын чадлын баланс

Импортоор авч буй чадал	309 МВт
ДЦС-4 ТГ-4	124 МВт
ДЦС-4 ТГ-5	84 МВт
ДЦС-4 ТГ-7	115 МВт
Дээрх чадлын нийлбэр ачаалал	632 МВт
АРОЛ ажиллаж 198 МВт ачаалал хөнгөлсний дараах чадал	434 МВт

Судалгааны үр дүн 2

ЭХС-ийн хэрэглээ жил бүр дунджаар 6.3%-иар нэмэгдэж байгаатай холбоотойгоор систем үүсгэгч транзит ЦДАШ-н ачаалал нэмэгдэж байгаа бөгөөд ТБНС-ний схемийн онцлогоос хамаарч АШ-208 хэт ачаалагдсанаар системийн тогтвортой найдвартай ажиллагаанд шууд сөргөөр нөлөөлж байна. Жишээ нь АШ-208 АПАХ автоматикаар тасарснаар систем “0” суусан. Иймд систем үүсгэгч транзит АШ-208-д ачаалал хөнгөлөх автоматик нэвтрүүлэх зайлшгүй шаардлага үүсэж байна.



Зураг 3. WAMS систем дээрх АШ-208-н урсгал 139% хүртэл ачаалагдаж буй бичлэг

III. САЙЖРУУЛАХ АРГА ЗАМ

Технологийн хөгжил нь ЭХС-н автоматикийн байгууламжийг улам боловсронгуй болгоход чухал ач холбогдолтой [5]. Монголын эрчим хүчний системд нэвтрүүлсэн WAMS систем нь шинэ үеийн хамгаалалтыг нэвтрүүлэх боломжийг бүрдүүлж байна [14].

Иймд одоогийн 5 дэд станцаас гадна систем үүсгэгч 220 кВ-ын АШ-д 13 ш PMU, 110 кВ-ын транзит АШ-д 63 PMU нэмж суурилж WAProtector программ хангамжид холбож WAMS системийг хөгжүүлснээр АРОЛ-ын эзлэхүүн нэмэгдэх, систем үүсгэгч транзит ЦДАШ-д АРОЛ-ыг нэвтрүүлэх боломж үүснэ [6].

Хүснэгт 2. PMU нэмж суурилуулах шаардлагатай АШ-ууд

Дэд станц	WAMS системд холбох боломжтой
ИХБ-4	АШ: 208, 211, 212, 109, 110, 118, 120, Яармаг-А, Яармаг-Б
Улаанбаатар	АШ: 101, 102, 103, 104, 107, 108, 125, 126, 137, 138, 209, 210
ИХБ-3	АШ: 105, 106, Үйлдвэр-110, Г: 5, 6, 7, 8
Зайсан	АШ: 127, 128
Салхит СЦС	АШ: 123, 124
Налайх	АШ: 101, 102, 123, 124, 119
Эрдэнэт	АШ: 201, 202, Булган-А, Булган-Б, 151, 152, Гок: А, Б, Г, Д, Хялганат-А, Хялганат-Б, Г: 1, 2, 3, 4, 5, 6, Т-1, Т-2

Булган	АШ: Мөрөн, Хархорин-А, Хархорин-Б
Хархорин	АШ: Цэцэрлэг-110, Арвайхээр-110
Дархан	АШ: 208, Нар-110, 113, Моннар
Шарын гол	АШ-115
Борнуур	АШ-117
Зүүнхараа	АШ-116
Дархан ДЦС	АШ: Сүхбаатар-110, Дархан-110, Ерөө-110, 114, Г: 1, 2, 3, 4, 5
Сүмбэр нар	АШ-Сүмбэр
Чойр	АТ-1, АТ-2, АШ: Чойр-Мандалговь 110, Бор-Өндөр-110, Айраг-110
Өндөрхаан	АШ: Өндөрхаан-110, Төмөртэй-Чойбалсан 110
Гэгээн НЦС	АШ-144
Шанд СЦС	АШ: 145, 146
Сайншанд	АШ: Айраг-Сайншанд 110, Замын-Үүд-110
Тавантолгой	АШ: Тавантолгой-Ухаахудаг А, Тавантолгой-Ухаахудаг Б, Оюутолгой-110, Даланзадгад-110
Цэций СЦС	АШ: 147, 148
Мандал	АШ: Мандалговь-Тавантолгой 110, 121, 122
Улиастай	АШ: Улиастай-Тэлмэн 110
Тайшир	АШ: Тайшир-110
Улаангом	АШ: 451, Өмнөговь-А, Өмнөговь-Б
Өмнөговь	АШ: Мянгад-110, Өлгий-110
Дөргөн	АШ: Дөргөн-Мянгад 110

Дээрх ЦДАШ-ыг нэмсний дараа АРОЛ автоматикийн эзлэхүүн 90 МВт-аар нэмэгдэж 288 МВт хүрж байна [5].

Хүснэгт 3. АШ-208-д АРОЛ оруулах тавил

д/д	Нөхцөл	1-р шат /дохиолол/	2-4р шат /ачаалал таслах тавил/	5-р шат /ачаалал таслах тавил/
1	АШ-208-н урсгал Дархан	190 МВт	200 МВт	230 МВт

Хүснэгт 4. АШ-208-н 2-4-р шатны ажиллах хугацаа ба эзлэхүүнд орсон чадлын хэмжээ

2-4-р шатны тавил						
д/д	Таслах бүс	Таслах шугам	U /кВ/	Таслах хугацаа /сек/	Шугамын төрөл	Шатлал тус бүрийн таслах нийлбэр чадал /МВт/
1		Бор-Өндөр	110	10	Мухар ЦДАШ	38.1

	Зүүн Өмнөд бүс	МАК				
		Хараат				
2	Улаан баатарын бүс	АШ-137	15	20		75.4
		АШ-138				
		Яармаг Б				
		АШ-ГЕО				
Нийт таслах чадал						113.5

АШ-208 хэт ачаалагдсанаар системийн тогтвортой найдвартай ажиллагаанд шууд сөргөөр нөлөөлж байгаа учир тус ЦДАШ-д АРОЛ автоматик нэвтрүүлэх нь зүйтэй юм [7].

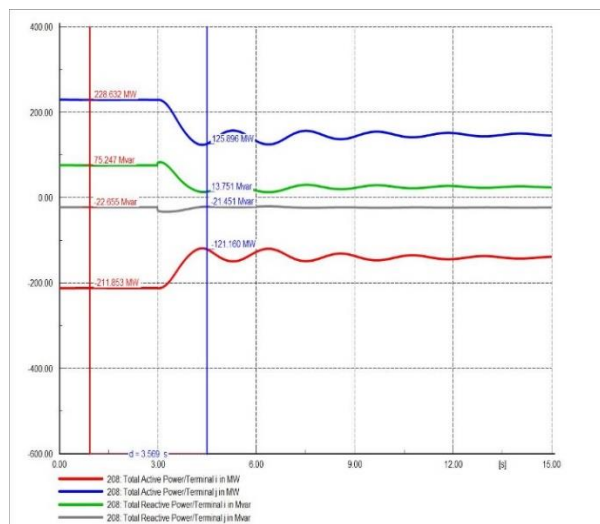
Хүснэгт 5. АШ-208-н 5-р шатны ажиллах хугацаа ба эзлэхүүнд орсон чадлын хэмжээ

5-р шатны тавил						
д/д	Таслах бүс	Таслах шугам	U /кВ/	Таслах хугацаа /сек/	Шугамын төрөл	Шатлал тус бүрийн таслах нийлбэр чадал /МВт/
1	Зүүн Өмнөд бүс	Бор-Өндөр МАК Хараат	110	0.6	Мухар ЦДАШ	38.1
2	Улаан баатарын бүс	АШ-137				75.4
		АШ-138				
		Яармаг Б АШ-ГЕО				
Нийт таслах чадал						113.5

Дэд станцууд дээр таслах шугамын эзлэхүүнд орсон ачааллыг ТБНС-ний 2021-2022 оны өвлийн их ачааллын хяналт хэмжилтээр тооцоолов [5].

Тогтворжилтын тооцоо

Шугамын эзлэхүүнд орсон ачаалал нь хоногийн 24 цагийн турш хэлбэлзэх бөгөөд оргил ачааллын цагаар хэрэглээ ихэсдэг учир 19 цагийн ачааллын хэмжилтийн утгуудыг авав. Дархан д/ст-с ИХБ-4 чиглэлд 15 секундэд нийт 113.5 МВт чадлыг таслах үеийн тогтворжилтыг судалж үзэв.



Зураг 5. АРОЛ автоматикаар 100 МВт хэрэглээг таслах үеийн тогтворжилт [11, 13].

Симуляцын үр дүнгээс харахад АШ-208 хэт ачаалагдсанаар системийн тогтвортой найдвартай ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлөх, АПАХ автоматик ажиллахаас хамгаалах бүрэн боломжтой байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Сүүлийн 3 жил төвийн бүсийн нэгдсэн сүлжээнд шинээр эх үүсгүүр нэмэгдээгүй бөгөөд жилийн оргил ачааллын дундаж өсөлт 6.3%-тай байна. Хэрэглэгчийн цахилгаан хангамжийн найдвартай байдал, системийн тогтворжилтыг нэмэгдүүлэхийн тулд систем үүсгэгч шугамуудын найдвартай ажиллагааг сайжруулах автоматикийг нэвтрүүлэх шаардлагатай байна.

2. Монгол улсын төвийн бүсийн эрчим хүчний систем (ТБЭХС) нь ОХУ-ын ЭХС-тэй 220 кВ-ын хүчдэлтэй хоёр хэлхээг цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ)-аар (диспетчерийн нэр нь АШ-257, 258) холбогдож зэрэгцээ ажилладаг. Энэхүү ЦДАШ нь ТБЭХС-ийн их ачааллын үед цахилгаан эрчим хүч импортлох, бага ачааллын үед экспортлох буюу системийн горим тохируулга хийх онцгой ач холбогдолтой шугам юм. Цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ жилээс жилд өсөн нэмэгдэж байгаа тул дотоодын эх үүсвэрээс хангах боломжгүй болсон тохиолдолд ОХУ-аас импортлох ба өвлийн их ачааллын үед импортоор авах чадлын дээд хэмжээг 345МВт болгох техникийн боломжийг хангахын тулд АШ-257, 258-ыг бодит чадлаар хэт ачаалагдахаас сэргийлж АРОЛ автоматикийг суурилуулах болсон.

3. 2019-2020 оны өвлийн их ачааллын үед АШ 257, 258-д суурилуулсан АРОЛ тухайн шугамаар авах импортын чадлын урсгалыг хянах, тооцсон тавилаас хэтэрсэн тохиолдолд 35 секундйн хугацаанд нэгдсэн сүлжээнээс нийт 198,8 МВт актив чадлын хэмжээг хязгаарлан,

тасалж ачаалал хөнгөлөх зориулалттай юм. 2021 онд системийн аваар эсэргүүцэх автоматик ажиллалал зохих 655 удаагийн тохиолдол гарснаас 639 /97,5%/ удаа зөв ажиллаж найдвартай ажиллагааг хангасан ба 16 удаад /1,5%/ нь селектив ажиллагаа хангагдаагүй байна. Ажилласан автоматикийн ангиллыг харвал дахин залгах автоматик-555 удаа, станцын хүчдэлээр тусгаарлах автоматик-7 удаа, станцын давтамжаар тусгаарлах автоматик-51 удаа, давтамжаар ачаалал хөнгөлөх автоматик 20 удаа, АШ-257, АШ-258-ын ачаалал хязгаарлах АРОЛ-4 удаа, асинхрон горим устгах автоматик АПАХ-2 удаа тус тус ажилласан байна. 2022 оны 4 сарын 22-нд АШ-208 н урсгал эгшин зуур 340 МВт хүрсэн бөгөөд цаашид систем үүсгэгч транзит шугамууд дээр АРОЛ автоматикийг нэвтрүүлэх шаардлагатай нь харагдаж байна.

4. Монголын ЭХС-д систем үүсгэгч 220 кВ-ын АШ-д 13 ш РМУ, 110 кВ-ын транзит АШ-д 63 РМУ нэмж суурилж WAProtector программ хангамжид холбож WAMS системийг үе шаттай хөгжүүлсний үр дүнд өргөн боломжууд нээгдэнэ. Үүнд:

- АРОЛ автоматикаар таслах хэрэглэгчдийн чадлын хэмжээг нэмэгдүүлж, нэгдсэн сүлжээний тогтворжилтыг хангах техникийн арга хэмжээ тодорхой болно.
- АРОЛ автоматикаар таслах хэрэглэгчдийг нарийвчлан, онцгой хэрэглэгчдийн ЦЭХ-ний хангамжийг авч үлдэх боломж үүснэ.
- Шилжилтийн горимын болон реле хамгаалалтын болон аваар эсэргүүцэх автоматикийн тавил тооцооны үр дүн бодит байдалд ойртож тооцооны үнэмшил шинэ шатанд гарахаас гадна найдвартай ажиллагааны түвшин нэмэгдэнэ.
- Систем үүсгэгч транзит шугамууд дээр АРОЛ автоматикийг нэвтрүүлэх боломж үүснэ

5. АШ-208 хэт ачаалагдсанаар системийн тогтвортой найдвартай ажиллагаанд шууд сөргөөр нөлөөлж байгаа учир тус ЦДАШ-д АРОЛ автоматик нэвтрүүлэх нь зүйтэй юм.

АШ-208-н 1-р шат буюу дохиолол өгөх чадал 190 МВт, 2-4 шатны тавилыг /хамгийн дээд нэвтрүүлэх чадал/ 200 МВт, 5-р шатны тавилыг /аваарын үед нэвтрүүлэх чадлыг/ 230 МВт байхаар тус тус тооцоолов. АРОЛ-ын эзлэхүүн орсон шугамуудын ачаалал зуны бага ачааллын горим ажиллагааны үед 70-83 МВт, өвлийн их ачааллын үед 85-113 МВт байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Н.Буян-Өлзий, "Эрчим хүчний системийн ачаалал хөнгөлөх судалгаа" Магистрын диссертаци, 2022.
- [2] П.Энхболор, "Монгол улсын эрчим хүчний системийн хяналт, автомат удирдлагын систем,

- “Монгол улсын эрчим хүчний системийн тогтворжилтын төлөв байдал, тулгамдсан асуудлууд, шийдвэрлэх арга зам” онол-практикийн бага хурал, 2021.
- [3] А.А.Осинцев, “Локальные устройства противоаварийной автоматике”, Новосибирский государственный технический университет, 2019.
- [4] А. П. Вихарев “Автоматика энергосистем”, Вятский государственный университет, 2011.
- [5] Төвийн бүсийн нэгдсэн сүлжээний 2021-2022 оны өвлийн их ачааллын горим ажиллагаа, ДҮТ ТӨХХК, 2021
- [6] Н.Буян-Өлзий "Шилжилтийн горимын хяналт-мэдээллийн систем", Эрчим хүчний сургууль үүсгэн байгуулагдсаны 60 жил, 2021
- [7] Н.Буян-Өлзий, Х. Эрдэмбилэг "Монгол улсын эрчим хүчний системд нэвтэрсэн ачаалал хөнгөлөх автоматикийн туршилт, судалгааны үр дүн", Эрчим хүч-100, 2022
- [8] Ч. Нацагдорж, Б. Бат-Эрдэнэ, “ЭХС-ийн аваар эсэргүүцэх горимын автоматикүүд”, реле хамгаалалт, автоматикийн ухаалаг шийдэл уулзалт-зөвлөгөөн, 2019.
- [9] В. В. Кривенков, “Противо аварийная автоматика”, Московский энергетический институт, 2004.
- [10] Ж. А. Васильевич, “Релейная защита и сетевая автоматика”, 2018.
- [11] Sameh Kamel Mena Kods, Claudio A. Cañizares, “Modeling and simulation of IEEE14 bus system with facts”, DIGSILENT, 2003.
- [12] В. Bat-Erdene, S. Batmunkh and M. Battulga, "The Problems In Development Modelling Of Mongolian Power Energy Systems," 2021 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/TENSYP52854.2021.9550833.
- [13] Munkhbaatar Battulga, et al. "Load Flow, Load Loss and Short Circuit Analysis of The Third Thermal Power Plant's Electrical Supply System." Embedded Selforganising Systems 9.1 (2022): 9-14.
- [14] Ч.Амарсанаа “WAMS-ийн нээлтийн танилцуулга” ДҮТ ТӨХХК, 2019.

ЭКСЕРГИ, СИСТЕМИЙН ЭКСЕРГИ-ЭДИЙН ЗАСГИЙН ШИНЖИЛГЭЭ БА ТҮҮНИЙГ ТҮЛШ-ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ОБЪЕКТЫН ХӨГЖЛИЙН ТӨСӨӨЛӨЛ, ОНОВЧТОЙ ХУВИЛБАРЫН СОНГОЛТОНД ХЭРЭГЛЭХ

С.Батмөнх

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар
batmunkh_acad@yahoo.com

Хураангуй

Өгүүлэлд тогтвортой хөгжлийн эрин үед эрчим хүчний объект болох систем ба төхөөрөмжийн үр ашиг, хүрээлэх орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг судлах шинэ хандлага болгож эксерги-эдийн засгийн шинжилгээний аргыг хэрхэн хэрэглэх тухай үндсэн ойлголт, арга зүйг авч үзэв. Даян дэлхийн тогтвортой хөгжлийн өнөөгийн нөхцөлд эрчим хүчний объектуудын хүрээлэх орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг бууруулахын зэрэгцээгээр энерги ба материалын нөөцийг хамгийн үр ашигтайгаар ашиглан хаягдлыг багасгах явдал чухал юм. Үүнийг эрчим хүчний объектуудыг төлөвлөх, түүний үр ашгийг нэмэгдүүлэхэд хэрэглэх саналыг дэвшүүлэв.

Түлхүүр үг: Тогтвортой хөгжил, хэрэгцээ, нөөц, хаягдал, систем, термо-эдийн засаг

I. УДИРТГАЛ

Тогтвортой хөгжлийн тухай олон тооны материал хэвлэгдсэн төдийгүй, эрдэмтэд, олон нийтийн байгууллага, НҮБ хүртэл өөрийн тодорхойлолтыг томъёолж, түүний үзэл баримтлалыг (концепцийг) баталж тунхагласан байдаг. Улс орон бүр өөрийн тогтвортой хөгжлийн үзэл баримтлалаа баталж гаргасан. Эдгээрийг нэгтгэн дүгнэвэл “XXI зууны тогтвортой хөгжил нь энгийнээр хэлэхэд нийгмийн өнөөдрийн хэрэгцээг хангахын зэрэгцээгээр ирээдүй хойч үеийнхэндээ амьдрах нөхцөлд нь хохирол үзүүлэхээргүй хүрээлэх орчин, байгалийн нөөцийг нь үлдээж хөгжих явдал юм”. Энэ хэдхэн үгэнд асар гүнзгий утга агуулагдаж байгаа. Эх дэлхийгээ сансраас харсан цорын ганц монгол хүн (сансрын 101 дэх нисгэгч) телевизэд өгсөн ярилцлагадаа: “... манай энэ цэнхэр гариг ямар гоё, яасан эмзэг бөгөөд жижигхэн юм, үүнийгээ хойч үеийнхэндээ энэ хэвээр нь хадгалж эрдэс баялагтай нь, ой модтой нь, ус агаартай нь, ан амьтан, араатан жигүүртэнтэй нь өвлүүлэх явдал бидний амин чухал үйл хэрэг юм байна” гэж хэлж байсныг санаж, үйл ажиллагаандаа удирдлага болгож байхад илүүдэхгүй. Эс тэгвээс, эх дэлхийгээ гаднаас нь харж үзээгүй бид намгийн мэлхий намгаа хамгийн том гэж боддогийн үлгэр лугаа адил дэлхий маань хязгааргүй том, дуусашгүй нөөцтэй мэтээр төсөөлж улам их зүйлсийг “булааж” авч хэрэглэсээр нэг л мэдэхэд нөөцийг нь шавхаж магадгүй агшин өмнө маань ойрхон болоод байна. Энэ нь хойч үедээ үлдэх бүү хэл өнөөдөр ч өөрсдийг маань дутагдахын хямралд хүргэж магадгүй болжээ. Иймд байгалийн

нөөцийн хэрэглээг ухамсаргүй нэмэгдүүлэх асуудалд цэг тавих нь хамгийн чухал болоод байгаа юм.

Хүн төрөлхтний хамгийн тэргүүний хэрэгцээ нь эрчим хүчний хэрэгцээ¹ тул эртнээс түүнийг хангахад эдийн засгийн боломж, үйлдвэрлэх хүчнийхээ хөгжлийн хэр хэмжээнд тохирсон аргаар байгалийн нөөцийг олборлож, зарцуулж ирсэн. Энд философийн өнцгөөс авч үзвэл “эдийн засгийн нөөц, үйлдвэрлэх хүчний боломж буюу чадавх, эрчим хүчний хэрэгцээ” гэдэг гурван талт хоорондоо нягт холбоотой нэгдмэл ойлголт гарч ирнэ. Энэ гурвалсан холбоонд аль нь тэргүүнд тавигдах вэ? гэдэг байдлаар эрэмбэ дараа тогтоох нь тийм ч амархан асуудал биш юм. Товчоор хэлэхэд, хүний хэрэглээ өсөхийн хэрээр байгалийн нөөцийн ашиглалт ихэсдэг боловч үүнд үйлдвэрлэх хүчний хөгжил зохицуулах үүрэгтэй оролцдог.

Балар эрт биш юмаа гэхэд үйлдвэрлэх хүчний хөгжлийн эхний үед дэлхийн хүн амын тоо цөөн, тэдний олон талт хэрэглээ, түүнтэй хамт эрчим хүчний хэрэглээ бага байсан нөхцөлд байгалийн нөөцөд онцын хохиролгүйгээр хүн төрөлхтний нийгмийн хэрэгцээ хангагдаж байсан тул байгаль орчны тэнцвэртэй байдал алдагдахгүй, экологийн сөрөг нөлөөлөл үүсэхгүй, үүссэн ч төдийлөн хор хөнөөлийг дагуулахгүй байсан нь ойлгомжтой билээ.

Хожмоо дэлхийн хүн ам олшрохын зэрэгцээ нийгмийн үйлдвэрлэх хүчний хөгжлийн үр дүнд аж үйлдвэрийн дараалсан хувьсгалууд өрнөж ирснээр бүх төрлийн хэрэглээ, түүний дотроос эрчим хүчний хэрэглээ урьд үзэгдээгүй хэмжээгээр нэмэгдэж дэлхий дээрх олон төрлийн

¹ Энд уламжилж ирсэн заншлаараа механик энерги, дулааны, цахилгааны, цаашилбал түлшний химийн энерги зэрэг бүх төрлийн

энергийн шаардагдах хэмжээг нэгтгэн “эрчим хүчний хэрэгцээ” гэсэн нэр томъёогоор оруулав.
Зохиогч.

байгалийн анхдагч нөөцийг шавхагдах хэмжээнд ойртож (ер нь ихэнх нөөц нөхөгддөггүй) ирсэн байдаг. Хүний хэрэглэж байгаа бүх төрлийн бүтээгдэхүүнийг буй болгоход (түүхий эдийг нь олборлох, боловсруулах, бүтээгдэхүүнийг үйлдвэрлэх г.м.) төдийгүй түүнийг тээвэрлэх, дахин боловсруулах, эцэст нь гарсан хаягдлыг устгах хүртэлх, өөрөөр хэлбэл, тухайн бүтээгдэхүүний үүсэхээс дуусах хүртэлх бүх мөчлөгт (циклд) энерги зарцуулагддаг тул хүн төрөлхтний эрчим хүчний хэрэглээ байнга өссөөр байна. Мөн нийгмийн бүхий л төрлийн үйлчилгээ ба дэд бүтцийн салбарт эрчим хүч зарцуулагдана. Эдгээрийн дотроос тээврийн салбарыг онцолж үзэх хэрэгтэй. Хүн төрөлхтний амьдрал, үйл ажиллагааны явцад хэрэглэгдсэн бүх материаллаг зүйлс, эрчим хүч (энерги) эцсийн эцэст хаягдалд шилжинэ. Ер нь хүн төрөлхтний ямар ч хэрэглээний өсөлт байгалийн нөөцийн ашиглалтыг нэмэгдүүлэн эрчим хүчний хэрэглээний өсөлтийг дагуулж улмаар хүрээлэх орчин дахь дулааны хаягдлыг буй болгодог. Бүх төрлийн хаягдлын дотроос янз бүрийн зориулалтаар хэрэглэсэн ямарч энерги эцсийн дүнд дулааны энергид шилждэг тул байнга өсөн нэмэгдэх дулааны ба нүүрсхүчлийн хийн ялгаралд анхаарал хандуулах хэрэгтэй юм. Эдгээр нь хүрээлэх орчинд шилжихдээ дэлхийн дулааны балансад нөлөөлж манай гариг дээрх дулаарлыг буй болгодог.

Үүнээс үндэслэн манай гаригийг бие даасан хаалттай систем гэж үзэж түүний термодинамикийн тэнцвэрийг хадгалж байх явдал хамгийн чухал гэж ойлгож болно.

II. ЭКСЕРГИ

Аливаа термодинамикийн системд хийгдэж байгаа ажил нь түүнд өгөгдөж байгаа дулааны “чанараас” буюу температураас хамаардаг болохыг Францын инженер Сади Карно өөрийн “Хөдөлгүүрийн гаргаж байгаа хүч болон дулааны хөдөлгөгч хүчний тухай эргэцүүлэл” гэсэн судалгааны ажлаараа 1824 онд нотолсон.

Төрөл бүрийн энергийг өөр энергид хувирах чадвараар нь: бүрэн шилждэг; бүрэн бус шилждэг; шилждэггүй гэж гурван бүлэгт хувааж болох ба механик, цахилгаан энерги нь бүрэн шилждэг, дулааны болон биеийн дотоод энерги бүрэн бус шилждэг, тайван хөдөлгөөнгүй төлөв байдалд байгаа хүрээлэх орчны энерги өөр энергид (өөрөө аяндаа) шилждэггүй. Иймд энергийг өөр энергид шилждэг, шилждэггүй гэсэн хоёр хэсэгт хувааж үзэж болох бөгөөд шилждэг хэсэг нь **эксерги**, шилждэггүй хэсэг нь **анерги** юм (зураг 1).



Зураг 1. Энергийн чанарын бүдүүвч

Эндээс байгаль дээр байгаа бүх төрлийн материуд энерги агуулсан байдаг боловч тэдгээрийн дотроос зөвхөн **эксерги** агуулсан тэр л матери ажил хийх чадвартай болох нь илэрхий харагдаж байна. Энерги агуулсан материуд нь масс ба цахилгаан соронзон долгион гэсэн хоёр хэлбэрт оршдогийг бид мэднэ. Үүнийг онолын физикт материйн масс ба долгионы хоёрдмол шинж гэж нэрлэдэг. Материйн агуулсан эксергийг түүний бүтцэд нь үндэслэн тооцоолж болно. Иймд эксерги агуулсан материуд хэрэглэгдсэнийхээ дараа хүрээлэх орчинд хаягдал болж үлддэг.

Дулааны энергийн эксерги

$$\dot{E}_q = q - T_0 \Delta S, \quad (1)$$

энд, q – дулааны энерги; T_0 – хүрээлэх орчны температур; ΔS – системийн энтропийн өөрчлөлт.

Түлшний химийн эксерги

$$\dot{E}_b = B Q_i^r, \quad (2)$$

энд, B – түлшний зарцуулалт; Q_i^r – дулаан наргах чадвар.

Эксерги нь материйн хамгийн их ажил хийх (ашигтай ажилд хувирах) чадварыг тодорхойлсон тул хүрээлэх орчны эксерги “тэг”-тэй тэнцүү гэсэн дүгнэлтэд хүрдэг.

Нарны энерги ба эрдсийн хуримтлал зэрэг дурын хэлбэрээс гаргаж авах хамгийн их ажлын тоо хэмжээг байгалийн эксерги гэнэ. Ер нь бүх төрлийн эрчим хүчний нөөц нь эрт ба эдүгээгийн нарны энергийн байгаль дээр хуримтлагдсан хэлбэр юм. Материал эсвэл энергийн хэлбэрийг суурь болгож авсан төлөв байдалтай буюу, өөрөөр хэлбэл, хүрээлэх орчинтой харьцуулахад гарч болох хамгийн их энергийн хэмжээгээр эксерги тодорхойлогддог.

Хамгийн энгийн суурь төлөв байдлыг “стандарт нөхцөл”² болох температур болон даралтаар (жишээлбэл 25°C ба 1 барын даралт) тодорхойлно. Гэвч манай дэлхий термодинамикийн тэнцвэрт удаан хугацаагаар тогтмол байж чаддаггүй, түүнээс бүр хамаагүй хол зайтай төлөв байдалд оршдог. Дэлхийн нэг хэсгээс нөгөө хэсэгт температур байнга өөрчлөгдөнө. Дэлхийн өнцөг бүрд хүрээлэх орчны төлөвийг тодорхойлсон параметрууд ялгардаг. Бас нэг нөлөөлөх гол хүчин зүйл бол хүчилтөрөгчийн агаар мандалд агуулагдах нөхцөлийг бүрдүүлдэг малтмал эрдэс бодисууд юм. Гэхдээ амьдралд явагддаг процессуудын хувьд тогтвортой байдал

² Стандарт нөхцөл: 298,15 К температур, 1,013 бар даралтанд байгаа термодинамикийн төлөв байдал.

маш чухал үүрэгтэй. Хэрвээ үлдэгдэл эксерги агуулсан хаягдлыг хаявал бохирдлын эксерги нь хүрээлэн байгаа орчинд үүсэх эмх замбараагүй, удирдлагагүй урвалд хүргэж сөрөг нөлөөлөл, хор хохирол учруулна. Хаягдалд агуулагдах эксерги. Эдүгээ даян дэлхийд ажиглагдаад байгаа цаг уурын дулаарал зэрэг физик үзэгдэл болон озоны давхаргын устгал зэрэг химийн үзэгдэлд хүргэдэг. Эксерги бол экосистемийг дэмжих болон түүнийг устгах чадвартай амьдралыг тэтгэх системд явагдах олон процессын “түлш” юм.

Энерги, бодисууд янз бүрийн хэлбэр болон төрөл бүрийн чанартай байгальд тохиолддог. Ихэнхдээ бид “энерги” гэж ярьдаг хэдий ч үнэндээ энэ нь ашигтай энергийн тухай ярьж байгаа учраас “эксерги” гэж нэрлэвэл илүү зохистой. Иймд эксергийн талаарх ойлголтыг тодруулбал:

- Эксерги бол хүн төрөлхтөнд ашигтай, эдийн засгийн хувьд үнэ цэнтэй нөөцийн нэг хэсэг юм. Эксерги агуулсан физикийн нөөц өөрийн чанараа алддаг. Энэ нь эксерги устаж алга болдгийг харуулж байгаа хэрэг юм.
- Эксергийн нэг гол шинж чанар бол хүрээлэх орчноос ихээхэн хамаардаг явдал билээ. Ийм учраас эксергийг тооцохын тулд стандарт агаар мандал, тэнгис болон газрын царцдас зэрэг тодорхой даралт, температур, химийн найрлагатай хийсвэр “хүрээлэх орчны стандарт” нөхцөлийг авч үзэж байхаар тогтсон байдаг.
- Хүрээлэх орчинтойгоо бүрэн тэнцвэрт орсон системд эксерги байхгүй. Өөрөөр хэлбэл, энд дурын процессын хөдөлгөгч хүчин зүйл болох температур, даралт, нягтын ялгавар байхгүй гэсэн үг. Ийм учраас эксерги агуулаагүй ямарч төрлийн хаягдал хүрээлэн байгаа орчинд нөлөө үзүүлэхгүй.
- Эрдсийн концентраци ихтэй хурдас хүрээлэн байгаа орчинд “харш” байдаг. Энэхүү эсрэг тэсрэг байдал нь эрдсийн агууламж нэмэгдэх тусам ихэснэ. Ийм учраас эрдэс бол эксерги агуулагч юм. Эрдсийг олборлох үед түүний эксерги тогтмол үлддэг бөгөөд харин түүнийг баяжуулах явцад эксерги нь нэмэгддэг. Концентраци ихтэй эрдсүүд сулрах нөхцөлд тэдгээрийн эксерги багасаж байдаг.

Ийм учраас байгалийн баялгийг эрчим хүчний болон бусад гэж ангилж болох юм. Нефтийг эрчим хүчний нөөц болгон үздэг бол модыг материалын нөөцөд хамруулж болох жишээтэй. Гэхдээ үүнийг хамгийн зөв ангилал гэж хэлж болохгүй яагаад гэвэл нефтээс ашигтай бүтээгдэхүүн гаргаж авах боломжтой бол модыг түлш болгон ашиглаж болно. Ийм учраас дээрх хоёр нөөцийг хамтад нь

авч үзэх хэрэгтэй. Яг ийм байдлаас үндэслэж, жишээлбэл, нүүрс, нефть, байгалийг хий зэрэг байгалийн нөхөн сэргээгддэггүй нөөцийг шатааж энергийн анхдагч үүсгүүр болгож хэрэглэх, эсвэл тэдгээрийг гүнзгий боловсруулж илүү үр ашигтай хэрэглээний бүтээгдэхүүний түүхий эд болгож хэрэглэх хоёрын аль нь илүү хэрэгтэй болох талаар яригддаг бөгөөд яригдах ч ёстой юм. Манайд зарим хүмүүсийн бий болгосон “... цаашид нүүрс хэрэггүй болох тул одоо хэрэглэж байгаа дээр нь бушуухан зарж дуусгах...” үзэл баримтлал хойч үеэ, хожмын хэрэгцээгээ хэрхэн хангах талаар бодоогүй нэн хохиролтой номнол болно. Иймд байгаль дээр ямагт нөхөн сэргээгдэж байдаг нарны, эсвэл агаарын ба усны хөдөлгөөний энергийг эрчим хүчний анхдагч нөөц болгож ашиглах нь зүйтэй болох нь харагдана.

Эрчим хүчний нөөцийн эксергийг тооцоходоо эксергийн гэж нэрлэгдэх түүнд агуулагдах энергийн чанарын коэффициентийг ашигладаг.

Цэвэр эксерги болох кинетик, потенциал болон цахилгаан энергийн хувьд өөр нэгэн энергийн төрөлд чөлөөтэй хувирах боломжтой бөгөөд тэдгээрийн эксергийн коэффициент 1-тэй тэнцэнэ. Жишээлбэл, биений кинетик эксергийг түүний хөдөлгөөний хурдыг тэг болгож зогсоосноор бүрэн хувиргаж, эсвэл ашиглаж болно. Өргөгдсөн биений потенциал (геометрийн) эксергийг түүнийг хүрээлэх орчны түвшинд хүртэл буулгаснаар бас л бүрэн ашиглах боломжтой. Мөн потенциал эксергид хамаарагдах даралтын, пьезометрийн энергийн эксергүүд үүнтэй адил шинж чанартай. Харин дулааны сарнимал цацрагийн эксергийн коэффициент 0-тэй тэнцүү. Дулааны энергийн эксергийн коэффициент янз бүр байдаг. Жишээлбэл, 600°C температуртай халуун уурын хувьд энэ үзүүлэлт 0,6 байхад 90°C температуртай халуун усных 0,2-0,3 болж буурсан байдаг. Харин дэлхийн дулааны цацрагийнх 0 байна. Энергийн ашиглалтын явцад хүрээлэх орчны температуртай ижил болтол бид энергийг хэрэглэдэг.

Эрдэс баялаг, материал, түүхий эдийн эксергийн хувьд авч үзвэл, худалдаанд гарч байгаа бэлэн болсон товарын бүтээгдэхүүний эксергийн коэффициент 1 орчим, эрдсээр баялаг хурдас 0,5 орчим, эрдсээр ядуу хурдас 0 орчим байх жишээтэй. Иймд бүх төрлийн энерги ба материалын эксергийн коэффициент 1-ээс 0 хүртэл өөрчлөгдөнө. Хурдсыг олборлолтын дараагаар баяжуулах аргаар түүний эксергийг ихэсгэж болно. Аливаа химийн элементийн агууламж ихтэй бодист (концентрат) агуулагдах эксергийг бид үйлдвэрлэлийн аргаар олборлож ашигладаг. Цэвэр усны эксерги тэнгисийн усыг цэнгэгжүүлэхэд зайлшгүй шаардагдах энергийн эксергийн зарцуулалтын хэмжээгээр тодорхойлогдох жишээтэй. Эксерги агуулсан материуд хүний хэрэгцээг хангасны дараагаар бүгд хаягдалд хувирна.

Хаягдалд хэчнээн их эксерги агуулагдана төдий хэмжээгээр хүрээлэх орчноос чанараараа хэвийдэг. Усны уур, усны алдагдал зэрэг хүрээлэх орчинд маш түгээмэл хаягдаж байгаа хэдий ч энэ нь орчны дулааны бохирдлоос хэтрэхгүй. Гэтэл өргөн тархаагүй боловч хүнд металл, цацраг идэвхт бодисын хаягдал нь ихээхэн хор хохиролтой.

Эксерги бол тухайлан авсан зүйл эдийн засгийн хувьд ямар их үнэ цэнтэй болохыг харуулсан физик ухагдахуун билээ. Иймд өндөр эксергитэй бодисуудын хаягдлуудын нөөцийг яаж ашиглах вэ гэдэг талаас авч үзэх явдал чухал юм. Энэ утгаараа эксерги бол экологийн чухал үзүүлэлт болдог.

Дэлхийн дулааны балансад нөлөөлж байгаа гол хүчин зүйл нь хүн төрөлхтний амьдрал, үйл ажиллагааны явцад гарч байгаа хаягдал тул түүнийг бууруулах асуудал онцгой байр суурь эзлэх ёстой. Үүний тулд хүний хэрэгцээ, хэрэглээ гэсэн ухагдахуунуудыг товч авч үзье. Хүнд тодорхой хэрэгцээ байна, түүнийгээ хангах нь амь зуух, учир утгатай амьдрах, нийгэм хөгжихийн үндэс юм.

Хувь хүн хээнцэр дэгжин эд, хэмжээнээсээ их хүнс, орон байр бусад зүйлсийг хэрэглэн хэтэрхий тансаг амьдрах нь **хэрэгцээнээс давсан хэрэглээ** буй болгоно. Ийм байдал бүх төрлийн хаягдлыг нэмэгдүүлнэ. Үүнээс үндэслээд тогтвортой хөгжих гэдэг бол нийгмийн тухайн үеийн хэрэгцээ болон бэлэн бүтээгдэхүүний зайлшгүй байх нөөцийг тооцсон хэмжээгээр түүхий эдийг олборлон боловсруулж үйлдвэрлэснээр нийгэм дэх эрэлт хэрэгцээний баланс байнга хадгалагдсан илүүдэл, дутагдалгүй нөхцөлийг хангаж хөгжих явдал болж байна. Ингэсэн тохиолдолд бүх төрлийн хаягдал хамгийн бага байж хүрээлэх орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөлөл мөн бага байна. Мэдээж хэрэг, экспортын зориулалттай бүтээгдэхүүн, эрдэс баялгийн хувьд ч эрэлт, нийлүүлэлтийн энэ зарчим хэрэгжих ёстой.

Ингэж байж өнөөгийн хэрэгцээг хангахын зэрэгцээгээр хойч үедээ эрдэс баялгийн нөөцийг үлдээх боломж бүрдэнэ. Гэтэл бид өнөөдрийн хэрэгцээгээ хангахын тулд байгаль орчинтойгоо буруу харьцаж, эрдэс баялгаа эмх замбараагүйгээр ашигласнаар эдүгээ манай орны нутаг дэвсгэрийн дөнгөж 23,6% нь л экологийн тэнцвэрээ хадгалж үлдсэн байх жишээтэй. Гэтэл Монгол улсын ирээдүйн нийгэм, эдийн засгийн хөгжил, олон улсын байр суурь ба харилцаа, бүс нутгийн эдийн засгийн интеграцид оролцох зэрэг бодлогын асуудлууд оновчтой хариултаа хүлээгээд бидний өмнө зогсож байна. Цаашид яах вэ?

III. СИСТЕМИЙН ХАНДЛАГАТАЙ ТӨЛӨВЛӨЛТ

Монгол улсын өнөөгийн нөхцөлд макро эдийн засгийн бодлогыг улс орныхоо эдийн засгийн аюулгүй байдлыг хангах, хүн амын хүнсний хангамжийг сайжруулах, экспортын нөөцийг нэмэгдүүлэх, эдийн засгийн нөхөн үйлдвэрлэлийн ерөнхий тэнцлийг бүрдүүлэх стратегийн зорилгод нийцүүлэн хүнс, хөдөө аж ахуй, уул уурхай, хар ба өнгөт төмөрлөг, үнэт металл боловсруулах, зарим хялбар хийцийн машин, тоног төхөөрөмж хийх болон зам, тээвэр, холбоо, түлш, цахилгаан дулаан, усан хангамжийн байгууламж зэрэг үйлдвэрлэлийн болон дэд бүтцийн салбаруудыг хөгжүүлэхэд голчлон чиглүүлж хүч анхаарлаа төвлөрүүлэх нь зүйтэй юм³.

Энэ бүгдийг нэгэн зэрэг шийдвэрлэх боломжгүй. Иймд асуудалд шинжлэх ухааны системийн шинжилгээний арга зүйгээр цогцоор авч үзэж дэс дараа, төлөвлөгөөтэйгөөр хандах хэрэгтэй. Энэ зорилгын үүднээс МУ-ын нийгэм, эдийн засгийн хөгжлийн “Алсын хараа 2050” хөтөлбөрийг боловсруулан баталж мөрдөж эхлээд байна.

Дээр бид “эдийн засгийн нөөц, үйлдвэрлэх хүчний боломж (чадавх), эрчим хүчний хэрэгцээ” гэсэн агуулгаар хөгжлийн асуудалд хандах хандлагыг томъёолсон. Эдийн засаг нь нийгэм дэх материйн урсгалыг судалдаг бөгөөд үүнийг нэг бол мөнгөний (монетар) урсгалаар, эсвэл материйн (масс ба энергийн) урсгалаар илэрхийлэгддэг.

Ийм учраас эдийн засгийг системийн шинжилгээний аргаар судлахын тулд түүний агуулгыг нэгтгэж нэг арга зүйгээр судлах шаардлага гарснаар “Термо-эдийн засаг”-ийн тухай ойлголт үүссэн. Термоэдийн засагт (**нэр томъёо**: термодинамик болон эдийн засаг гэсэн хоёр үгнээс гаралтай) аливаа цогц системийг боловсронгуй болгох болон оновчлоход чиглэгдсэн шинжилгээг хийхдээ дээрх хоёр ойлголтыг хамт нь авч үздэг. Энэ нь нэг талаас төсөөлж (судалж) буй систем дэх энерги солилцооны эрчим, бодисын төлөв байдлын өөрчлөлт, ажлын биеийн урсгалын зарцуулалтын хоорондын харьцааг тодорхойлохдоо процессын үл буцах байдал, ашигт үйлийн коэффициент зэрэг цэвэр термодинамикийн үзүүлэлт дээр тулгуурлан харьцуулалтыг хийх, нөгөө талаас хөрөнгө оруулалт болон термодинамикийн үзүүлэлтийн хоорондох тэнцвэр, нэгж бүтээгдэхүүнд ногдох эрчим хүчний зардал хамгийн бага байх нөхцөл зэрэг эдийн засаг шаардлагуудыг хамруулдаг.

Термодинамикийн шинжилгээнд зардлын үзүүлэлт, үр ашиг ихтэй байх нөхцөлийн шалгуур болгож энерги болон эксергийн аль нэгийг сонгож

³ Академич Т.Намжимын томъёоллыг шууд авч оруулав. 1994 / Н.Итгэл, Төлөвлөлт хөгжлийн

тулхуур. Улаанбаатар, АДМОН ПРИНТ ХХК, 2019, 541 х. (49-р т.)

хэрэглэх боломжтой. Харин эдийн засгийн шинжилгээ зөвхөн мөнгөн дээр (монетар эдийн засаг⁴), эсвэл байгалийн нөөцлөн дээр (физик эдийн засаг⁵) тулгуурлана.

Иймд шалгуур үзүүлэлтийн сонголтыг 1 дүгээр хүснэгтэд харуулсан 4 төрлөөс хийж болно.

Хүснэгт 1. Энерги / эксерги ба эдийн засгийн үндэс

№	Системийн шинжилгээ	Зардлын үзүүлэлт	Судлагдахуун ба урсгалын төрөл
1	Эдийн засгийн шинжилгээ	Энерги	Монетар буюу мөнгөний эргэлт
2			Физик буюу нөөц, бүтээгдэхүүн
3	Термоэдийн засгийн шинжилгээ	Эксерги	Монетар буюу мөнгөний эргэлт
4			Физик буюу нөөц, бүтээгдэхүүн

Зардлын үзүүлэлт болгож эксергийг сонгосон нөхцөлд *термоэдийн засгийн шинжилгээ* гэж нэрлэдэг хэдий ч заримдаа *эксерги-эдийн засгийн шинжилгээ* гэдэг нэр томъёог хэрэглэдэг.

Аливаа системийн термоэдийн засгийн шинжилгээний **зорилго** бол: түүний бүтэц, ашиглалтын зардлыг завсрын ба эцсийн бүтээгдэхүүнтэй харьцуулж тооцох; ашиглалтын үед гарах үр ашиггүй байдлыг багасгах (оновчлох); бүтээмжийг үнэлж өөр алтернатив системтэй харьцуулах; нэмэлт (хавсрага) бүтээгдэхүүн гаргах нөхцөлийг эрэлхийлэх, бүрдүүлэх; дэвшилтэт технологи боловсруулж нэвтрүүлэхэд стратеги бодлого боловсруулагчдад туслалцаа үзүүлэх зэрэг болно.

Эрчим хүчний системийн эксергийн шинжилгээ дараах үе шатуудаар явагдана. Үүнд: нэгдүгээр үе шатанд системийн бүх элементүүд дэх термодинамикийн процессын үл буцах шинжээс үүсэж байгаа алдагдлуудыг нэг бүрчлэн тооцоолж шалтгааныг илрүүлэн бууруулах боломжийг тодорхойлох; дараа нь системийн элемент тус бүрийн эксергийн коэффициентийг тооцож тэдгээрийн давуутай ба дутагдалтай талуудыг илрүүлэх; эцсийн түвшинд элементүүдийн хоорондын харилцан нөлөөлд үндэслэн оновчлох. Үүгээр төсөөлж байгаа системийн анхдагч өгөгдлүүд болон бүтцийг өөрчлөх замаар хамгийн их эксергийн АҮК-д хүрэх явдал юм. Ингэхдээ термодинамикийн ба эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг системийн шинжилгээний түвшин бүрд хамтад нь авч үзэх хэргтэй болдог.

Эдийн засгийн нэр томъёо болох өртөг, мөнгөний урсгал ба термодинамикийн нэр томъёо болох эксерги, эксергийн урсгал хоёрын хооронд холбоог тогтоосноор термоэдийн засгийн шинжилгээ эхэлдэг. Жишээлбэл, нэг (ганцхан) бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд тодорхой байгалийн нөөц зарцуулах r тооны бүрэлдэхүүн хэсгийг агуулсан системийг авч үзье. Тэдгээрийн аль аль нь эксергээр илэрхийлэгдэнэ. Тогтвортой горимын үед хийгдэж байгаа ажлын хувьд бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн эксергийн тэнцлийг дараах байдлаар бичиж болох юм.

$$\sum \dot{E}_{r,j} = \dot{E}_r + \dot{E}_{Dr} \quad (3)$$

Энд, $\dot{E}_{r,j}$ – системийн r -р бүрэлдэхүүний j -р нөөцийн эксерги; \dot{E}_r – системийн r -р бүрэлдэхүүний бүтээгдэхүүний эксерги; \dot{E}_{Dr} – системийн r -р бүрэлдэхүүн дэх эксерги.

Зардлын тэнцлийг бичвэл

$$C_{r,j} = \dot{Z}_r + \sum \dot{C}_{r,j} \dot{E}_{r,j} = C_r \dot{E}_r. \quad (4)$$

Энд \dot{Z}_r – ашиглалт болон засварыг тооцон нөөцийг тооцоогүй үеийн r дүгээр бүрэлдэхүүн хэсэг дэх хөрөнгө оруулалтын зардал; $\dot{C}_{r,j}$ – j -р нөөцийн нэгж үнэ; C_r – нэгж бүтээгдэхүүний үнэ.

Эндээс (1) ба (2) тэгшитгэлүүдийг хувирган дараах байдлаар бичиж болно.

$$C_r = \frac{\dot{Z}_{r,j} + \sum C_{r,j} \dot{E}_{r,j}}{\dot{E}_{r,j} \sum \dot{E}_{r,j} - \dot{E}_{Dr}} \quad (5)$$

Тэгшитгэлийн (5) дагуу термодинамикийн болон эдийн засгийн параметруудээс хамааруулан нэгж бүтээгдэхүүний дундаж өртгийг гаргаж авна.

Ер нь системийг эксергийн шинжилгээнд үндэслэн оновчлоход зорилгын функц болгож эксергийн АҮК, бүтээгдэхүүний нэгж эксергид ногдох мөнгөн зардал, эксергийн хувийн зарцуулалтын нийлбэрийн аль нэгийг авна. Практикт олонх төлөв системийн боловсруулсан бүтээгдэхүүний нэгж эксергид ногдох мөнгөн зардлыг (5) сонгож авдаг. Үүнийг дараах хэлбэрт томъёолж болно.

$$Z_{\text{оновч}} = \min C_r \quad (6)$$

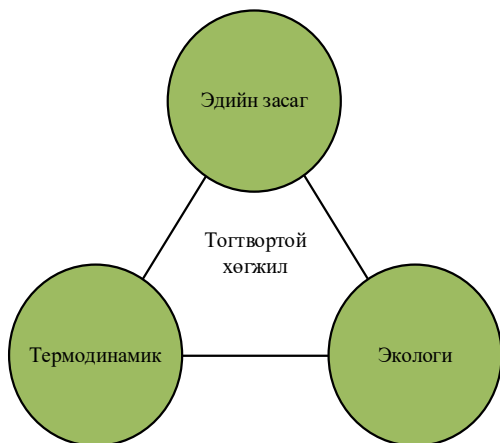
Системийн шинжилгээний эцсийн үр дүнд байгалийн нөөцийг ямар хэмжээнд хэрэглэж байгаа талаар тодорхой дүр зураг харагддаг, өөрөөр хэлбэл эдийн засгийн дотоод системийг таньж ингэснээр системийн ажиллагааны түвшин болон бүтцийг боловсруулан сайжруулах боломж олгох, нэгж бүтээгдэхүүний хязгаарын болон дундаж өртгийг тодорхойлохоос гадна, судалж байгаа системийн эцсийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд ашиглагдаж байгаа завсрын бүтээгдэхүүн болон үйлчилгээний үнэ тогтоох талаар үйлдвэрлэлийн түвшинд шийдвэр гаргахад түүнийгээ ашигладаг. Термоэдийн засгийн шинжилгээг үйлдвэрлэл, хэрэглээний циклийн янз

⁴ Эргэлтэнд байгаа мөнгө эдийн засгийн хөгжлийн тодорхойлно гэсэн макроэдийн засгийн онол.

⁵ АНУ-ын эдийн засагч Ларуш Линдоны үндэслэсэн эдийн засгийн хөгжлийн концепци.

бүрийн мөчлөгт хийснээр системийн болон түүний бүрэлдэхүүний төлөв байдлыг, энэхүү тасралтгүй технологийн аль хэсэгт нь илүү анхаарвал зохихыг тодорхойлоход тус болдог.

Ийм учраас эрчим хүчний төрөл бүрийн системүүдийн төслийг боловсруулах, хэрэгжүүлэх болон тоног төхөөрөмжийг ашиглах зэрэг бүхий л үе шатуудад тэдгээрийн үр ашгийг нэмэгдүүлэхийн тулд системийн эксергийн шинжилгээ ба түүнд үндэслэсэн оновчлол хийж, үр дүнг хэрэгжүүлэх шаардлагатай. Эрчим хүчний ямар ч системийн хувьд түүний эдийн засгийн үр ашиг, термодинамикийн үзүүлэлт, байгалийн анхдагч нөөцийн ашиглалт болон нийгэм, хүрээлэн байгаа орчинд үзүүлэх нөлөөллүүдийг харгалзаж үзэн тооцож дүгнэлт гаргасан байвал зохино. Оновчлол хийх олон төрлийн аргуудын дотроос ажил, энергийн хувирлын үл буцах шинж чанарыг тодорхойлсон термодинамикийн хоёрдугаар хууль болон тэдгээрийн гүн гүнзгий үр дагаврыг нээж өгдөг эксергийн тухай ойлголт голлох үүрэг гүйцэтгэдэг. Ийм учраас сүүлийн үед *термодийн засгийн* буюу *эксерги-эдийн засгийн тухай ойлголт* улам өргөжиж, тогтвортой байдлын тухай ойлголтыг өөртөө агуулах болсон юм (зураг 2).



Зураг 2. Тогтвортой хөгжлийн үндэс

Ерөнхий утгаараа нэг төрлийн энергийг хүнд хэрэгцээтэй өөр нэгэн төрөлд хувиргах систем болох эрчим хүчний систем гэдэг ойлголтод багтдаг асар олон тооны төхөөрөмж, цогцолборууд байдгийн дотроос энд жишээ болгож бидний өдөр тутмын хэрэгцээг хангадаг цахилгаан станц, дулааны цахилгаан станц, химийн үүсгэврүүд, төрөл бүрийн тээврийн хэрэгслийн хөдөлгүүр болон халаалт, хөргөлт, хөлдөөлт ба агааржуулалтын системүүд зэрэг хэдхэн төрлийг онцлон дурдахад хангалттай. Энэхүү ойлголтыг нэг бол энерги дамжуулах төхөөрөмж агрегатуудаар өргөжүүлж, жишээлбэл дулаан солилцооны аппарат, дулаан болон цахилгаан энерги дамжуулах сүлжээний хэмжээнд, эсвэл бүр өргөжүүлэн хүрээг нь тэлж тодорхой эдийн

засгийн бүс, бүхэл бүтэн улс орон, эсвэл дэлхийн томоохон бүс нутгийн эрчим хүчний хангамжид зориулагдсан (олон тоо ба нэр төрлийн эрчим хүчний үүсгүүрүүдийг бүтэцдээ агуулсан эрчим хүчний систем) болгож болно.

Эдгээрийн аль ч хүрээнд шинжилгээг **термодинамик, эдийн засаг** болон **экологи** гэсэн үндсэн гурван чиглэлээр явуулдаг. Термодинамикийн шинжилгээ нь төрөл бүрийн энерги зөөгчийн урсгалын хүрээнд дэх дотоод (техникийн) гадаад (экологийн) нөлөөллийг, эдийн засгийн шинжилгээ нь нийт системийн түүхий эд, материал, бүтээгдэхүүний урсгалын үр ашгийг тодорхойлдог. Эрчим хүч (энерги) нь эдийн засгийн салбаруудад өөр төрлийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд ашиглагддаг тул тухайн бүтээгдэхүүний өртөг зардалд (ашигтай ашигласан энерги буюу эксергийн хэлбэрээр) шингэсэн байдаг бөгөөд түүнийг зайлшгүй тооцох шаардлага тулгарна. Үүний тулд термодинамик болон эдийн засгийн онолыг багтаасан термодийн засгийн шинжилгээний аргуудыг боловсруулсан билээ. Иймд эксергийн тооцоо эрчим хүчний болон материалын нөөцийн ашиглалтыг тооцох үед нийгэмд хэр үр ашигтай, байгалийн нөөцийг хамгаалах тал дээр хэр тэнцвэржсэн болохыг харуулах үзүүлэлт, өөрөөр хэлбэл тогтвортой хөгжлийн шалгуур болдог.

IV. ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Эрчим хүчний салбарт инновацын технологи өргөн нэвтэрч, улмаар мэдээллийн технологи, эрчим хүчний интернэтэд суурилсан, тархмал үүсгүүр чадлуудыг агуулсан ухаалаг нэгдсэн ба уян хатан сүлжээ бүхий дэд систем үүсэж идэвхтэй (өөртөө эх үүсгүүр бүхий) хэрэглэгчдийг нэгтгэж байгаа эрин үед тэдгээрт шаардлагатай цаг хугацаанд чанартай эрчим хүчээр найдвартай бөгөөд боломжтой үнээр хангах боломжийг бүрдүүлэх гэсэн олон хүчин зүйлт шаардлага судлаачдын өмнө тулгарах болсноор шийдвэр гаргахад үр ашгийн шинжилгээний энэхүү шинэ аргыг хэрэглэх шаардлага амьдралаас урган гарав.

Жишээлбэл, түлшний бэлэн байгаа анхдагч нөөц дээр зөвхөн нэг эх үүсвэр болох ДЦС-ыг байгуулахын хувьд гэхэд л олон тооны боломжит хувилбаруудын дотроос хүчин чадал, компановка, технологи, үндсэн ба туслах тоноглолууд, тэдгээрийн схемийн зөв сонголт хийх, техникийн ус хангамж, хаягдлыг цэвэрлэх, дахин боловсруулж иж бүрэн ашиглах, бусад дэд бүтцийг асуудлыг шийдэх, экологийн ба техник-эдийн засгийн үзүүлэлтийг хангах зэрэг асуудлууд гарна. Үүнийг бэлэн байгаа тоног төхөөрөмжийн номенклатур, ДЦС-ын технологийн схемийн хувилбарууд, түлш, ус хангамжийн буй болсон шийдлүүд, хүчин чадлаас хамаарч гарах хаягдлуудын хэмжээ ба түүнийг дахин

боловсруулан ашиглах зах зээлийн багтаамж, үүний үндсэн дээр зөвхөн цахилгаан, дулааны энерги үйлдвэрлэх сонгодог ДЦС хэлбэрээр байгуулах уу, эсвэл хаягдлаа боловсруулсан ЭЦДЦС⁶ байх уу, бүр олон төрөл бүтээгдэхүүн гаргах ДЦС төвтэй эрчим хүч, аж үйлдвэрийн цогцолбор байх нь зөв үү гэдгийг тодорхойлоход энд авч үзсэн эксерги-эдийн засгийн шинжилгээний үр дүнд л оновчтой хувилбарыг олж сонгох боломж бүрдэх юм. Төсөөтэй жишээг олныг дурдаж болно.

Өргөн утгаараа, эксерги-эдийн засгийн шинжилгээнд тухайлан авсан системийн бүрэн зардалд түүхий эдийн олборлолт, тоног төхөөрөмжийн үйлдвэрлэл, цахилгаан станцын байгуулалт, түүний урсгал зардал, нийгмийн болон экологийн зардлууд, ашигласан тоног төхөөрөмжийн угсралт, буулгалт, хаягдлыг эргүүлэн ашиглахад гарах зардлууд багтдаг.

ДҮГНЭЛТ

1. Хүн төрөлхтөн гишгэсэн мөрөө эргэн харах цаг нэгэнт ирсэн. Хэтэрхий үрэлгэн байдлаасаа болж хүрээлэх орчноо, ирээдүйгээ сүйтгэж байна. Даян дэлхийн дулаарал, байгалийн баялгийн зохисгүй хэрэглээ зэрэг нь “тогтвортой хөгжлийн концепци”-д үл нийцэх зүйл юм.
2. Эксерги бол эрчим хүч болон бусад нөөцийн ашиглалтыг илүү ойлгох, энерги хувиргалтын процессын чанарын түвшинг тодорхойлох чухал ойлголт юм. Иймд эксерги бол тогтвортой хөгжлийн тухай ойлголтын салшгүй нэг хэсэг болно.
3. Хэрвээ байгалийн баялгийг олборлохоос эхлээд хаягдал болгон орхих хүртэл бүхий л цикл дүүнд агуулагдсан эксергийг нь хүрээлэх орчны эксергийн хэмжээнд хүртэл бүрэн ашиглаж чадахгүй бол түүнийг бүр ашиглахгүй байх нь илүү ээлтэйд тооцогдох ёстой. Эрдсийн олборлолтын тухайд авч үзвэл “орд”-ын эрдэс агуулсан хурдсаас “эрдэс баялаг” гэж нэрлэгдэх тэр зүйлээ эрдэсгүй гэж стандарт болгон үзэж байгаа хурдаст агуулагдсан өчүүхэн бага хэмжээг хүртэл авч ашиглаж чадвал эрдсийн эксергийг бүрэн ашигласанд тооцогдох жишээтэй.
4. Хаягдал дулааны энергийн хувьд бол үйлдвэрийн технологиос тухайн процессын хувьд нэмж ашиглахгүйгээр хаягдаж байгаа нам (25-60°C, заримдаа түүнээс их) температуртай халуун (бүлээн) усыг орчны стандарт (дээрх хэвийн гэж үзсэн) температур хүртэл бууруулах замаар дулааныг нь ашиглах нь зүйтэй.
5. Эдгээр нь байгалийн ба эрчим хүчний нөөцийн эксергийг бүрэн ашиглаж байгаа явдал юм. Ийм эксергигүй (тодруулбал, хүрээлэх орчинтойгоо

тэнцүү болсон эксергитэй) хаягдлууд хүрээлэх орчныг бохирдуулахгүй. Иймд нийгмийн үйлдвэрлэл, хэрэглээний гол зарчим бол байгалийн нөөц, эрчим хүч зөөгчийн эксергийг шавхаж ашиглах явдал мөн.

6. Цаашид эрчим хүчний системийн төслийн экспертиз хийхэд түүний техникийн ба эдийн засгийн үзүүлэлтийг ойрын хүрээнд авч үзэхийн зэрэгцээгээр экологийн үр ашгийг том хүрээнд тооцож байхыг өнөөдөр манай гариг дээр буй болоод байгаа нөхцөл байдал шаардаж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Христос Франгопулос. Эксерги, эрчим хүчний системийн задлаг шинжилгээ, оновчлол /Амьдралыг тэтгэгч тогтолцооны нэвтэрхий толь, 2-р боть. 379-397-р т. МУ-ын ШУА, 2017.
- [2] [Кириллин В. А.](#), Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд. дом МЭИ, 2008. — 496 с
- [3] В.М. Бродянский. Дэлхийн хүртээмжид эрчим хүч ба амьдралыг тэтгэх тогтолцооны тогтвортой хөгжил /Амьдралыг тэтгэгч тогтолцооны нэвтэрхий толь, 2-р боть. 344-378-р т. МУ-ын ШУА, 2017.
- [4] Christos A. Frangopoulos. (1987). Thermoeconomic functional analysis and optimization. Energy, 12(7), 563-571.
- [5] Spakovsky M. V. Sustainability considerations in the modeling of energy systems. 2011 <https://www.semanticscholar>
- [6] [Göran Wall](#). “Thermoeconomic analysis” / Introduction to Life Support Systems and Sustainable Development. 2002. / <https://www.researchgate.net>

⁶ ЭЦДЦС- экологийн цэвэр дулааны цахилгаан станц.

ДЦС, ДС-ЫН ЗУУХНЫ ӨӨРЧЛӨЛТ, ШИНЭЧЛЭЛТИЙН ЗАРИМ ҮР ДҮН

Ж.Цэен-Ойдов, С.Батмөнх

ШУТИС, Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн
oidov_zh@yahoo.com, batmunkh_acad@yahoo.com

Хураангуй

ДЦС, дулааны станцын зуухны үр ашгийг дээшлүүлэх, байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг бууруулах талаар хийгдэж байгаа зарим өөрчлөлт, шинэчлэлтийн үр дүнд ДЦС-уудад ажиллаж байгаа нийт зуухны 21.7%, дулааны станцын уурын ба ус халаах зуухны 41.3%-ийг эдийн засгийн үр ашигтай, байгаль орчинд ээлтэй технологийн нэг болох нам температурын эрчимжсэн ба эргэлдэх буцлах давхаргад түлш шатаах технологитой зуух эзлэх болсон байна. Энд нам температурын буцлах давхаргад шилжүүлэн өөрчилсөн болон шинээр ашиглагдаж эхэлж байгаа эргэлдэх буцлах давхаргад түлш шатаах технологи бүхий уурын зуухнуудын туршилт, судалгааны зарим үр дүнг авч үзэв.

Түлхүүр үг: Нам температурын буцлах давхарга, АУК, жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт, хийн төлөвтэй бохирдуулах бодис

I. УДИРТГАЛ

ДЦС, Дулааны станцуудын ажиллагааны техник эдийн засаг, экологийн үзүүлэлтүүд зуухны төхөөрөмжийн хийц, ажиллагаанаас ихээхэн шалтгаалдаг. Иймд станцын үндсэн ба туслах тоноглолыг шинэчлэх, орчин үеийн шинэ дэвшилтэт техник, технологи хэрэглэх шаардлагатай тулгарч байна. Ийм технологийн тоонд юуны өмнө буцлах давхаргад түлшийг шатаах технологи хамаарагдана. Монгол улсын эрчим хүчний үүсгүүрүүдэд өргөн ашиглагддаг орд газруудын нүүрсийг буцлах давхаргад шатаах туршилтыг бид эртнээс хийж ирсэн билээ [1]. Сүүлийн жилүүдэд буцлах давхаргад нүүрс шатаах технологи зуухны техникт эрчимтэй нэвтэрч олон улсын эрчим хүчний практикт өргөн хэрэглэгдэх болов.

Дулаан, цахилгааны энергийг хослон үйлдвэрлэлийн аргаар боловсруулах дулаанжуулалтын болон төвлөрсөн дулаан хангамжийн үүсгүүрүүдийг эдийн засгийн үзүүлэлт өндөр, хүрээлэх орчинд ээлтэй орчин үеийн дэвшилтэт шинэ технологи бүхий техник, тоног төхөөрөмжөөр шинэчлэн өргөтгөх чиглэлийг баримтлан ажиллаж байна.

Улаанбаатар хотын 4-р ДЦС-ын бүх зуухыг босоо булт тээрэмтэй, 3-р ДЦС-ын өндөр даралтын хэсгийн зуухнуудыг үрлэн тээрэмтэй, Эрдэнэт, Дарханы ДЦС-ын тус бүр 1 зуухыг алхан тээрэмтэй шууд үлээлгийн тоос бэлтгэлийн системд шилжүүлэн өөрчилсний зэрэгцээ 4-р ДЦС-ын 420 т/ц уур үйлдвэрлэх хүчин чадалтай БКЗ-420-140С маркийн 8 зуухны 6-гийн уур бүтээмжийг 500 т/ц болгон нэмэгдүүлэх зэргээр өөрчлөлт, шинэчлэлтийн ажлууд хийгдсэн.

Улаанбаатар хотын 3-р ДЦС-ын дунд даралтын хэсгийн БКЗ-75-39 маркийн 2, Дарханы ДЦС-ын 2 нийт 4 зуухыг нам температурын стационар буцлах давхаргад, 2-р ДЦС-ын БКЗ-75-39 маркийн

2, ТС-35-39 маркийн 2 зуухыг эрчимжсэн буцлах давхаргад түлш шатаах технологид шилжүүлэн өөрчилсний зэрэгцээ 2-р ДЦС-д эргэлдэх буцлах давхаргад түлш шатаах технологи бүхий 35 т/ц уурын бүтээмжтэй 1, Даланзадгадын ДЦС-ыг мөн 25 т/ц уурын бүтээмжтэй 1 зуухаар тус тус өргөтгөн, Ухаа худагт эргэлдэх буцлах давхаргад түлш шатаах технологи бүхий 35 т/ц уурын бүтээмжтэй 3 зуух бүхий ДЦС-ын барьж ашиглалтад оруулсан. Ингэснээр манай орны эрчим хүчний салбарын ДЦС-уудад ажиллаж байгаа нийт 60 зуухны 21.7%, зуухнуудын суурилагдсан чадлын 8.8%-ийг шаталтын энэ технологи бүхий зуух эзлэх болсон байна. 2020 оны байдлаар ДЦС-уудын зуухнуудад 8892,9 мянган тонн нүүрс хэрэглэжээ.

Орон нутгийн төв, суурин газруудын хэрэглэгчдийн технологийн уурын хэрэглээ эрс багассантай уялдуулан дулааны станцуудын ДКВр, КЕ маркийн 15 уурын зуухыг ус халаах горимд шилжүүлэн [2-4] өөрчилсөн нь ашиглалтын нөхцөлийг хөнгөвчлөн ашиглалтын хугацааг уртасгаж, түлш, цахилгаан эрчим хүчийг хэмнэхийн зэрэгцээ байгаль орчны бохирдлыг бууруулах нөхцөлийг бүрдүүлсэн байна.

Багануур, Бор-өндөр, Сайншанд, Биокомбинат, Баян-Өлгий, Налайх, Зүүнхараагийн дулааны станцын КВТС-20-150, КЕ-25-14, КВТС -10-150, SHL-10-13/350 зэрэг ул ширэмтэй 20 зуухны галын хотлыг нам температурын стационар буцлах давхаргад түлш шатаах технологид шилжүүлсний зэрэгцээ Улаангом, Баруун урт, Булган, Оюу толгой, Хөшгийн хөндий, Амгаланд 5-116 МВт дулааны чадалтай нам температурын эрчимжсэн ба эргэлдэх буцлах давхаргад түлш шатаах технологитой ус халаах зуух бүхий дулааны станцууд ашиглалтад орсон.

Ингэснээр өнөөгийн байдлаар манай улсын Дулааны станцуудад нийт 94.5 т/ц уурын бүтээмжтэй 14 уурын, үүний 4 нь хийн түлшээр,

1460 МВт чадалтай 78 ус халаах зуух ажиллах болсон байна. Дулааны станцуудад ажиллаж байгаа нийт 92 уурын ба ус халаах зуухны 41.3%, тэдгээрийн суурилагдсан дулааны чадлын 28.0% ба 65.9%-ийг шаталтын энэ технологи бүхий зуух эзлэх болсон байна.

II. ТУРШИЛТ ЯВУУЛСАН АРГА ЗҮЙ

Нам температурын буцлах давхаргад нүүрс шатаах технологид шилжүүлэн өөрчилсөн зуухнуудын дулаан техникийн туршилтыг тэдгээрийн ажиллагааны тогтворжсон горимын үед дараах аргачлалын дагуу явуулав.

Туршилтад хэрэглэх нүүрснээс сорьц авч лабораторийн шинжилгээгээр илчлэг (Q_i^r), дэгдэмхий бодис (V^{daf}), чийглэг (W^r), үнслэг (A^r) зэрэг үзүүлэлтүүдийг, туршилтын явцад нүүрсний шаталтаас үүсэж байгаа шаарга, утаатай тэвэрлэгдэж гарсан нунтаг нүүрс, үнсний сорьцыг зуухны ажиллагааны горим бүрд 3 удаа авч тэдгээрт агуулагдаж байгаа шатамхай хэсгийн хэмжээг (Гш, Гпр, Гун) тодорхойлсон.

Туршилтын явцад түлшний зарцуулалт, уурын зарцуулалт, даралт, температур, галын хотлын буцлах давхрага, түүний дээших эзлэхүүнд түлшний шаталтаас үүсэх дөлний температур, сийрэгжилт, анхдагч ба хоёрдогч агаарын зарцуулалт, температур, хийн явалтын замын дагуух утааны хийн температур зэргийг суурин хэмжүүрүүдээр тасралтгүй хэмжиж санах байгууламжид хадгалсан. Мөн зуухнаас гарч байгаа утааны хийн температур, түүнд агуулагдах NO_x , SO_2 , CO , илүүдэл агаарын коэффициент зэргийг хий шинжлүүр (TESTO350)- ээр 10 минут тутам хэмжсэн.

Туршилтын үеийн хэмжилтийн үр дүнг боловсруулан зуухны дулааны хүчин чадал, түлшний цагийн ба хувийн зарцуулалт, ашигт үйлийн коэффициент (АҮК), зуухнаас гарч байгаа утааны хий дэх хийн төлөвтэй бохирдуулах бодисууд, илүүдэл агаарын коэффициент зэргийг тодорхойлж, математик статистикийн аргаар тэдгээрийн хамаарлуудыг тодорхойлсон.

III. БУЦЛАХ ДАВХАРГАД ТҮЛШ ШАТААХ ТЕХНОЛОГИД ШИЛЖҮҮЛСЭН УУРЫН ЗУУХНУУДЫН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

3.1. ЗУУХНЫ АЖИЛЛАГААНЫ ҮНДСЭН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮД

ДЦС-3-ын нам температурын буцлах давхаргад (НТБД) түлш шатаах технологид болон ДЦС-2-ын нам температурын эрчимжсэн буцлах давхаргад (НТЭБД) түлш шатаах технологид шилжүүлсэн БКЗ-75-39БД зуухнуудад Багануурын,

Сайншандын дулааны станцын КЕ-25-14БД зууханд Шивээ-Овоогийн, Ухаа худгийн ДЦС-ын эргэлдэх буцлах давхаргад (НТЭрБД) түлш шатаах технологитой НХ-35/3.82-450 маркийн зууханд Таван толгойн эрчим хүчний нүүрс түлж гүйцэтгэсэн туршилтуудын үр дүнг авч үзье.

Зуухнуудын АҮК ба тэдгээрийн уурын бүтээмж, илүүдэл агаарын коэффициент-тийн хоорондын хамаарлуудыг 1-р зурагт харуулав.

НТБД-д нүүрс шатаах технологид шилжүүлсэн БКЗ-75-39БД зуухны туршилтыг бага 35-45 т/ц, дундаж 50-60 т/ц, их $D=61-73$ т/ц ачааллын үед явуулахад нүүрсний цагийн зарцуулалт $V=7,54-8,15$ т/ц, $V=11,5-12,2$ т/ц, $V=11,9-13,2$ т/ц тус тус байв. Энэ зуухны химийн ба механик дутуу шаталтаас үүсэх дулааны алдагдал дунджаар $q_3=0,5\%$, $q_4=0,9-3,7\%$, утааны хийтэй болон орчинд алдах дулаан $q_2=6,7-10,65\%$, $q_5=1,09-1,67\%$, зуухны АҮК $\eta=83,5-92,0\%$ байв (зураг 1а).

НТЭБД-д түлш шатаах технологид шилжүүлэн өөрчилсөн БКЗ-75-39БД маркийн зууханд 3811-1927 ккал/кг илчлэгтэй, 30,9-31,3%-ийн чийглэг, 40,1-41,5%-ийн дэгдэмхий бодис агуулсан, 7-8,4%-ийн үнслэг бүхий нүүрс түлж, туршилтыг бага 35-45 т/ц, дундаж 55-60 т/ц т/ц, их $D=70$ т/ц ачааллын үед явуулсан.

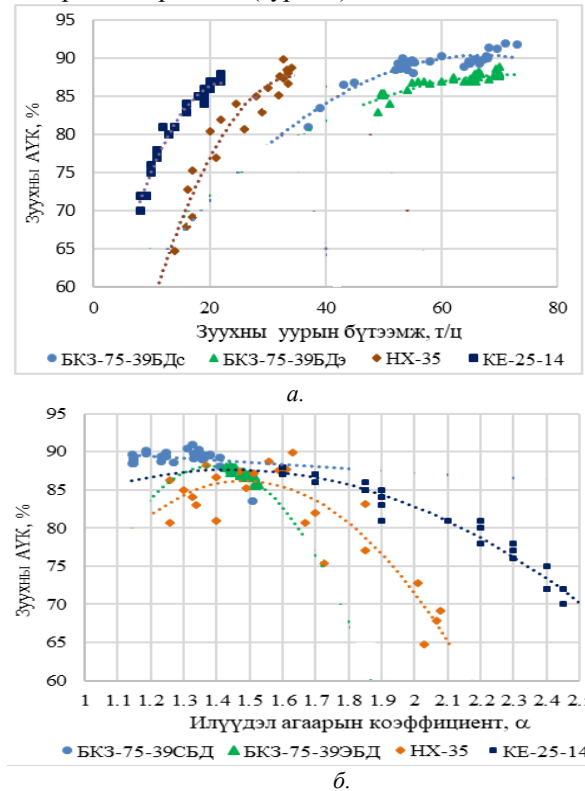
Туршилтын үр дүнгээс харахад утааны хийтэй хамт алдах дулаан $q_2=8,985-9,39\%$ дунджаар $q_2=9,04\%$, химийн ба механик дутуу шаталтаас үүсэх дулааны алдагдал $q_3=1,16-3,807\%$, дунджаар $q_3=1,44-3,58\%$, $q_4=0,664-0,752\%$, орчинд алдах дулаан $q_5=1,06-1,427\%$ дунджаар $q_5=1,0-1,402\%$, дулааны нийлбэр алдагдал $\sum q_i=11,95-14,934\%$ дунджаар $\sum q_i=12,23-14,68\%$, зуухны АҮК $\eta=85,07-88,05\%$ дунджаар $\eta=85,3-87,8\%$ байв (зураг 1а) [5, 6].

КЕ-25-14БД зуухны туршилтын явцад буцлах давхаргын температур 780-920°C, утааны хийтэй хамт алдах дулаан $q_2=12,6-14,5\%$, дунджаар 13,5%, химийн ба механик дутуу шаталтаас үүсэх дулааны алдагдал $q_3=0,75-1,8\%$, дунджаар 1,45%, $q_4=1,09-3,61\%$, дунджаар 2,29-2,42%, орчинд алдах дулаан $q_5=2,93-8,05\%$, дундаж нь 3,46-5,5%, шааргатай алдах дулаан $q_6=0,197-0,497\%$, дундаж нь 0,36%, дулааны нийт алдагдал $\sum q_i=20,3-25,8\%$, дундаж нь 21,5-23,04%, зуухны АҮК $\eta=74,2-79,7\%$, дундаж нь 77-78,94% байв.

НТЭрБД-тай НХ-35/3.82-450 зуухны ачаалал 14,3...24,4 т/ц дунджаар 17,99 т/ц, 32,0-34,5 т/ц дунджаар 33,0 т/ц байх ачааллын туршилтын үед буцлах давхаргын температур 972,7-978,4°C, хоёрдогч агаарын температур 177,9 °C, зуухнаас гарах утааны хийн температур 112-160°C, дунджаар 116-152°C байхад зуухны АҮК $\eta_{\text{нТ}}=62,75-89,9\%$ дунджаар $\eta_{\text{нТ}}=72,6-86,2\%$ байв. Зуухны илүүдэл агаар соролтын хэмжээ дунджаар $\sum \Delta\alpha=0,66-2,05$ байгаа нь зуухны механикийн дутуу шаталтаас үүсэх дулааны алдагдал

(дунджаар $q_4=21,04\%$)-ыг өсгөх нэг гол нөхцөл болсон [7].

Энэ 1-р зургаас харахад зуухны уурын бүтээмж нэмэгдэхэд АҮК нь нэмэгдэж, харин илүүдэл агаарын коэффициент ихсэхэд буурч байна. Эндээс эдгээр зуухны уурын бүтээмж нэрлэсэн чадлын 80-90%, эргэлтийн хөндий дэх илүүдэл агаарын коэффициент 1.3-1.4 байхад АҮК өндөр байхаар байна (зураг 1).



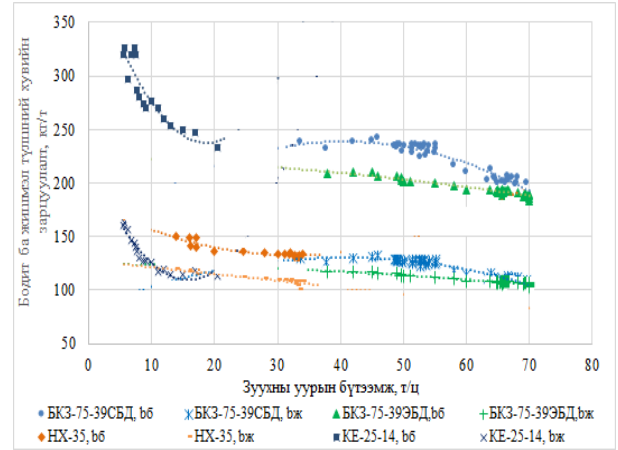
Зураг 1. Зуухны АҮК ба уурын бүтээмж (а), илүүдэл агаарын коэффициентын (б) хоорондын хамаарал

Эдгээр зуухны 1 тонн уур боловсруулах бодит, жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт ба уурын бүтээмжийн хоорондын хамаарлыг дараах 2 дугаар зургаар харуулав.

КЕ-25-14БД зуухны туршилтын үед 1 тонн уур боловсруулах бодит (жишмэл) түлшний хувийн зарцуулалт 234-327 (113-164) кг/т.у, дундаж нь 283 (132.5) кг/т.у, байв.

НТБД-д нүүрс шатаах технологид шилжүүлсэн БКЗ-75-39 маркийн зуухных $b_y=199-242$ (108.8-132) кг/т.у, дунджаар 222.5 (121.45) кг/т.у, НТЭБД-д нүүрс шатаах технологид шилжүүлсэн зуухных 183.6-210 (102.7-117.5) кг/т.у дунджаар 195.1 (109.2) кг/т.у байв.

НХ-35/3.82-450 зуухны дунд ачааллын үед 1 тонн уур боловсруулахад зарцуулах бодит (жишмэл) түлшний хувийн зарцуулалт 131-150 (98.9-119.7) кг/т.у дунджаар 136.6 (110.8) кг/т.у байна

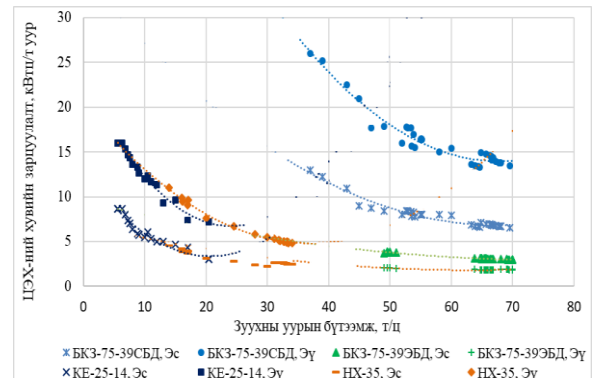


Зураг 2. Зуухны бодит болон жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт ба уурын бүтээмжийн хоорондын хамаарал

Энэ 2-р зургаас харахад зуухны уурын бүтээмж нэмэгдэхэд 1 тонн уур боловсруулах түлшний хувийн зарцуулалт буурч байна. Харин НТБД-д түлш шатаах технологид шилжүүлсэн БКЗ-75-39БД маркийн зуухны ашиглалтын үед 1 кг уур боловсруулахад шаардагдах түлшний хувийн зарцуулалт бага ачааллаас дунд ачаалалд шилжихэд өсөж тодорхой угтанд хүрээд цаашид хэвийн ачаалалд шилжихэд буурч (зураг 2) байгаа нь туршилтын үр дүнгээс харагдаж байна.

Уурын зуухны үлээх, сорох тоноглолын ЦЭХ-ний хувийн зарцуулалт ба зуухны уурын бүтээмжийн хоорондын хамаарлыг 3 дугаар зурагт харуулав.

КЕ-25-14БД зуухны үлээх ба сорох тоноглолын ЦЭХ-ний хувийн зарцуулалт 10.4-25.2 кВт-ц/т дундаж нь 11.84-18.0 кВт-ц/т, НТБД-тай БКЗ-75-39БД зуухных 20.3-38.0 кВт-ц/т, НТЭБД-тай БКЗ-75-39БД зуухных 4.93-5.07 кВт-ц/т дунджаар 5.0 кВт-ц/т тус тус байв [8, 9].



Зураг 3. 1 тонн уур боловсруулах үлээх, сорох төхөөрөмжийн ЦЭХ-ний хувийн зарцуулалт ба зуухны уурын бүтээмжийн хоорондын хамаарал

НТЭБД-тай НХ-35/3.82-450 зуухных 7.32-7.97 кВт-ц/т буюу дунджаар 7.55 кВт-ц/т байна.

Зуухны уурын бүтээмж нэмэгдэхэд үлээх, сорох төхөөрөмжийн ЦЭХ-ний хувийн зарцуулалт

тасралтгүй буурч байгаа нь 3-р зургаас харагдаж байна.

3.2. ЗУУХНЫ АЖИЛЛАГААНЫ ҮНДСЭН ҮЗҮҮЛЭЛТҮҮДИЙН МАТЕМАТИК ЗАГВАР

НТБД-тай уурын зуухнуудын туршилтын хэмжилтийн үр дүнг математик статистикийн

аргаар боловсруулж, зуухны ашигт үйлийн коэффициент (АҮК), жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт, үлээх, сорох тоноглолуудын ЦЭХ-ний хувийн зарцуулалт болон зуухны уурын бүтээмж, илүүдэл агаарын коэффициентын хоорондын хамаарлыг тодорхойлох тэгшитгэлүүдийг гарган [10] дараах 1-р хүснэгтээр нэгтгэн харуулав.

Хүснэгт 1. НТБД-тай уурын зуухнуудын зарим үзүүлэлтийг тодорхойлох тэгшитгэл

Зуухны марк	АҮК	Жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт	ЦЭХ-ний хувийн зарцуулалт
БКЗ-75-39СБД	$\eta = 79,7+0,154 \cdot D+0,179 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,778, R=0,882$ $S=0,682, F=48,9>F_T=3,34$	$b_{ж} = 162,1 + 14,4 \cdot \alpha - 1,045 \cdot D$ $R^2 = 0,9148, R=0,9415$ $S=2,45, F=155,7>F_T=3,34$	$\Theta_{\gamma,c} = 41,53-0,351 \cdot D + 1,87 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,846, R=0,92$ $S=1,176, F=79,7>F_T=3,34$
БКЗ-75-39ЭБД	$\eta = 74,7+0,161 \cdot D+1,452 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,831, R=0,912$ $S=0,746, F=35,7>F_T=3,34$	$b_{ж} = 127,2-0,402 \cdot D + 4,31 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,936, R=0,967$ $S=1,054, F=226,9>F_T=3,23$	$\Theta_{\gamma,c} = 12,3 - 0,055 \cdot D+2,554 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,8922, R=0,945$ $S=0,169, F=153,1>F_T=3,23$
КЕ-25-14	$\eta = 109,0+0,083 \cdot D-13,57 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,9097, R=0,9512$ $S=3,13, F=105,8>F_T=3,49$	$b_{ж} = 21,81+0,233 \cdot D+45,17 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,783, R=0,885$ $S=6,95, F=25,2>F_T=3,74$	$\Theta_{\gamma,c} = 3,6-0,443 \cdot D+ 8,49 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,9378, R=0,9749$ $S=1,2, F=105,6>F_T=3,74$
НХ-35/3.82-450	$\eta = 74,58+ 0,775 \cdot D-8,19 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,916, R=0,957$ $S=2,3, F=97,8>F_T=3,55$	$b_{ж} = 120,86-0,559 \cdot D + 3,12 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,835, R=0,91$ $S=2,27, F=40,4>F_T=3,63$	$\Theta_{ж} = 13,4-0,302 \cdot D + 2,66 \cdot \alpha$ $R^2 = 0,9859, R=0,993$ $S=0,357, F=557,8>F_T=3,63$

НТБД-тай зуухнуудын АҮК ба уурын бүтээмж, илүүдэл агаарын коэффициентын хоорондын хамаарлын эдгээр тэгшитгэлийн детерменацийн коэффициент $R^2 = 0.718-0.916$, олон хүчин зүйлт корреляцийн коэффициент $R=0.85-0.957$, стандарт алдаа $s=0.682-3.13$, Фишерийн шалгуурын утга $F=35.7-99.7 >F_T=3.34-3.55$ байна.

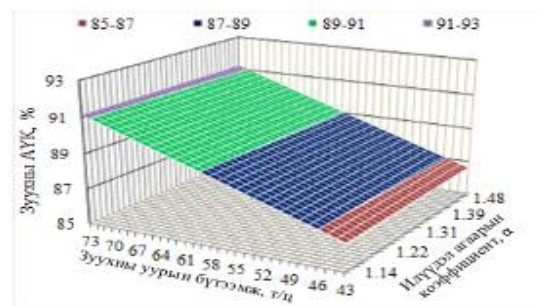
Жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт болон түүний дулааны чадал, илүүдэл агаарын коэффициентын хоорондын хамаарлын эдгээр тэгшитгэлийн детерменацийн коэффициент $R^2=0.783-0.936$, олон хүчин зүйлт корреляцийн коэффициент $R=0.9-0.96$, стандарт алдаа $s=1.053-15.2$, Фишерийн шалгуурын утга $F=25.2-277.3>F_T=3.23-3.74$ байна.

Зуухны төхөөрөмжийн үлээх, сорох тоноглолын ЦЭХ-ний хувийн зарцуулалт болон зуухны дулааны чадал, илүүдэл агаарын коэффициент-ийн хоорондын хамаарлын эдгээр тэгшитгэлийн детерменацийн коэффициент $R^2=0.846-0.9859$, олон хүчин зүйлт корреляцийн коэффициент $R=0.92-0.993$, стандарт алдаа $s=0.169-1.176$, Фишерийн шалгуурын утга $F=79.7-557.8>F_T=3.23-3.74$ байна.

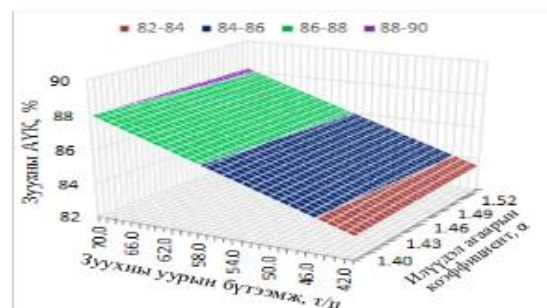
Дараах 4-р зургаас харахад стационар ба эрчимжсэн буцлах давхаргатай БКЗ-75-39БД зуухны илүүдэл агаар бага байсан учраас АҮК-д уурын бүтээмж зонхилон нөлөөлж байна. Харин НХ-35/3.82-450, КЕ-25-14БД зуухны илүүдэл агаар соролт 100%-иас их байсан тул уурын

бүтээмж нэмэгдэхэд АҮК өсөж, илүүдэл агаарын коэффициент нэмэгдэхэд буурч байгаа нь тодорхой харагдаж байна (зураг 4).

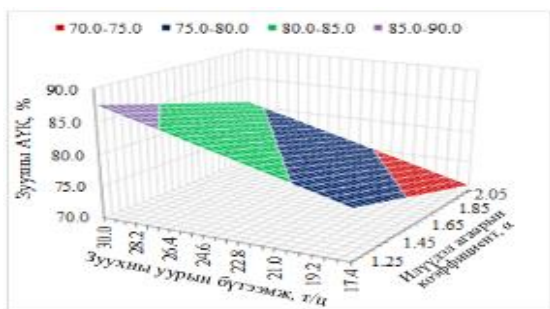
НТЭБД-тай БКЗ-75-39 зуухны илүүдэл агаар бага байсан учраас жишмэл түлшний хувийн зарцуулалтад уурын бүтээмж зонхилон нөлөөлж (зураг 5а) байгаа бөгөөд харин



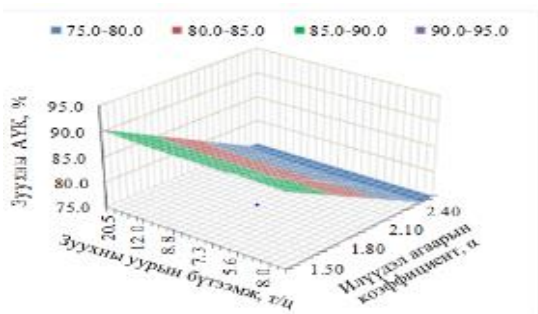
а.



б.

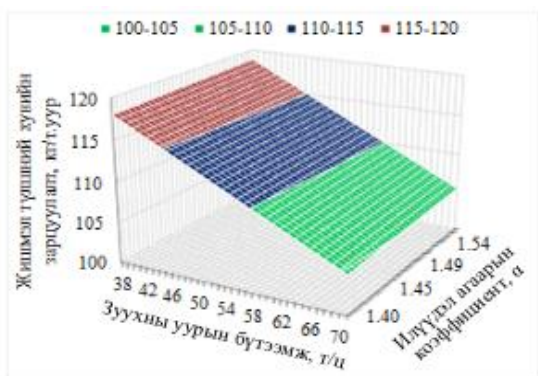


В.

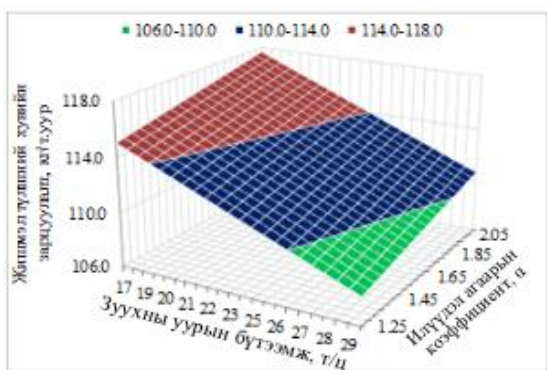


Г.

Зураг 4. Зуухны АУК ба уурын бүтээмж, илүүдэл агаарын коэффициентын хоорондын хамаарлын гадаргуу, а, б. Стационар ба эрчимжсэн буцлах давхаргатай БКЗ-75-39 маркийн зуух, в. НХ-35/3,82-450, г. КЕ-25-14



а.

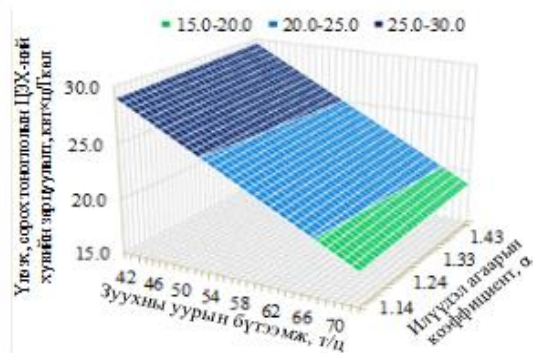


б.

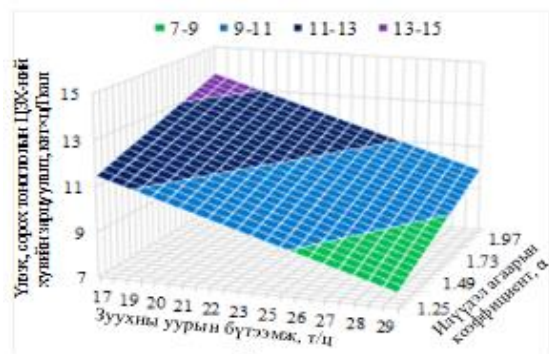
Зураг 5. Зуухны жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт ба уурын бүтээмж, илүүдэл агаарын коэффициентын хоорондын хамаарлын гадаргуу, а. Эрчимжсэн буцлах давхаргатай

БКЗ-75-39, б. Эргэлдэх буцлах давхаргатай НХ-35/3,82-450.

НТЭрБД-тай НХ-35/3.82-450 зуухны илүүдэл агаар соролт 100%-иас их байсан тул уурын бүтээмж нэмэгдэхэд өсөж, илүүдэл агаарын коэффициент нэмэгдэхэд буурч байгаа нь дээрх 3.5б дугаар зургаас тодорхой харагдаж байна.



а.



б.

Зураг 6. Зуухны үлээх, сорох тоноглолын ЦЭХ-ний хувийн зарцуулалт ба уурын бүтээмж, илүүдэл агаарын коэффициентын хоорондын хамаарлын гадаргуу, а. Стационар буцлах давхаргатай БКЗ-75-39, б. Эргэлдэх буцлах давхаргатай НХ-35/3,82-450.

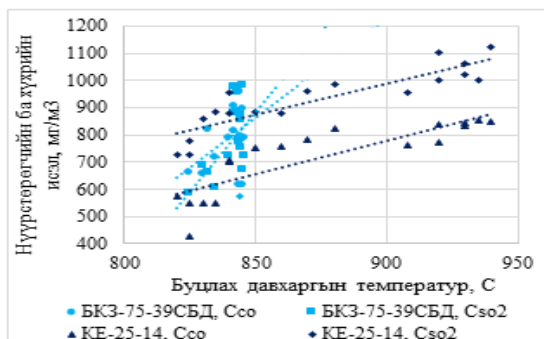
Стационар буцлах давхаргатай БКЗ-75-39 маркийн зуухны илүүдэл агаар бага хэвийн байсан учраас ЦЭХ-ний хувийн зарцуулалтад уурын бүтээмж зонхилон нөлөөлж (зураг 6а) байна. Харин НХ-35/3.82-450 зуухны агаар соролт 100%-иас их байсан тул уурын бүтээмж нэмэгдэхэд өсөж, илүүдэл агаарын коэффициент нэмэгдэхэд буурч байгаа нь 6б дугаар зургаас харагдаж байна.

А. ТҮЛШНИЙ ШАТАЛТААС ҮҮСЭХ БОХИРДУУЛАХ БОДИСУУД

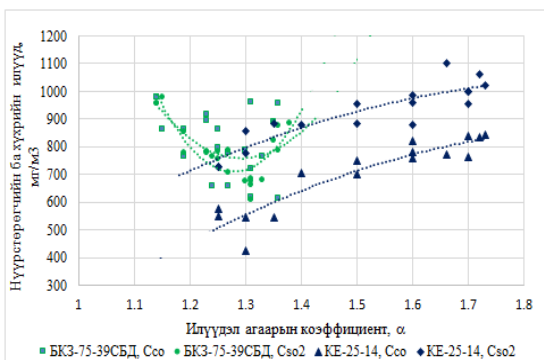
Нам температурын стационар ба эрчимжсэн буцлах давхаргад нүүрс шатаах технологид шилжүүлсэн БКЗ-75-39БД, КЕ-25-14БД зуухнуудын туршил-гаар түлшний шаталтаас үүсэж байгаа бохирдуулах бодисуудыг хэмжсэн үр дүнг боловсруулж CO, SO₂ ба NO_x болон буцлах давхаргын температур, илүүдэл агаарын

коэффициент зэрэг хэмжигдэхүүний хоорондын хамаарлыг 7, 8-р зургуудаар харууллаа.

Галын хотлын буцлах давхаргын дундаж температур 820-950°C байхад CO, SO₂-ын агууламж шугаман хамаарлаар өсөж (зураг 7а) байна. Хүхрийн ислийн агууламж илүүдэл агаарын коэффициент 1,25 хүртэл нэмэгдэхэд буураад цааш нэмэгдэхэд өсөж байна (зураг 7б).



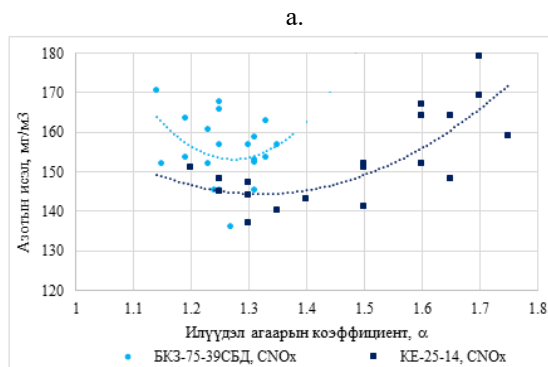
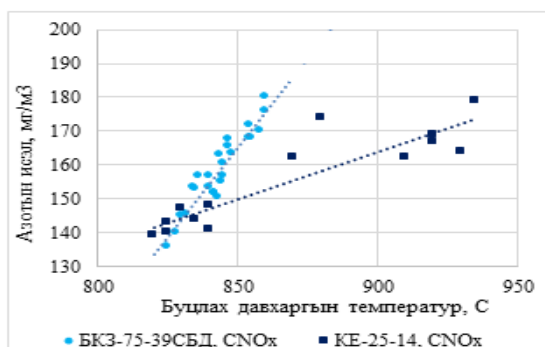
а.



б.

Зураг 7. Шаталтаас үүсэж байгаа CO, SO₂ ба буцлах давхаргын температур (а), илүүдэл агаарын коэффициентын (б) хоорондын хамаарал

Азотын ислийн агууламж C_{NOx}=139,0-179,0 мг/м³ байгаа бөгөөд буцлах давхаргын температур ихсэхэд шугаман хамаарлаар өсөж (зураг 8а), илүүдэл агаарын коэффициент 1,25 хүртэл нэмэгдэхэд буураад цааш 1,3-аас дээш нэмэгдэхэд дахин өсөж байгаа бөгөөд 1,25-1,35 хооронд байхад хамгийн бага утга нь харгалзаж (зураг 8б) байна.



а.

8 дугаар зураг. Шаталтаас үүсэж байгаа азотын исэл болон буцлах давхаргын температур (а), илүүдэл агаарын коэффициентын (б) хоорондын хамаарал.

НТБД бүхий галын хотолтой KE-25-14БД уурын зуухны буцлах давхаргын температур 820-935°C байхад утааны хий дэх нүүрстөрөгчийн дутуу ислийн (CO) дундаж агууламж 710,3 мг/м³, азотын ислийнх (NO_x) 158,7 мг/м³, хүхрийн ислийн агууламж (SO₂) 921,7 мг/м³ байна. Туршилтын үр дүнгээс харахад НТБД бүхий галын хотолтой KE-25-14БД маркийн уурын зуухны ажиллагааны явцад түлшний шаталтаас үүсэж байгаа утааны хий дэх агаар орчныг бохирдуулах бодисуудын хэмжээ ул ширэмтэй зуухныхаас бага байна.

НТБД-д шилжүүлсэн БК3-75-39БД зуухны утааны хий дэх нүүрстөрөгчийн дутуу ислийн агууламж C_{co}= 615,0-976,25 мг/м³ дундаж нь 799,6 мг/м³ байгаа бөгөөд зуухны бүтээмж нэмэгдэхэд буурч, харин илүүдэл агаарын коэффициент (α) нэмэгдэхэд ихэсч (зураг 8б) байна.

Хүхрийн ислийн агууламж C_{so2}=606,5-977,7 мг/м³, дундаж нь 769,1 мг/м³ байгаа бөгөөд зуухны бүтээмж нэмэгдэхэд эхлээд ихсэж байгаад D=55 т/ц- аас дээш нэмэгдэхэд буурч, харин илүүдэл агаарын коэффициент (α) ихсэхэд буурч байгаад α=1,3- аас дээш болоход дахин ихэсч (зураг 7б) байна.

Зуухны галын хотлын буцлах давхаргын температур ихсэхэд CO ба SO₂ (зураг 7а), NO_x-ийн (зураг 8а) агууламжууд өсөж байна.

NO_x-ийн агууламж C_{NOx}=136.0-180.0 мг/м³, дундаж нь 157.4 мг/м³ байгаа бөгөөд зуухны бүтээмж нэмэгдэхэд буурч, харин илүүдэл агаарын коэффициент (α) ихсэхэд буурч байгаад α=1.25-аас дээш болоход дахин ихэсч (зураг 8б) байна [5, 6].

Тоосон нүүрсний ба буцлах давхаргад шатаах технологид шилжүүлсэн галын хотолтой БК3-75-39 маягийн зуухны түлшний шаталтаас үүсэж байгаа CO₂, CO, NO_x, SO₂ зэрэг хийн төлөвтэй бохирдуулах бодис ба дэгдэмхий үнсний агууламжийг харьцуулан 2-р хүснэгтээр харуулав. БК3-75-39ФБ зуухны галын хотлыг НТБД-д нүүрс шатаах технологид шилжүүлснээр бодит ба жишмэл түлшний хувийн зарцуулалтыг багасгаж,

түлшний шаталтаас үүсэх хүлэмжийн хийн хэмжээг жилд 3702,6 тонноор бууруулах боломжтой болсон байна (хүснэгт 2).

Химийн дутуу шаталтын бүтээгдэхүүн (СО) эдгээр зуухны хувьд бараг адил байна (хүснэгт 2). Харин НТБД-д шилжүүлсэн зуухны утааны хий

дэх азотын ба хүхрийн ислийн агууламж тоосон нүүрсний галын хотолтой БКЗ-75-39ФБ зуухныхаас NO_x 40,7%, SO₂ 4,8%- иар, утааны хийтэй хаягдах дэгдэмхий үнсний хэмжээ 2 дахин тус тус бага байна.

Хүснэгт 2. Түлшний шаталтаас үүсэх бохирдуулах бодисуудын харьцуулалт

№	Утаан дахь бохирдуулах бодисууд		БКЗ-75-39		Зөрүү
	Нэр	Нэгж	Тоосон нүүрсний галын хотолтой	Буцлах давхаргад шатаах галын хотолтой	
1	Хүлэмжийн хий, CO ₂	т/ж	66646,2	62943,6	-3702,6
2	Нүүрстөрөгчийн исэл, CO	мг/м ³	1204,95	1203,75	-1,2
3	Азотын ислүүд, NO _x	мг/м ³	290,7	172,2	-118,4
4	Хүхрийн давхар исэл, SO ₂	мг/м ³	1200,7	1143,3	-57,4
5	Дэгдэмхий үнс	г/м ²	1,826	0,914	-0,912

Зуухны галын хотлыг НТБД-д нүүрс шатаах технологид шилжүүлснээр түлшийг харьцангуй бүрэн шатаахаас гадна галын хотолд шаталтаас үүсэх утааны хийн дээд температурыг 950°C- аас ихгүй барьж ажиллах нөхцөлийг бүрдүүлсэн тул агаар мандалд хаягдах азотын давхар ислийн хэмжээг бууруулж байна.

ДҮГНЭЛТ

1. ДЦС ба дулааны станцуудад Багануур, Шивээ-Овоо, Таван толгойн эрчим хүчний нүүрсээр ажиллаж байгаа стационар, эрчимжсэн ба эргэлдэх буцлах давхаргад түлш шатаах технологи бүхий зуухнуудын дулаан техникийн туршилтын үр дүнгээс харахад өөрчлөлтийн дараа АҮК нь 1.3-2%-иар нэмэгдэж, жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт 1.75-2.55 кг/т.уур-аар буурч, жилд нэг зуух 900-3400 т нүүрс хэмнэх боломжтой байна.

2. Нам температурын буцлах давхаргад түлш шатаах технологид шилжүүлсэн болон эргэлдэх буцлах давхаргатай зуух ашигласнаар түлшний шаталтаас үүсэх CO, NO_x, SO₂-ын агууламжийг стандартын зөвшөөрөгдөх хэмжээнд хүртэл бууруулах нөхцөлийг бүрдүүлж байна.

3. Шинэчилсэн болон эргэлдэх буцлах давхаргатай зуухны ашиглалтын байдал, туршилт, судалгааны үр дүнгээс харахад цаашдаа дунд ба өндөр чадлын ДЦС-д эргэлдэх буцлах давхаргатай буюу хуйларсан шаталттай, бага, дунд чадлын дулааны станцуудад эрчимжсэн буцлах давхаргатай зуух ашиглах нь тохиромжтой байна.

4. Дэлхий дахинд ДЦС-ын хүрээлэх орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийн улмаас эрчим хүчний салбар дахь нүүрсний хэрэглээг бууруулах, зогсоох зорилт тавигдаж байгаа өнөө үед ДЦС голлосон үүсгүүр чадлын бүтэцтэй, нүүрсний баялаг нөөцтэй манай улсын хувьд дулааны үүсгүүрүүдийнхээ АҮК-ийг дээшлүүлэн, түлш хэмнэх, хүрээлэх орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөг нь бууруулсан технологи нэвтрүүлэх нь тулгамдсан

асуудал болоод байна. Иймд эхний ээлжинд нэгэнт нэвтэрч эхлээд байгаа энэхүү шаталтын технологийг цаашид тууштай нэвтрүүлсэн техникийн шинэчлэлтийн бодлого баримталж ажиллах нь зүйтэй юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1]. С.Батмөнх, Ж.Цэен-Ойдов. Буцлах давхаргад нүүрс шатаах технологи (ганц сэдэвт бүтээл). - УБ.: "Соёмбо принтинг" ХГ, ISBN978-99978-68-51-0, 2019. -228 х.
- [2]. Цэен-Ойдов Ж. Уурын зуухыг ус халаагуурын горимд шилжүүлэх. //ТИС-ийн ЭШБ, 1997, №1/27.
- [3]. Цэен-Ойдов Ж, Энхбаяр Г. ДКВР-10-13-350 маягийн уурын зуухыг ус халаах горимд шилжүүлсэн өөрчлөлтийн үр дүн. Эрчим хүч & engineering сэтгүүл №4 (49), 2007, 40-43 тал.
- [4]. Цэен-Ойдов Ж., Баттөр Б., Бат Б. Баян-Өлгий аймгийн "Эрчим" ХК-ийн КЕ-25-14С маягийн уурын зуухыг ус халаах горимд шилжүүлэх өөрчлөлтийн зураг төсөл. -УБ., 2009.
- [5]. Цэен-Ойдов Ж., Болдсайхан С., Булган Т. ДЦС-3 ХК-ны ДДХ-ийн буцлах давхаргад нүүрс шатаах технологид шилжүүлсэн 3-р зуухны байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын нарийвчилсан үнэлгээний тайлан. УБ: 2003.
- [6]. Цэен-Ойдов Ж., Түмэнбаяр А., Амаржаргал Ц. Дарханы ДЦС-ын Нам температурын буцлах давхаргад шатаах технологи бүхий БКЗ-75-39БД маягийн зуухыг шарын голын нүүрсээр ажиллуулан дулаан техникийн туршилт хийж, горимын карт боловсруулах. 2015. – 96 х.
- [7]. Цэен-Ойдов Ж., Түмэнбаяр А., Баттөр Б., Энхбаяр Ш. Ухаа худгийн ДЦС-ын зуухнуудын горимын туршилтын тайлан. 2012.
- [8]. Нам температурын эрчимжсэн буцлах давхаргад шатаах технологид шилжүүлсэн БКЗ-75-39БД маягийн зуухны дулаан техникийн туршилт хийж, горимын карт боловсруулах. /Ж.Цэен-Ойдов, А.Түмэнбаяр,

- Б.Баттөр, Д.Даваацэрэн, Ц.Амаржаргал. 2015. - 90 х.
- [9]. “ДЦС-2” ТӨХК-ийн нам температурын эрчимжсэн буцлах давхаргатай БКЗ-75-39БД маягийн зуух №4-д Бөөрөлжүүтийн нүүрс түлэх дулаан техникийн туршилт. /Ж.Цэен-Ойдов, А.Түмэнбаяр, Б.Баттөр, Ц.Амаржаргал, А
- [10]. Цэен-Ойдов Ж. “Монгол Улсын дулааны Эрчим хүчний салбарын экологийн Үаримжаатай хөгжлийн техник, технологийн үндэслэл”. Техникийн шинжлэх ухааны доктор (D.Sc.)-ын зэрэг горилсон диссертаци. УБ., 2021. -246 х.
- н
б
а
я
р
.

ДАГНАСАН ДУЛААН ХАНГАМЖИНД ДУЛААНЫ ХУРИМТЛУУРТ ЦАХИЛГААН ХАЛААГУУР ХЭРЭГЛЭХ ТУРШИЛТЫН ЗАРИМ ҮР ДҮНГЭЭС

Ж.Цэен-Ойдов¹, А.Түмэнбаяр², Д.Үлэмж², Б.Баттөр², Ц.Амартүвшин³

ШУТИС, Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн
ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль
Скайтель ХХК

tumee_79@must.edu.mn, ulemj1206@yahoo.com, battur992001@must.edu.mn

Хураангуй

Улаанбаатар хотын гэр хорооллын нэг ба 2 өрөөтэй байшинд амьдарч байгаа зарим айл өрхөд дулаан хуримтлуурт цахилгаан халаагуур суурилуулан туршилт хийж, цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ, ажиллагааны нэг цикл Үр Туршилтын үр дүнд дулаалга сайтай 30 хүртэл м² талбай бүхий 1 өрөө байшингийн хувьд 3 кВт чадалтай халаагуур ашиглах боломжтой, харин гадна агаарын температур -25 °С-ээс доош хүйтэн байх тохиолдолд бүх төрлийн дулаан хуримтлуурт цахилгаан халаагуурын хуримтлуулсан дулаанаар халаах хугацаа дээд тал нь 8 цаг орчим болж, 13 цагаас хойш дахин 2-3 цаг нэмж цэнэглэх шаардлагатай байгааг тогтоож дүгнэлт гаргав.

ж

Түлхүүр үг. Динамик халаагуур, халаах элемент, ажиллагааны цикл, цэнэглэх хугацаа, цагийн тохируулуур.

э

х

I. УДИРТГАЛ

Манай улсын хот, аймгийн төвүүдийн гэр хороолол ба сум суурин газрын хувийн байшинд амьдарч байгаа айл өрхүүд болон зарим аж ахуйн нэгж байгууллагууд ханан пийшин ба жижиг ус халаах зуух бүхий бие даасан халаалтын системтэй байна. Бие даасан халаалтын системд ашиглаж байгаа ус халаах жижиг зуухнуудын хийц, технологи нэлээд хоцрогдсон, дутуу шаталт их, АУК багатайгаас хүрээлэх орчныг бохирдуулах эх үүсвэр болсоор байна. Иймд гэр хорооллын айл өрхүүдийн барилгын дулаан хангамжинд өөрийн өрны цаг уурын нөхцөлд тохирсон нар, газрын дүний дулаан, дулааны насос, цахилгаан халаагуур зэрэг экологид ээлтэй эх үүсвэрүүдийг дангаар нь болон уламжлалт халаалтын системтэй хослуулан ашиглах талаар туршилт, судалгаа хийх шаардлага үргэн гарсаар байна.

Монгол улсын засгийн газрын 2017 оны 3-р сарын 20-ны өдрийн 98 тоот тогтоолоор батлагдсан “Агаар, орчны бохирдлыг бууруулах үндэсний хөтөлбөр” [1]-т “цахилгаан дамжуулах, нүүгээх сүлжээ, дэд станцыг өргөтгөн хүчин чадлыг нь нэмэгдүүлж гэр хорооллын айл өрхийг 2.5-4 кВт чадалтай цахилгаан халаагуур ашиглах техникийн боломжийг бүрдүүлэх (4.1.6)”, энэхүү хөтөлбөрийг хэрэгжүүлэх арга хэмжээний төлөвлөгөө [2]-нд Улаанбаатар хотын гэр хорооллын 110000 айл өрхийг 2.5 кВт чадалтай, 8000 айл өрхийг 4 кВт чадалтай цахилгаан халаагуураар халаах техникийн боломж бүрдүүлэхээр заасан билээ.

Мөн 2017 онд Засгийн газрын шинэчлэгдэн батлагдсан журмын дагуу халаалтын улиралд Нийслэлийн гэр хорооллын

р

ы

н

т

е

м

н

өрхийн орой, шөнийн цагт хэрэглэсэн цахилгааны тарифыг 100 хувь, аймгийн төв болон 10 мянгаас дээш хүн амтай сум, суурин газрын гэр хорооллын айл өрхийн орой, шөнө хэрэглэсэн цахилгааныг 50 хувь хөнгөлөхөөр заасан шийдвэрүүд сүүлийн жилүүдэд хэрэгжиж байна. Иймд Улаанбаатар хотын гэр хорооллын айл өрхийг 2.5-4 кВт чадалтай цахилгаан халаагуураар халаах техникийн боломж бүрдүүлж байгаа дүүрэг хороодын зарим айлуудад дулааны хуримтлуурт цахилгаан халаагуур (ДХЦХ) суурилуулан хийсэн туршилт, судалгааны ажлын үр дүн [3]-гийн талаар энд авч үзлээ.

II. ДУЛААН ХУРИМТЛУУРТ ЦАХИЛГААН ХАЛААГУУР

ДХЦХ нь гадна гэр, дулаан тусгаарлагч, дулаан хуримтлуулан хадгалах материал, халаах элемент, сэнс, температур тохируулах систем, цагийн давтамж тохируулагч, анхдагч болон хоёрдогч хэмжих хэрэгсэл, тусгаарлах хөл зэргээс бүрдэнэ. Халаагуурын дулаан хуримтлуулах материал хатуу, шингэн, хийн төлөвтэй байхын зэрэгцээ фазын шилжилтэд үндэслэсэн байж болдог.

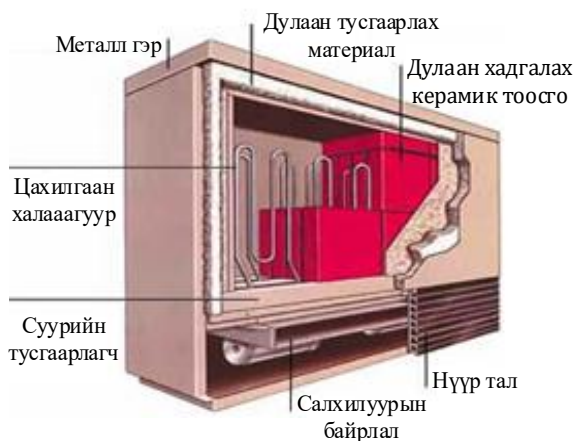
ДХЦХ-ыг халаалтын ажлын биеэр нь усны ба агаарын гэж ангилна. Энд дулааны хуримтлуурт агаарын цахилгаан халаагуурын туршилтын талаар авч үзлээ.

ДХЦХ-ыг статик ба динамик гэж ангилж болно. Статик халаагуурын гадаргуугаас чөлөөт конвекцоор орчны агаарт дулаан өгөгдөнө. Харин динамик халаагуурын хувьд бага чадлын (100-150 Ватт) салхилуурын тусламжтайгаар албадмал конвекцоор дулаан солилцоо явагдана. Дулаан

хуримтлуураар ашиглаж болох зарим материалын үзүүлэлтийг 1-р хүснэгтэд харуулав.

Хүснэгт 1. Зарим материалын нягт ба дулаан багтаамж

№	Материалын нэр	Температурын хязгаар (°C)	Нягт, ρ (кг/м ³)	Массын дулаан багтаамж c_p (Дж/кг°C)	Эзлэхүүний дулаан багтаамж (кДж/м ³ °C)
1	Хөнгөн цагаан	< 660 (хайлах цэг)	2700	920	2484
2	Тоосго	-	1969	921	1813
3	Керамик тоосго	-	3000	840	2520
4	Ширэм	< 1150 (хайлах цэг)	7200	540	3889
5	Бетон	-	2305	920	2122
6	Галын шавар	-	2200	1000	2200
7	50% Этилен Гликол - 50% ус	0 - 100	1075	3480	3741
8	Хуурай давс - 50% NaNO ₃ - 50% KNO ₃ (жингийн)	220 - 540	1733	1550	2686
9	Боржин	-	2400	790	1896
10	Шингэн натри	100 - 760	750	1260	945
11	Хайлсан давс - 50% KNO ₃ - 40% NaNO ₂ - 7% NaNO ₃ (жингийн)	142 - 540	1680	1560	2620
12	Дуб	-	769	2385	1833
13	Нарс	-	496	2803	1391
14	Ус	0 - 100	1000	4190	4190



Зураг 1. Дулаан хуримтлуурт динамик цахилгаан халаагуурын бүтэц

Бид 71-78% төмрийн агуулсан төрөл бүрийн тоосго хэлбэрийн дулаан хуримтлуулах материалтай (керамик тоосго) цахилгаан халаагуурууд суурилуулан туршилтыг явуулсан ба туршилтад ашигласан дулаан хуримтлуурт халаагуур, түүний тоосго, халаагуурын тенийг 1 ба 2-р зурагт үзүүлэв.



Зураг 2. Дулаан хуримтлуур (а), стандарт халаагуур (ТЭН) 800 Вт (б)

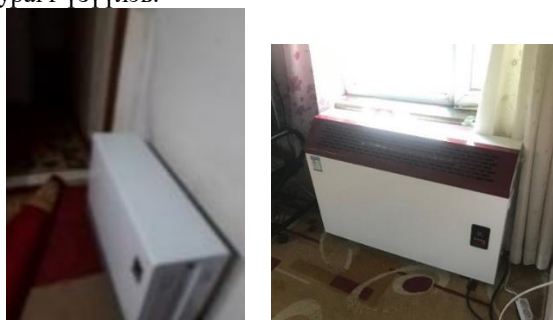
Туршилтад ашигласан Германы улсын 20, БНХАУ-ын 3 үйлдвэрийн 14 нийт 6 үйлдвэрийн 34 ширхэг ДХЦХ-уудын зарим техникийн үзүүлэлтүүдийг дараах хүснэгтэд харуулав.

Хүснэгт 2. ДХЦХ-ын үзүүлэлт

Модел	Чадал (Ватт)	Халаах талбай (м ²)	Тоо
1. Монварт ХХК-ийн ДХЦХ			
Динамик	4000	25	1
2. Ультрасоник ХХК-ийн ДХЦХ			
ETC250A	2330	<20	1
ETC340A	3110	<28	1
ETS200 Plus	2000	<20	1
ETS300 Plus	3000	<28	3
3. СОББИ ХХК-ийн ДХЦХ			
CVD 2.0	2000	15-20	6
CVD 3.0	3000	20-25	7
4. Журон ХХК-ийн үйлдвэрийн ДХЦХ			

ZRDNCR-2.4	2400	20	2
ZRDNCR-3.2	3200	28	3
5. Шанг-Фу ХХК-ийн үйлдвэрийн ДХЦХ			
SPXR-2400	2400	18-22	2
SPXR-3200	3200	22-30	3
6. Huang Hua үйлдвэрийн ДХЦХ			
Huang Hua -2400	2400	<25	2
Huang Hua -3200	3200	<30	2
Нийт			34

Эдгээрээс жишээ болгон Собби ХХК-ийн Герман улсаас оруулж ирж буй Ornate Sobbi маягийн болон БНХАУ-ын Huang Hua брэндийн дулаан хуримтлуурт цахилгаан халаагууруудыг 3-р зурагт үзүүлэв.



а. б.

Зураг 3. а. Собби ХХК-ийн “Ornate Sobbi” маягийн, б. БНХАУ-ын Huang Hua брэндийн дулаан хуримтлуурт цахилгаан халаагуур суурилуулсан байдал

Ш. ТУРШИЛТ ЯВУУЛСАН АРГА ЗҮЙ, ХЭРЭГЛЭСЭН ХЭМЖИХ ХЭРЭГСЛҮҮД

Нэг ба хоёр өрөөтэй байшинд амьдарч байгаа 21 айлд ДХЦХ суурилуулан туршилтын үед цахилгааны хэрэглээг хоёр тарифт, 3 ба 1 фазын ухаалаг тоолууруудаар 15, 30 минут тутамд iButton DS1922T-E5# маркийн температурын электрон мэдрүүр суурилуулан гадна агаарын болон айл өрх бүрийн байшингийн доторх агаарын температурыг 30 минут тутам хэмжин санах байгууламжид хадгалж, айл өрх бүрийн барилгын доторх агаарын чийглэг, тоосонцрыг хэмжиж, дулаан алдагдлыг гадна ба дотор талаас нь дулааны камераар 2 удаа хэмжиж, тодорхойлсон. ДХЦХ-уудын туршилтад хэрэглэсэн хэмжих хэрэгслүүдийг дараах зургуудад харуулав.



а. б.

Зураг 4. а. 3 фазын ухаалаг тоолуур, б. 1 фазын ухаалаг тоолуур



а. б.

Зураг 5. а. Хоёр тарифт тоолуур, б. Дулааны камер



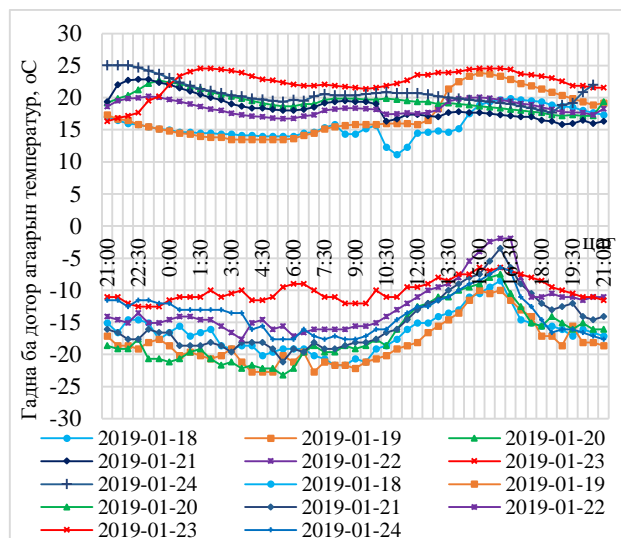
Зураг 6. iButton DS1922T-E5# маркийн температурын электрон датчик

IV. ДУЛААНЫ ХУРИМТЛУУРТ ЦАХИЛГААН ХАЛААГУУРЫН ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

4.1. НЭГ ӨРӨӨ БАЙШИН ДАХЬ ХАЛААГУУРЫН ТУРШИЛТ

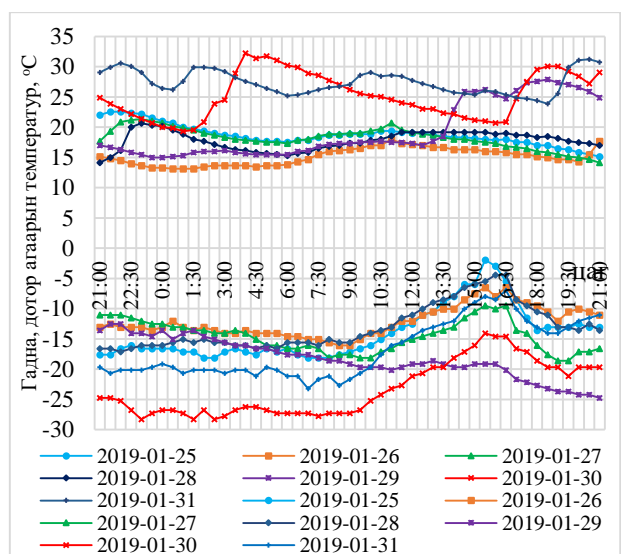
Монватт ХХК-ийн “Динамик”, Ультрасоник ХХК-ийн 3 ба 3,11 кВт, БНХАУ-ын Журон ба Шанг Фу ХХК-ийн 3.2 кВт, Собби ХХК-ийн 3 кВт чадалтай ДХЦХ-уудыг тус бүр нэгийг 20-36 м² талбайтай нэг өрөөтэй байшинд амьдрах 7 айлд суурилуулан туршилтыг хийсэн.

Гадна агаарын температур болон тухайн барилгын хийц, дулааны алдагдлаас шалтгаалан дотор агаарын температурын хэлбэлзэл харилцан адилгүй 1 ба 2-р сард гадна агаарын температур (-34.1)-(3.96) °С, дундаж нь -21.9 °С байхад 12.4-31.0 °С дунджаар 20.7 °С байв. Энд жишээ болгон 3 кВт чадалтай ДХЦХ суурилуулсан нэг айлын дотор агаарын температурын хоногийн хэлбэлзлийг дараах зургуудаар харуулав.



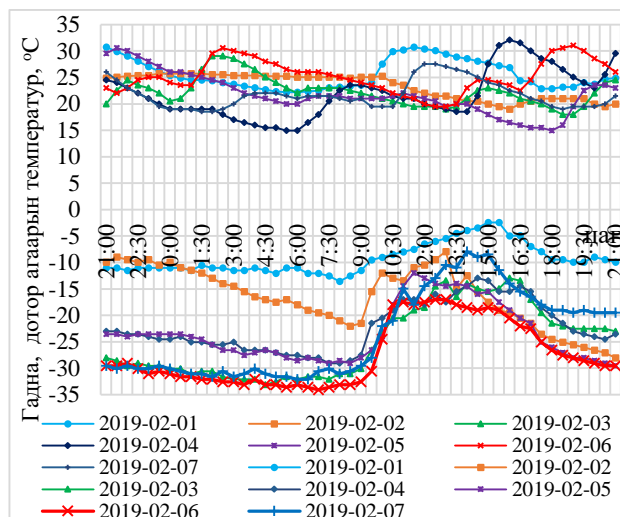
Зураг 7. Дотор, гадна агаарын температур

7-р зургаас харахад 2019 оны 01-р сарын 18-наас 24-ний хооронд гадна агаарын температур (-23.21 °C) -(-1.94 °C) дунджаар -14.73 °C байхад дотор агаарын температур 11.3 -25.4 °C дундаж нь 22.06 °C байв.



Зураг 8. Дотор, гадна агаарын температур

Харин 2019 оны 01-р сарын 25-наас 31-ний хооронд гадна агаарын температур (-28.29 °C) -(-1.95 °C) дунджаар -14.98 °C байхад дотор агаарын температур 14.14 -32.22 °C дундаж нь 20.27°C байсныг 8-р зургаас харж болно.

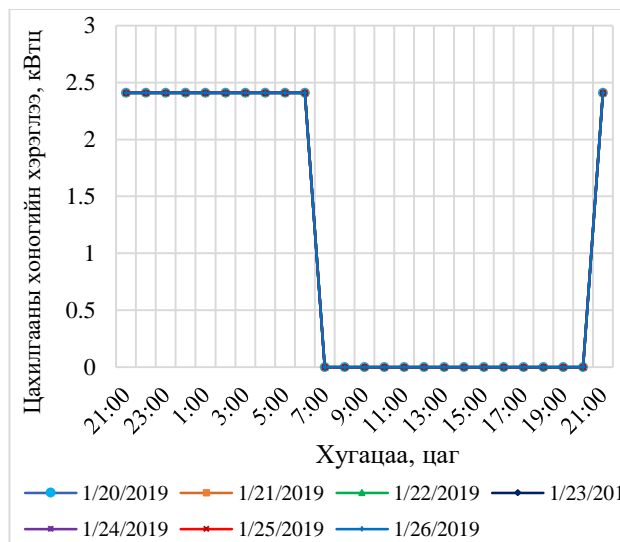


Зураг 9. Дотор, гадна агаарын температур

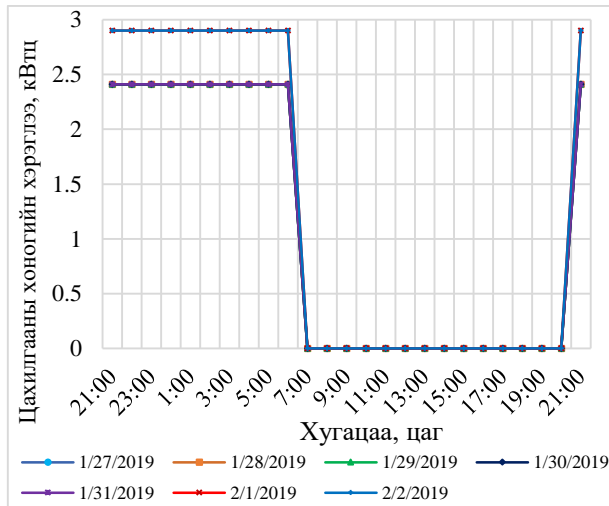
9-р зурагт үзүүлснээр 2019 оны 02-р сарын 01-нээс 07-ны хооронд гадна агаарын температур (-34.12 °C) -(-2.44 °C) дунджаар -21.08 °C байхад дотор агаарын температур 14.97-31.04 °C дундаж нь 23.13°C байсан.

Нэг өрөө байшинд амьдарч байгаа айлуудын дулааны хуримтлуурт цахилгаан халаагуурын цахилгааны хэрэглээг зөөврийн ухаалаг тоолуураар хэмжсэн.

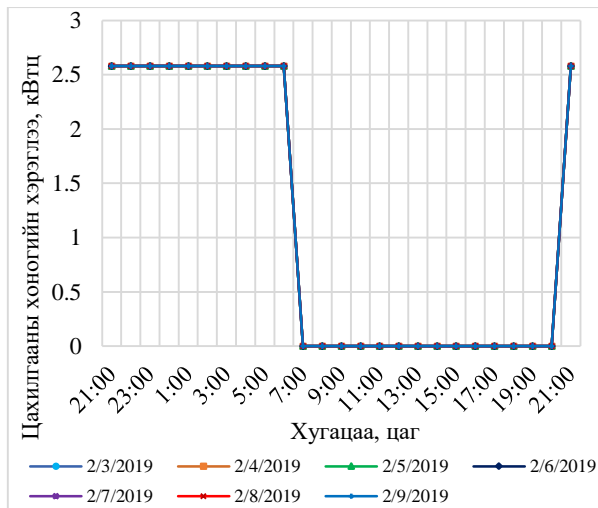
Халаагуурууд орой 21 цагт залгагдаад өглөө 06 цагт автоматаар салгагдаж байхаар цагийн тохируулгыг хийсэн. Энд жишээ болгон дээр авч үзсэн нэг айлын гурван 7 хоногийн турш дахь дундаж цахилгааны хэрэглээг дараах графикуудаар харуулав.



Зураг 10. 3 кВт-ын ШДХЦХ-ын цахилгааны хэрэглээ



Зураг 11. 3 кВт-ын ШДХЦХ-ын цахилгааны хэрэглээ



Зураг 12. 3 кВт-ын ДХЦХ-ын цахилгааны хэрэглээ

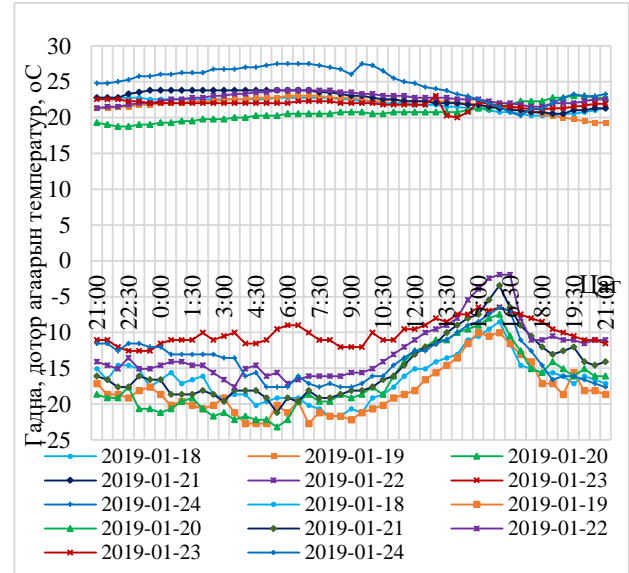
Зураг 10, 11, 12-д үзүүлсэн графикуудаас харахад 3 кВт чадалтай халаагуурын хоногийн цахилгааны хэрэглээ 13-39 кВтц буюу дунджаар 21 кВтц байгаа бөгөөд туршилтаар Ультрасоник ХХК-ийн 3 кВт чадалтай халаагуурын хоногийн цахилгааны хэрэглээ 13-29 кВтц, дунджаар 17 кВтц, СОББИ ХХК-ийн 3 кВт чадалтай халаагуурынх 24-39 кВтц, дунджаар 25 кВтц байв.

Түүнчлэн дээрх графикуудаас халаагуурын ажиллагааны нэг циклд 9 цаг цэнэглэж, хуримтлуулсан дулаанаар 15 цаг барилгыг халаасан байдал харагдаж байна.

4.2. ХОЁР ӨРӨӨ БАЙШИНГИЙН ХАЛААГУУРЫН ТУРШИЛТ

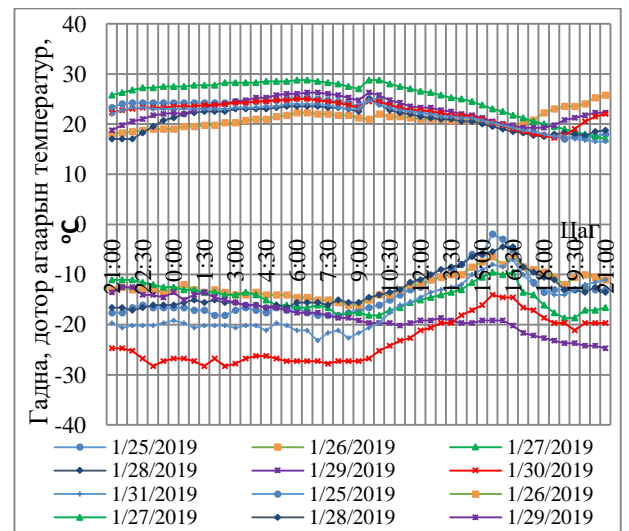
Ультрасоник ХХК-ийн 2 ба 3 кВт, БНХАУ-ын Журон ба Шанг Фу ХХК-ийн 2.4 ба 3.2 кВт, Собби ХХК-ийн 2 ба 3 кВт чадалтай ДХЦХ-уудыг тус бүр нэгийг 36-54 м² талбайтай хоёр өрөөтэй байшинд амьдрах 14 айлд суурилуулан туршилтыг хийсэн.

Энд жишээ болгон 2 өрөөтэй нэг айлд суурилуулсан Huang Hua ХХК-ийн 2.4 ба 3.2 кВт чадалтай 2 ДХЦХ туршилтын үеийн дотор, гадна агаарын температурын хэмжилтийн үр дүнг авч үзэв.



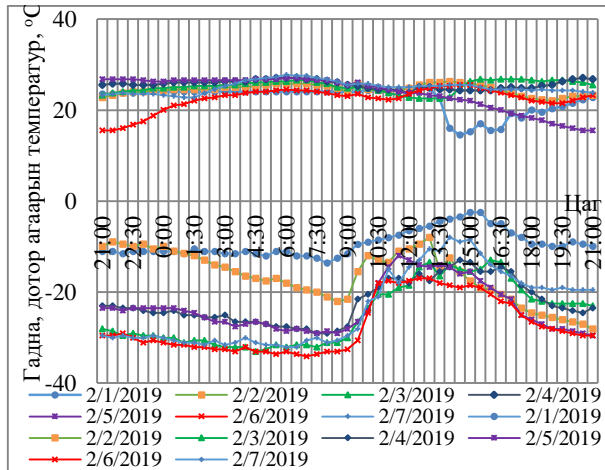
Зураг 13. Дотор, гадна агаарын температур

13-р зургаас харахад 2019 оны 01-р сарын 18-наас 24-ний хооронд гадна агаарын температур (-23.21 °C) – (-1.94 °C) дундаж нь -14.7 °C байхад дотор агаарын температур 17.0 - 27.52 °C, дундаж нь 22.17°C байна.



Зураг 14. Дотор, гадна агаарын температур

Харин 2019 оны 01-р сарын 25-наас 31-ний хооронд 4-р зурагт үзүүлсэнчлэн гадна агаарын температур (-28.29 °C) – (-1.94 °C) дунджаар -14.98 °C байхад дотор агаарын температур 16.51 -28.8 °C дундаж нь 22.4°C байв.



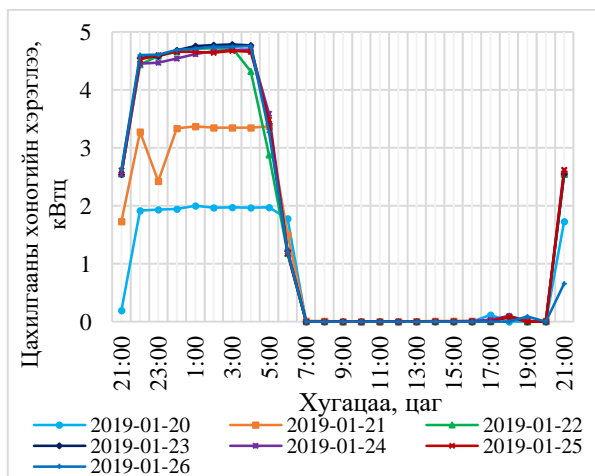
Зураг 15. Дотор, гадна агаарын температур

15-р зургаас харахад 2019 оны 02-р сарын 01-нээс 07-ны хооронд гадна агаарын температур (-34.12 °C) –(-2.44 °C) дунджаар -21.08 °C байхад дотор агаарын температур 14.53-27.81 °C дундаж нь 24.2°C байсан.

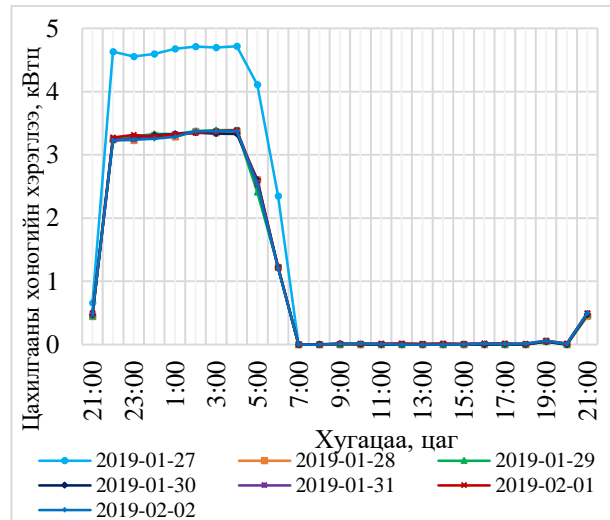
Эдгээр айл өрхүүдийн доторх агаарын температурыг гадна агаарын температуртай харьцуулан хэмжиж, тодорхойлоход 1 ба 2-р сард гадна агаарын температур (-34.1)-(3.96) °C, дундаж нь -21.9 °C байхад барилгын дотор агаарын температур 9.68-35.0 °C дунджаар 22.7 °C байв. Гадна агаарын температур -34.1 °C байхад барилгын доторх агаарын температур 9.68 °C болтлоо буурч байв.

Хоёр өрөө сууцны дулаан хуримтлуурт цахилгаан халаагуурын цахилгааны хэрэглээг зөврийн ухаалаг тоолуурын хэмжсэн үр дүнг дараах графикуудаар жишээ болгон харуулав.

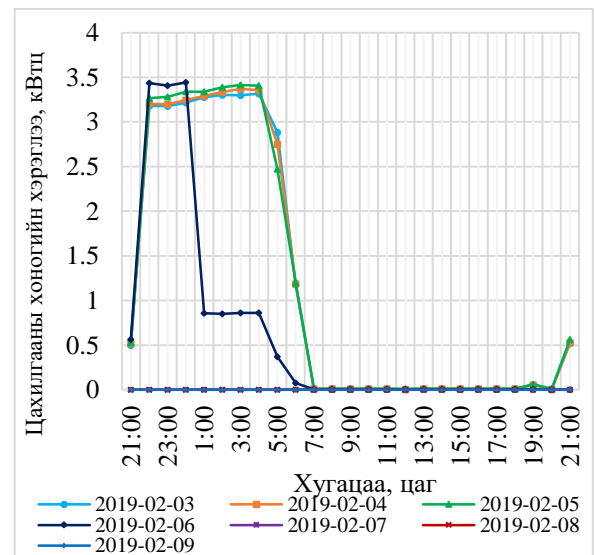
Дараах графикуудаас харахад 2 ба 3 кВт чадалтай халаагууруудын хоногийн цахилгааны хэрэглээ 24-44 кВтц, дунджаар 37 кВтц байна.



Зураг 16. 2 өрөө байшингийн ДХЦХ-ын цахилгааны хэрэглээ



Зураг 17. 2 өрөө байшингийн ШДХЦХ-ын цахилгааны хэрэглээ



Зураг 17. 2 өрөө байшингийн ШДХЦХ-ын цахилгааны хэрэглээ

Ультрасоник ХХК-ийн 2 ба 3 кВт чадалтай халаагууруудын хувьд 24-40 кВтц, дунджаар 34 кВтц, СОББИ ХХК-ийн 2 ба 3 кВт чадалтай халаагууруудынх 26-45 кВтц, дунджаар 39 кВтц, Хятад улсын үйлдвэрийн 2.4 ба 3.2 кВт чадалтай халаагууруудынх 26-44 кВтц, дунджаар 37 кВтц тус тус байв.

Нэг ба хоёр өрөөтэй байшинд амьдарч байгаа айл өрхүүдийн халаагууруудын дулаан хуримтлуулах үеийн хэрэглээ оройн 22 цагаас өглөөний 06 цагт хүртэл харьцангуй тогтмол 4.19-5.11 кВтц байгаа бөгөөд ихэнх өдөр дулаан хуримтлуулах хугацааны эхний болон сүүлийн хэсэгт цахилгааны хэрэглээ харьцангуй өндөр, дунд хэсэгт жаахан буурч байна. Өглөө 06 цагаас орой 21 цаг хүртэлх хугацаанд зарим айлын халаагуурын өдрийн цахилгааны хэрэглээ 0.00-0.9 кВтц-ийн хооронд хэлбэлзэж байгаа нь гадна агаарын температураас шууд хамаарч, гэрийн доторх

агаарын температур даалгаврын тавилын утгаас доош буурах үед сэнсгүй статик халаагуур дахин автоматаар залгагдан ажиллаж, температурыг хэвийн утганд хүргэж байгаатай холбоотойгоор өдрийн цагийн хэрэглээ харьцангуй хэлбэлзэлтэй гарч байна.

Туршилтын үр дүнгээс харахад ДХЦХ-ын шөнө хуримтлуулсан дулаанаар нэг ба хоёр өрөөтэй барилгыг дулаацуулах хугацаа нь тухайн сууцны дулааны алдагдлаас ихээхэн хамаарч байна. Дулааны алдагдал багатай барилгын хувьд гадна агаарын температур -25°C хүртэл байх тохиолдолд шөнө хуримтлуулсан дулаанаар 10-12 цаг барих боломжтой байна.

Туршилт, судалгаанаас харахад тухайн гэр, байшингийн хэмжээ, дулаан алдагдал, гадна агаарын температур зэргээс хамаарч шөнийн цагийн дундаж цахилгаан хэрэглээ 1.8-4.2 кВт, нийт цахилгаан хэрэглээ дунджаар 17-42 кВт байна.

Харин шөнөдөө -31°C (-34°C) болтол хүйтэрч, гадна агаарын дундаж температур -21.9°C байх үед байшингийн доторх агаарын температур 18°C -ээс доош буурч байв.

Туршилтад хамрагдсан нэг өрөө байшинтай айлуудаас 1, 2 өрөө байшинтай айлуудаас 2 айлын байшингийн дулаан алдагдал харьцангуй бага, бусад айлуудынх их байсан.

Дулаалга сайтай 30 хүртэл m^2 талбай бүхий 1 өрөө байшинд 3-3.2 кВт чадалтай ДХЦХ ашиглахад тохиромжтой байна.

Монгол улсад мөрдөж буй БНБД $-23-02-09$ стандартын шаардлага (хаших хийцийн дулаан дамжуулалтын эсэргүүцэл (R): хана- $3.85 \text{ m}^2 \times ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$; хучилт (тааз)- $5.7 \text{ m}^2 \times ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$; шал- $5.5 \text{ m}^2 \times ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$; цонх- $0.6 \text{ m}^2 \times ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ -аас багагүй) хангасан байшингуудад ДХЦХ тавьж ашиглавал цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ бага, хэмнэлттэй байх боломжтой.

ДҮГНЭЛТ

1. Туршилтын үр дүнгээс харахад ШДХЦХ-ын шөнө хуримтлуулсан дулаанаар 1-2 өрөөтэй барилгыг дулаацуулах хугацаа тухайн сууцны дулааны алдагдлаас ихээхэн хамаарч байна. Дулааны алдагдал багатай барилгын хувьд гадна агаарын температур -25°C хүртэл байх тохиолдолд шөнө хуримтлуулсан дулаанаар 10-12 цаг барих боломжтой байна.

2. Дулаалга сайтай 30 хүртэл m^2 талбай бүхий 1 өрөө байшингийн хувьд 3 кВт-ын халаагуур ашиглах боломж байна. Гэвч туршилтад хамрагдсан айлуудын ихэнх байшин хийцлэл, материалын хувьд муу, дулаан алдагдал ихтэй байснаас үр дүн тааруу байлаа.

3. Ялангуяа нэг өрөөнд цагийн ба температурын тохируулгатай динамик халаагуур хэрэглэх нь илүү үр дүнтэй байна.

4. Статик халаагуурууд буюу БНХАУ-аас оруулж ирсэн халаагууруудаас Хуан Хуа брэндийн халаагуур температурын мэдрэгчийн тусламжтайгаар автоматаар түр хугацаагаар залган салгаж ажилладгаараа динамик халаагууруудтай төстэй давуу талтай байна.

5. Гадна агаарын температур -25°C -ээс доош хүйтэн байх тохиолдолд бүх төрлийн ДХЦХ-ын хуримтлуулсан дулаанаар халаах хугацаа дээд тал нь 8 цаг орчим болж, 13 цагаас хойш дахин 2-3 цаг нэмж цэнэглэх шаардлагатай болж байна.

6. Туршилтад хамрагдсан айл өрхийн сэтгэл ханамжийн судалгааны үр дүнгээс харахад нийт өрхийн 97% нь үнс, тоосгүй болж гэр цэвэр, өглөө босоход нэг хэвийн дулаан байж ая тухтай болсон, галлагааны тоо эрс буурснаар түлшний хэрэглээ багасан хэмнэлттэй байна гэж дүгнэсэн.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Агаар, орчны бохирдлыг бууруулах үндэсний хөтөлбөр. 2017 он.
- [2] Агаар, орчны бохирдлыг бууруулах үндэсний хөтөлбөр"-ийг хэрэгжүүлэх арга хэмжээний төлөвлөгөө. 2017 он.
- [3] Final report on development of the standard "Technical requirements for energy efficient electric thermal storage heaters" prepared for Ulaanbaatar clean air, project management unit Prepared by Research and Experiment Center for Boilers of MUST. /J. Tseyen- Oidov, A.Tubenbayar, B.Battur, D.Ulemj, B.Battogtokh, Ts.Amarjargal, Ts.Amartuvshin. May 2019. 190 p.

ОЮУ ТОЛГОЙН ДУЛААНЫ СТАНЦЫН QXF29-2.5/130/70-М МАЯГИЙН УС ХАЛААХ ЗУУХНЫ ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮНГЭЭС

Ж.Цэен-Ойдов, Б.Батсүх-Очир, Б.Жавхлант

Дулааны техник, үйлдвэрлэлийн экологийн хүрээлэн
batsukhochir.b@gmail.com, javhlantbathvv@gmail.com

Хураангуй

Оюу толгой дулааны станцыг 2019 онд QXF29-2.5/130/70-М маягийн 2 ус халаах зуухаар өргөтгөн суурилагдсан хүчин чадлыг нь 130 МВт болгосон байна. Бид тус дулааны станцын өргөтгөлийн QXF29-2.5/130/70-М маягийн 2 ус халаах зуухны дулаан техникийн туршилтыг гүйцэтгэн үр дүнгээс авч үзлээ.

Туршилт бүрд хэрэглэсэн нүүрс, шаталтаас үүссэн үнсний сорьцуудыг авч түлшний лабораторид шинжлүүлж, нүүрсний дулаан техникийн үзүүлэлт, үнсэнд агуулагдаж байгаа шатамхай бодисын хэмжээ зэргийг тодорхойлсон. Туршилтын үр дүнг боловсруулан зуух бүрийн түлшний зарцуулалт, АУК, бодит ба жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт, үлээх, сорох төхөөрөмжүүдийн цахилгаан эрчим хүчний хувийн зарцуулалт зэргийг тодорхойлов.

Түлхүүр үг: Эргэлдэх буцлах давхарга, циклон, J инвертор, АУК, түлшний хувийн зарцуулалт.

I. QXF29-2.5/130/70-М МАЯГИЙН УС ХАЛААХ ЗУУХ

Эргэлдэх буцлах давхаргад түлш шатаах технологи бүхий QXF29-250/130/70-М маягийн ус халаах зуух нь галын хотол, барабан, экран хоолойн багц, усны экономайзер, агаар халаагуур, галлагааны асаагуур буюу форсунк, нүүрс тэжээгүүр, буцаах төхөөрөмж буюу J инвертор зэргээс бүрдэнэ.

Сүлжээний ус зуухны арын хуваарилах коллектороос нүүр, ар болон зүүн ба баруун талын экраны доод коллекторт орж экран хоолойнуудаар дамжин халж тэдгээрийн дээд коллекторт цуглана. Тэндээсээ зуухны тогоонд орж түүнээс хоёр салаалан экономайзерын халаад гарна.

Агаар халаагуураас гарч байгаа анхдагч агаар хуваарилах тавцангаар дайран зууханд өгөгдөж, буцлах давхарга үүсгэж байгаа бөгөөд түүний зарцуулалт зууханд өгөх нийт агаарын 55 %-ийг эзэлнэ. Харин хоёрдогч агаарыг зуухны галын хотлын нүүр болон арын ханаар дамжуулан өгнө, энэ нь нийт агаарын 45 %-ийг эзэлдэг. Хоёрдогч агаарын оролт нягт бүсийн (буцлах давхарга) дээр байрладаг.

Галын хотлоос утааны хийтэй хамт тээвэрлэгдэн гарсан дутуу шатсан нүүрс болон үнсний жижиг хэсгүүд зуухны гадаад буюу дундын циклон руу орно. Циклоноос гарч байгаа утааны хий галын хотлоос гарах утааны хийтэй зэрэгцээ урсгалаар гарч арын босоо конвектив хөндийд ордог. Циклоны доороос гарсан материал зуухны галын хотын нягт ихтэй бүс рүү тусгай буцаах төхөөрөмж болох “J” инверторын тусламжтайгаар эргэн орно. Түүнийг маш нягт, битүүмжлэл сайтайгаар зохион бүтээсэн байна.

Энэ зуух түлш дамжуулах хэсэг, үнс, шаарга зайлуулах систем болон бусад туслах тоноглолуудаар тоноглогдсон байна. Түлш

бэлтгэлийн системд нүүрс тэжээгүүр, галлагааны асаагуур, хий агаарын хоолой, дундын циклон, буцаах төхөөрөмж зэрэг тоноглолууд багтдаг.

Агаар хуваарилах ул дээр шинэ төрлийн хавхлага болон хоёр шаарга буулгагчийг суурилуулсан бөгөөд агаар хуваарилах улны ашигтай талбай 5,49 м² байна. Зуухны барабан болон усны экономайзерын гарах коллекторын суваг дээр манометр суурилуулсан. Зуухны ажиллагааны үед тогооны усны түвшинг усны түвшин заагчаар хянана.

Зуухны техникийн үзүүлэлтүүдийг [1] 1-р хүснэгтээр харуулав.

Хүснэгт 1. Зуухны үндсэн үзүүлэлтүүд

№	Үзүүлэлтийн нэр	Үзүүлэлт
1	Нэрлэсэн чадал	29 МВт
2	Сүлжээний усны зарцуулалт	415.7 т/ц
3	Зуухнаас гарах усны даралт	2.0 МПа
4	Зуухнаас гарах усны температур	130 °С
5	Буцах усны температур	70 °С
6	Тогооны ажлын даралт	2.1 МПа

Цахилгаан эрчим хүч гэнэт тасрахад зуухны усны ердийн эргэлтийг хэвийн хангахын тулд хуваарилах коллектороос барабан хүртэл 159x6 мм диаметртэй богино эргэлтийн хоёр шугамыг угсарсан байна.

Тус дулааны станцад ажиллаж байгаа ба өргөтгөлөөр барьсан 29 МВт чадалтай зуухнуудын хэмжээсүүдийг харьцуулан 2-р хүснэгтээр харуулав. Энэ хүснэгтээс харахад зуухны өргөн 7160 мм-ээр, нүүрний ба арын ханын тэнхлэгийн хоорондын зай 600 мм-ээр тус тус нэмэгдэж, тогооны тэнхлэг болон зуухнаас сүлжээний ус гарах хоолойн тэнхлэг хүртэлх өндрүүд 800 мм-ээр багассан байна.

Хүснэгт 2. Шинэ ба хуучин зуухны суурин хэмжээсүүдийн харьцуулалт

No	Үзүүлэлт	Нэгж	Тоон үзүүлэлт		Өөрчлөлт
			Хуучин	Шинэ	
1	Зуухны өргөн				
	А. Зүүн ба баруун ханын тэнхлэг хоорондын зай	мм	4650	4650	0
	В. Хамгийн их өргөн	мм	9200	16360	7160
2	Зуухны гүн				
	А. Нүүрний ба арын ханын тэнхлэгийн хоорондын зай	мм	12000	12600	600
	В. Хамгийн их гүн	мм	16200	16200	0
3	Хоёр хажуу экраны тэнхлэгийн хоорондын зай	мм	3730	3730	0
4	Нүүрний ба арын экрануудын тэнхлэгийн хоорондын зай	мм	2930	2930	0
5	Тогооны тэнхлэг хүртэлх өндөр	мм	26704	25904	-800
6	Сүлжээний ус зуухнаас гарах хоолойн тэнхлэг хүртэлх өндөр	мм	27760	26960	-800
7	Үйлчилгээний шалны түвшин	мм	5000	4200/7000	-800/+2000

II. QXF29-2.5/130/70-М МАЯГИЙН УС ХАЛААХ ЗУУХНЫ ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

QXF29-2.5/130/70-М маягийн ус халаах зуухны ачаалал бүрд дунджаар 5335 ккал/кг дулаан гаргах доод чадвар бүхий нүүрсийг түлж туршсан.

Зуухны галын хотлын буцлах давхарга ба утааны хийн температур, зарцуулалт, сүлжээний усны зарцуулалт, зуух руу орох ба гарах усны температур зэргийг зуухны дулааны бага, дунд, их ачааллын туршилтын турш суурин хэмжүүрүүдээр, түлшний шаталтаас үүссэн утаан хий дэх бохирдуулагч бодис болох химийн дутуу шаталтын бүтээгдэхүүн буюу нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO), азотын исэл (NOx), хүхрийн исэл (SO₂), нүүрстөрөгчийн давхар исэл (CO₂) болон хүчилтөрөгчийн агууламжуудыг Testo 350 загварын хийн шинжилгээний зөөврийн багажаар, утааны хийн температурыг Testo 735 загварын зөөврийн дижитал термометрээр, утааны хийн хурдыг Testo 510, 512 загварын зөөврийн дижитал хэмжүүрүүдээр тус тус хэмжсэн.

Туршилтын үед сонгосон байршлуудад утааны хийн бүтэц, хурд ба температурыг зөөврийн хэмжүүрүүдээр хэмжиж байгаа байдлыг 1, 2-р зургуудаар харуулав.

Зуухны бага ачааллын (12.6-14.0 МВт буюу дунджаар 13.24МВт) туршилтын үед галын хотол дахь буцлах давхаргын температур “А” талдаа 753.0-765.0 °С буюу дунджаар 761.14 °С, “Б” талдаа 790.0-799.5 °С буюу дундаж нь 793.8 °С байсан. Зуухны дунд ачааллын (17.4-19.3 МВт буюу дунджаар 18.3 МВт) туршилтын үед галын хотол дахь буцлах давхаргын температур “А” талдаа 803.0-839.5 °С буюу дунджаар 815.8 °С, “Б” талдаа 812.5-850 °С буюу дундаж нь 826.0 °С байв.



Зураг 1. Утааны хийн бүтцийн хэмжилт



Зураг 2. Утааны хийн хурд (а) ба температурын (б) хэмжилт

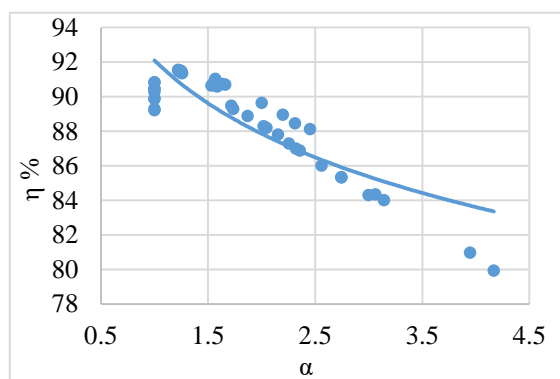
Зуухны их ачааллын (27.4-29.2 МВт буюу дунджаар 28.3 МВт) туршилтын үед галын хотол дахь буцлах давхаргын температур “А” талдаа 879.5-892.5 °С буюу дунджаар 888.1 °С, “Б” талдаа 885-898.5 °С буюу дундаж нь 894.3 °С байв [2].

Бага ачааллын үед зуухнаас гарах утааны хийн температур 127.2-129.8 °С буюу дунджаар 128.4 °С, дунд ачааллын үед 110.9-113.8 °С буюу дунджаар 112.15 °С. 3-р зуухны их ачааллын үед зуухнаас гарах утааны хийн температур 124.8-126.6 °С буюу дунджаар 125.8 °С байв. Илүүдэл агаарын коэффициент нь 1.72-4.17 буюу дунджаар 2.57, дунд ачааллын үед 1.57-2.45 буюу дунджаар 1.86, их ачааллын үед 1.22-1.26 буюу дунджаар 1.24 байлаа.

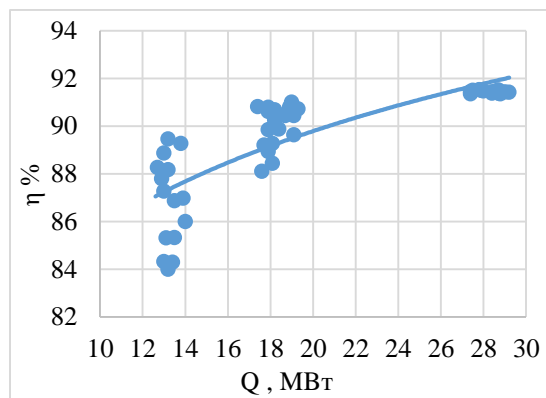
2.1. ЗУУХНЫ АШИГТ ҮЙЛИЙН КОЭФФИЦИЕНТ

Зуухны бага ачааллын үед утааны хийтэй алдах дулааны алдагдал (q_2) 7.41-16.95 % буюу дунджаар 10.8 %, дунд ачааллын үед 5.86-8.76 % буюу дунджаар 6.84 %, их ачааллын үед 5.44-5.62 % буюу дунджаар 5.53 % байв. Химийн дутуу шаталтаас үүсэх дулааны алдагдал (q_3) их, дунд, бага ачааллын үед дунджаар 0.5 % байлаа. Харин механик дутуу шаталтаас үүсэх дулааны алдагдал (q_4) бага ачааллын үед 1.34 %, дунд ачааллын үед 1.33 %, их ачааллын үед 0.03% байсан. Нийлбэр дулааны алдагдал ($\sum qi$) бага ачааллын үед 10.54-20.08 % буюу дунджаар 13.93 %, дунд ачааллын үед 9.0-11.9% буюу дунджаар 10.0 %, их ачааллын үед 8.5-8.6 % буюу дунджаар 8.55 % байв.

Зуухны ашигт үйлийн коэффициент (η) бага ачааллын үед 79.9-89.46 % буюу дунджаар 86.07 %, дунд ачааллын үед 88.1-91.0 % буюу дунджаар 90.0 %, их ачааллын үед 91.4-91.5 % буюу дунджаар 91.45 % байсан. 3-р зурагт зуухны ашигт үйлийн коэффициент ба дулааны ачаалал, илүүдэл агаарын коэффициентын хоорондын хамаарлыг үзүүлэв.



а.



б.

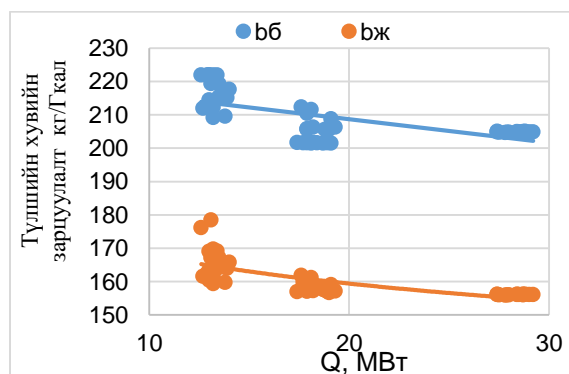
Зураг 3. QXF29-2.5/130/70-М маягийн зуухны ашигт үйлийн коэффициент ба дулааны ачаалал (а), илүүдэл агаарын коэффициентын (б) хоорондын хамаарал

Энэ 3-р зураг дахь хамаарлуудаас харахад зуухны дулааны ачаалал өсөхөд түүний ашигт үйлийн коэффициентын утга нэмэгдэж, илүүдэл агаарын коэффициент ихсэхэд буурч байна.

2.2. ТҮЛШНИЙ ХУВИЙН ЗАРЦУУЛАЛТ

Жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт бага ачааллын үед ($b_{ж}$) 183.90-188.02 кг/Гкал буюу дунджаар 185.64 кг/Гкал, дунд ачааллын үед 165.80-170.05 кг/Гкал буюу дунджаар 168.96 кг/Гкал, их ачааллын үед 163.14-165.90 кг/Гкал буюу дунджаар 163.83 кг/Гкал байв.

Зуухны бодит ба жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт ба зуухны дулааны ачааллын хоорондын хамаарлыг 4-р зурагт харуулав. Энэ зургаас харахад зуухны дулааны ачаалал нэмэгдэхэд түлшний бодит ба жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт буурч байна.



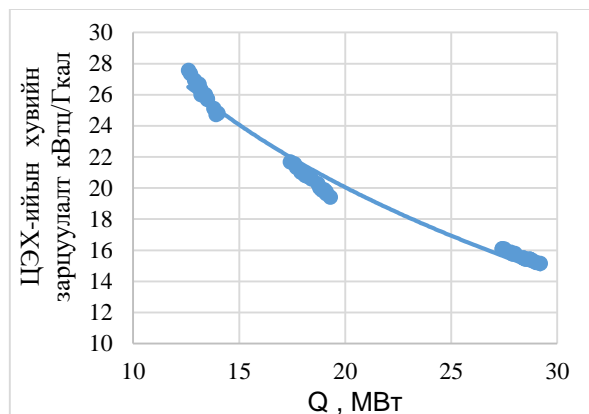
Зураг 4. Түлшний хувийн зарцуулалт ба дулааны ачааллын хоорондын хамаарал

2.3. ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХУВИЙН ЗАРЦУУЛАЛТ

QXF29-2.5/130/70-М маягийн зуухны туршилтын үр дүнг боловсруулан түүний үлээх, сорох тоноглолуудын цахилгаан эрчим хүчний

хувийн зарцуулалт ($\sum \dot{E}_i$) тодорхойлоход бага ачааллын үед 24,7-27,56 кВтц/Гкал буюу дундажаар 26,22 кВтц/Гкал, дунд ачаалалд 19,41-21,68 кВтц/Гкал буюу дундажаар 20,61 кВтц/Гкал, их ачаалалд 15,15-16,1 кВтц/Гкал буюу дундажаар 15,6 кВтц/Гкал байв.

Зуухны үлээх, сорох тоноглолуудын цахилгаан эрчим хүчний хувийн зарцуулалт ба зуухны дулааны ачааллын хоорондын хамаарлыг 5-р зурагт харуулав.



Зураг 5. Зуухны ЦЭХ-ийн хувийн зарцуулалт ба дулааны ачааллын хоорондын хамаарал

Энэ зургаас зуухны дулааны ачаалал нэмэгдэхэд түүний цахилгаан эрчим хүчний

хувийн зарцуулалт буурч байгаа нь харагдаж байна.

2.4. УТААНЫ ХИЙН ДЭХ ХИЙН ТӨЛӨВТЭЙ БОХИРДУУЛАХ БОДИСУУД

Зуухны туршилтын явцад их ачааллын үеийн гарах утааны хийн дэх хийн төлөвтэй бохирдуулах бодисуудын агууламж дараах утгуудад хэлбэлзэж байв.

- Гарах утааны хийн температур 124.8-126.6 °C, дундаж нь 125.75 °C
- Нүүрстөрөгчийн дутуу исэл 26.0-142.0 мг/м³, дундаж нь 91.3 мг/м³;
- Азотын исэл 101.0-291.0 мг/м³, дундаж нь 214.3 мг/м³;
- Хүхрийн исэл 18-164 мг/м³, дундаж нь 76.8 мг/м³ тус тус байв.

Их ачааллын үед зуухнаас гарч байгаа утааны хийн дэх хийн төлөвтэй бохирдуулах бодисуудын дундаж агууламжийг стандарт нөхцөлд шилжүүлэн үндэсний болон Европын холбооны 2010/75/EU стандартуудтай харьцуулан 3-р хүснэгтээр үзүүлэв.

QXF29-2.5/130/70-М маягийн ус халаах зуухны их, дунд, бага ачааллын үеийн утааны хийн дэх бохирдуулах бодисуудын агууламжийг “MNS 6298: 2011” улсын стандарттай харьцуулсан боловч энд их ачааллын үеийнхийг авч үзсэн болно.

Хүснэгт 3. Зуухны их ачааллын үед зуухнаас гарч байгаа утааны хийн дэх хийн төлөвтэй бохирдуулах бодисуудын агууламжийн харьцуулалт

No	Бохирдуулах бодис	Дундаж, мг/м ³	Хэвийн нөхцөлд, мг/м ³	Үндэсний стандартын утга, мг/м ³	Стандарт утгатай харьцуулалт	Европын холбооны 2010/75/EU, мг/м ³	Стандарт утгатай харьцуулалт
1	CO	91.3	133,1	300	2.25 дахин бага	300	2.25 дахин бага
2	NO _x	214.3	312,3	450	1.44 дахин бага	300	4 %-иар их
3	SO ₂	76.8	111,9	600	5.36 дахин бага	400	3.57 дахин бага

Энэ хүснэгтээс харахад СО-ийн агууламж 2.25, SO₂-ийнх 3.57-5.36 дахин бага, харин NO_x-ийн агууламж 4%-иар их буюу бараг стандартын шаардлагыг хангаж байна.

ДҮГНЭЛТ

1. QXF29-2.5/130/70-М маягийн зуухны дундаж ашигт үйлийн коэффициент бага ачааллын үед 86.07 %, дунд ачааллын үед 90.0 %, их ачааллын үед 91.45 %, байгаа нь эдгээр зуухны туршилтын явцад түлшний шаталт бүрэн явагдаж, химийн ба механик дутуу шаталтаас үүсэх дулааны алдагдал бага байгаагаас гадна зуухнаас гарах утааны хийн температур нам байгаагаас хамаарч байна.

2. QXF29-2.5/130/70-М маягийн зуухны жишмэл түлшний дундаж хувийн зарцуулалт бага ачааллын үед 165.9 кг/Гкал, дунд ачааллын үед 158.5 кг/Гкал, их ачааллын үед 156.2 кг/Гкал, байна. Эндээс харахад эдгээр зуухны жишмэл түлшний хувийн зарцуулалт дунд ба их ачааллын үед бараг ижил байна.

3. QXF29-2.0/130/70-М маягийн зуухны цахилгаан эрчим хүчний дундаж хувийн

зарцуулалт бага ачаалалд 28.3 кВтц/Гкал, дундаж ачаалалд 20.4 кВтц/Гкал, их ачаалалд 16.2 кВтц/Гкал байна.

4. Зуухны их ачааллын үед түлшний шаталтаас үүсэж байгаа утааны хий дэх бохирдуулах бодисуудын агууламж “MNS 6298: 2011” улсын стандарт болон Европын холбооны 2010/75/EU стандартын шаардлагыг хангаж байна.

5. Дулааны станцын эргэлдэх буцлах давхаргатай зуухнуудад ашиглалтын явцад одоогийн хэрэглэж байгаа нүүрс ба шохойн чулууны хольцын харьцааг цаашид барьж ажиллах хэрэгтэй. Ингэснээр түлшний шаталтаас хүхрийн исэл үүсэлт бага байх боломжтой юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Оюу толгойн дулааны станцын өргөтгөлийн баримт бичиг. 2019 он.
- [2] Оюу толгойн дулааны станцын өргөтгөлийн QXF29-2.5/130/70-М маягийн зуухны дулаан техникийн туршилтын тайлан. ДТҮЭХ, 2022 он, 75

ДУЛААНЫ ШУГАМЫН ДУЛААНЫ АЛДАГДЛЫГ ДУЛААНЫ КАМЕР БҮХИЙ ДРОНООР ХЭМЖИХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

Д.Цэрэндолгор*, Э. Чанцалдулам

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Ахисан түвшний салбар
ts_dolgor@must.edu.mn

Хураангуй

Дулаан хангамжийн системийн үр ашгийг үнэлэх чухал үзүүлэлтийн нэг бол дулааны шугам сүлжээний дулааны алдагдал юм. Улаанбаатар хотын дулааны шугам сүлжээний 30 орчим хувь нь насжилтын хугацаа дууссан тул тэдгээрийг бүрэн нэг дор сольж, шинэчлэх нь эдийн засаг болон цаг хугацааны хувьд ихээхэн хүндрэлтэй учир богино хугацаанд шийдэж шинэчлэх боломжгүй байдаг. Дэвшилтэт технологи хурдацтай хөгжиж байгаа өнөө үед эрчим хүчний салбарт хүндрэлтэй асуудлуудыг хурдацтай, аюулгүйгээр шууд хянаж шалган түргэн шуурхай асуудлыг цаг алдалгүй шийдвэрлэх боломжтой болоод байна. Асуудал бүхий хүндрэлтэй хэсгийг агаараас дроны тусламжтайгаар дулааны камер ашиглан хурдан хугацаанд гэмтлийг илрүүлэхэд хялбар болох тул дулааны шугамд шалгалт үзлэг хийж, дулааны алдагдалтай, гэмтэл эвдрэл гарсан хэсгийг цаг алдалгүй шуурхай илрүүлэх боломжийг уг судалгааны ажлаар судлав. Мөн норм стандарт шаардлагыг хангасан дулаан тусгаарлагч материалыг судлан, дулааны шугам хоолойн дулааны алдагдлыг бууруулах боломжийн судалгаа хийхийг зорьсон болно.

Түлхүүр үг: Дулааны шугамын дулааны алдагдал, дулааны эсэргүүцэл, пенополиуретан дулаалгын материал, дулааны камертай дрон

I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд Монгол улсад барилгажилт, тэр дундаа орон сууцны барилга эрчимтэй баригдаж буйтай холбогдон төвлөрсөн дулаан хангамжийн системийн эх үүсгүүр, шугам сүлжээ хүрэлцэхгүй дутагдалд орсон хэвээр байна.

Улаанбаатар хотын хувьд “УБ Дулааны сүлжээ” ТӨХК-ийн хариуцдаг 250...1200 мм-ийн голчтой 370 гаруй км урт хос шугам байдаг. Эдгээр шугамын 30 гаруй хувийнх нь насжилтын хугацаа дууссан. Нийт 170 км шугам, сүлжээг шинэчлэх шаардлагатай байгааг мэргэжлийн инженер-техникийн ажилтнууд тооцож гаргасан байдаг. Тиймээс манай эрчим хүчний салбарын тулгамдсан зорилтуудын нэг нь түгээх сүлжээн дэх дулаан алдагдлыг бууруулах юм.

Дулааны шугам сүлжээ нь ашиглалтын урт хугацааны явцад шугамын дулаалга элэгдэж муудан, гэмтэл болон байгалийн нөлөөнөөс хамааран техникийн шаардлага хангахгүй болсноос үүдэн дулааны алдагдал тооцоот утгаас эрс нэмэгдэж байна. Дулаан зөөх биеийг тээвэрлэхэд алдагдах алдагдал нь дулааны үнэ тарифын чухал ач холбогдолтой. Иймд дулаан дамжуулах хоолойн дулаан тусгаарлагчаар алдагдах дулааны алдагдлыг тодорхойлж, алдагдлын шалтгааныг илрүүлэн цаашид ашиглагдах дулаан тусгаарлагчийн чанарын шаардлагыг сайжруулахад энэхүү судалгааны гол зорилго оршино.

V. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

Дулаан хангамжийн системийн үр ашгийг үнэлэх чухал үзүүлэлтийн нэг бол дулааны шугам сүлжээний дулааны алдагдал юм. Шугамын дулаалгын дулааны алдагдлыг тодорхойлох хэд хэдэн аргын нэг нь дулааны хөрвүүлсэн эсэргүүцлээр тооцох арга. Үүний тулд шугамын

дулаалгын хэсгүүдээс сорьц авч лабораторийн нөхцөлд шинжилгээ хийх замаар дулаан нэвтрүүлэлтийн коэффициентыг тогтоож залруулга хийх байдлаар тооцооны нарийвчлалыг дээшлүүлэх боломжтой.

Гэвч шугамын дулаан тусгаарлалтын бодит төлөв нь ашиглалтын олон янзын нөхцөл байдлаас хамаарч ижил байх нөхцөл бага байдаг. Зарим газар дулаан тусгаарлагч нимгэрсэн, цүлхийсэн, нүцгэрсэн, дулаан тусгаарлалт чанаргүй хийгдсэн, хуурч унасан гэх мэтээс хамаарч тооцоонд алдаа гарах боломжтой. Иймээс тооцоог бодит байдалтай ойртуулахын тулд нэлээд удаан хугацааны судалгаа, хэмжилтүүд шаардагддаг.

Дулааны шугам сүлжээний дулааны алдагдал хэд байгаа нь тодорхой бус байгаагаас дараах бэрхшээлүүд үүсэж байна. Үүнд:

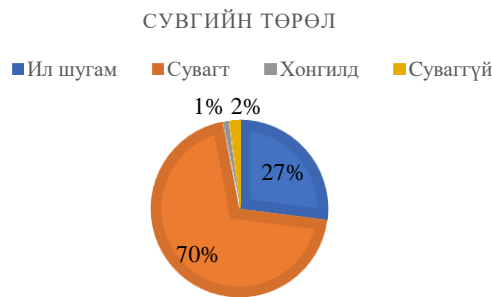
- Дулааны тоолуурууд өргөн нэвтэрч буй хэрэглэгчдэд шугамын дулааны алдагдлыг ямар хэмжээгээр нэмэх үндэслэл нь тодорхой бус;
- Дулааны шугамын горимын тохируулгад дулааны алдагдлыг тооцож сүлжээний усны зарцуулалтыг нэмж өгөх тооцоо үнэн зөв хийгдэх боломжгүй;
- Шугам сүлжээний хэсэг тус бүрийн дулааны алдагдал тодорхой бусаас ямар хэсгүүдийг эхний элжинд шинэчлэх, засварлах ажлын дарааллыг тогтоох боломжгүй;
- ДЦС болон дулааны шугам сүлжээний газар хоорондын дулаан худалдсан, худалдан

авсан тооцоонд дулааны алдагдлыг бодитоор тооцох боломжгүй байна.

Өнөөгийн байдлаар УБ хотын төвлөрсөн дулаан хангамжийн системд шугамын дулаалгад гурван төрлийн хийцийг голчлон ашиглаж байна. Үүнд:

- Асбест, цементэн шавардлагатай шилэн хөвөн дулаалга;
- Хуудсан нимгэн төмөр, шилэн даавуугаар нэгээс хоёр давхар ороосон хагас цилиндр хэлбэрийн дулаалга;
- Хэвлэмэл пенополиуретан дулаалга;
- Үйлдвэрийн аргаар хийгдсэн урьдчилсан дулаалгатай (өндөр нягттай пенополиуретан дулаалга).

Дулаан тусгаарлах хийц нь ашиглалтын үед тоног төхөөрөмж ба дамжуулах хоолойн дулааны алдагдлыг нормчилсон хэмжээнд байлгах, ашиглалтын үеийн дулаан ба хүйтэн зөөх биеийн шаардлагат үзүүлэлт, гадна гадаргуугийн температур хүний биед аюулгүй байх нөхцөлийг хангасан байх ёстой. УБ Дулааны сүлжээ ТӨХК-ийн ашиглаж байгаа дулааны шугамын ангиллыг 1-р зурагт харуулав.



Зураг 1. УБ хотод ашиглагдаж байгаа дулааны шугамын ангилал

Шугам хоолойн дулааны алдагдал тодорхойлох хөрвүүлсэн эсэргүүцлийн арга

Энэхүү арга нь ашиглагдаж буй дулааны шугамуудын дулаалгын материал, түүний үе давхаргын зузааныг хэмжиж улмаар дулааны эсэргүүцлийн утгыг тогтоох, тогтоосон эсэргүүцлийн утгаа ашиглан шугамын дулааны хувийн алдагдлыг тооцоход оршино. Дулааны шугамын ямар нэг хэсгийн дулаалгын эсэргүүцлийг хэмжилт тооцооны аргаар тогтоож түүний утгыг ашиглан сүлжээний усны ба гадна агаарын температурын янз бүрийн утгуудад дулааны алдагдлыг тооцох боломжтой. Дулааны шугамын тухайн нэг хэсгийн хувьд дулаан тусгаарлагчийн дулааны хөрвүүлсэн эсэргүүцэл R бараг тогтмол хэмжигдэхүүн.

Дулаалгын дулааны тооцоонд дулаан зөөх биеийн температур, дулаан тусгаарлах хийцийн давхаргын дулаан физик шинж чанар, гадна орчны температур тус тус мэдэгдэж байх ёстой.

Дулаалгатай шугам хоолойн дулааны алдагдлыг дараах тэгшитгэлээр тодорхойлно:

$$\Delta Q = \frac{\tau - t_o}{\Sigma \beta} \cdot l \cdot \beta \quad (1)$$

энд: β – дулаан тусгаарлагчтай тулгуур, арматур, компенсатор зэргээр алдагдах дулааны нэмэлт

алдагдлыг тооцсон итгэлцүүр, $\beta = 1,15$ –аар тооцоод авч ашигласан болно;
 l –шугамын уртыг масштаб бүхий план зургийн тооцоот урт болон хэмжилтийн утгаар харьцуулж авсан;

τ –дулаан зөөх биеийн температур, °C;

t_o –орчны агаарын температур, °C.

Ил агаарт угсрагдсан дулааны шугам нь агаарын идэвхтэй хөдөлгөөнд оршдог учир зэргэлдээ орших дулааны шугамд үзүүлэх дулааны урсгалын нөлөөлөл бага байдаг. Дулааны шугамын нийт дулааны эсэргүүцлийг тодорхойлбол:

$$\Sigma R = R_{x.g} + R_{d.d} + R_{g.g} \quad (2)$$

энд: $R_{x.g}$ –хоолойн дотор гадаргуугийн дулааны эсэргүүцэл; $R_{d.d}$ –дулаалгын үе давхаргын дулааны эсэргүүцэл; $R_{g.g}$ –дулаалгын гадна гадаргуугийн дулааны эсэргүүцэл, м².°C/Вт.

Дээрх дулааны эсэргүүцлүүдээс хамгийн нөлөөтэй нь дулаалгын үе давхаргын эсэргүүцэл юм.

Дулаалгатай шугамын хувийн дулааны алдагдлыг дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$q_{дул} = \frac{\tau - t_o}{\Sigma R} = \frac{\tau - t_o}{\frac{1}{2\pi\lambda_{дул}} \ln \frac{d_{г.дул}}{d_g} + \frac{1}{2\pi\lambda_{б.д}} \ln \frac{d_{г.б.д}}{d_{г.дул}} + \frac{1}{\pi d_{г.б.д} \alpha}} \quad (3)$$

энд: $d_g, d_{г.дул}, d_{г.б.д}$ –хоолойн гадна, хоолойн дулаалгын үндсэн давхаргын болон бүрээсний гадна диаметрууд, м.

Ил шугам хоолойн дулаан өгөлтийн коэффициентын итгэлцүүрийн утгыг дараах томъёогоор тодорхойлох эсвэл лавлахаас ойролцоо утгаар сонгон авахыг инженерийн тооцоонд зөвшөөрдөг.

$$\alpha = 11.6 + 7\sqrt{w} \quad (4)$$

энд: w – агаарын урсгалын хурд, м/с.

Ачаалал ихтэй, урт үргэлжлэх дулааны шугамын хувьд дулаан зөөх биеийн температурын уналт харьцангуй их байх ба ийм тохиолдолд анхны утгаас 5 хувиас илүүтэй бууруулж болохгүй. Уур дамжуулах шугамын хувьд дулаан зөөх биеийн температурын уналт нь шугам хоолойд конденса т үүсэх аюултай.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Энэхүү туршилт судалгааны ажлын хүрээнд УБ хотын төвлөрсөн дулаан хангамжийн системийн 5а магистрал болох 800 мм-ийн голч диаметртэй, шилэн хөвөн, тор, асбест цементэн дулаалгатай, 1969 оноос хойш ашиглагдаж байгаа ил шугамыг сонгон авсан болно.

Дулааны алдагдлын туршилтыг дулааны камертай MAVIC 2 дроноор хийсэн бөгөөд 10...20 метрийн өндрөөс дулааны камераар бичлэг хийн нийт 2500 м урт шугамын гадаргуун температурын тархалтыг хэмжиж шугам хоолойн дулааны алдагдлыг хөрвүүлсэн эсэргүүцлийн аргаар тодорхойлсон. Хэмжилтэд ашигласан техник хэрэгслийн үзүүлэлтүүдийг 1-р хүснэгтэд, дроны

бодит байдлын зураг, нэмэлт хэрэгслүүдийн боломжийг 2-р зурагт харуулав.

Хүснэгт 1. MAVIC 2 дроны техникийн үзүүлэлт

Жин:	905 гр
Дээд хурд:	Спорт горим 72 км/ц
Нисэх хугацаа:	31 минут
Салхины тэсвэр:	10 м/с
Саад мэдрэгч:	Бүх талдаа
Удирдах зай:	8 км / дээшээ 500м
Камерын хүчин чадал:	1/2.3" CMOS ; 12 Megapixels
Видеоны чанар:	4K, 2.7K, 1080HD

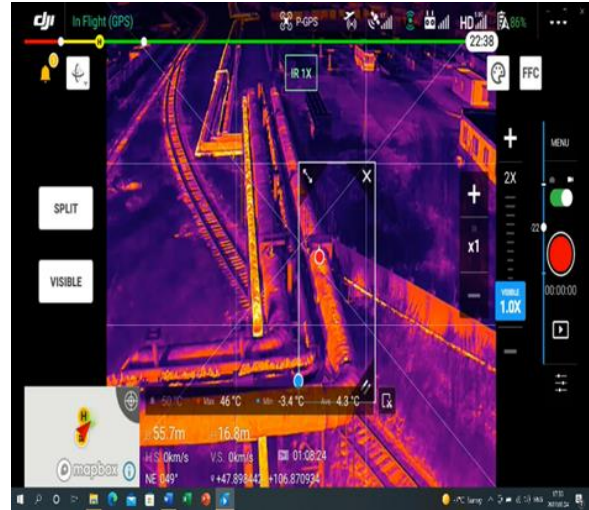


Зураг 2. Дулааны камертай дрон MAVIC 2

Туршилтыг 2021 оны өвөл буюу 11, 12, 1-р саруудад хийсэн.

Шугам хоолойн гадаргуун температурын тархалтын зураглалыг 3,4-р зурагт, сонгон авсан дулааны шугам хоолойн бодит байдал, хэмжилтийн явцын зураглалыг 5-р зурагт тус тус харуулав.

5а магистралийн 800мм-ийн диаметртэй шугам хоолойг эрдэс хөвөнгөөр дээрээс нь төмөр тороор ороож азбест цементэн зуурмагаар шавж өнгөлсөн байна.



Зураг 3. Шугамын дулааны тархалтыг хэмжихэд дулаалга нь элэгдэлд орсон хэсэг дээрх температурыг хэмжиж буй байдал



Зураг 4. Шугамын дулаалга хэсэг газарт хуурч унасан төлөв байдлын зураглал



Зураг 5. 5а магистралийн бодит байдал

Уг шугам нь 1969 онд ашиглалтад орсон ба одоог хүртэл ашиглагдаж байгаа. Дулааны камераар хэмжилт хийх явцад ихэнх хэсгийн дулаалга нь хагарч задарсан, дулаалгын амсраараа ангайсан,

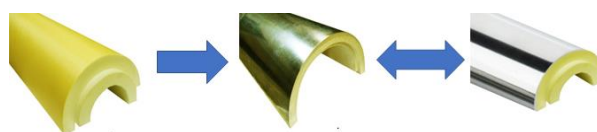
засвар үйлчилгээ хийсэн хэсэг нь дулаалгагүй болсон байсан. Дулааны шугамын дулааны алдагдал 0,7 Гкал/ц гарч эцсийн хэрэглэгч дээр дулаан зөөх биеийн температурын уналт 8,4% байна.

Хуучирсан эрдэст хөвөн азбестэн дулаалга нь туршилтаас авсан тооцооны утгаар дулааны бодит алдагдал болон эхлэл, төгсгөлийн цэгийн температурын зөрүүнээс үүдэн дамжуулах шугамын дулааны алдагдал норматив утгаасаа өндөр гарсан ба 40 орчим хувийн дулааны алдагдалтай байна. Иймд манай орны нөхцөлд хамгийн тохиромжтой орлуулж болох дулаалга нь пенополиуретан дулаалга юм. Эрдэст хөвөн дулаалгыг пенополиуретан дулаалгатай дулаан тусгаарлагчийн нэг хувилбар болон ТЭЗҮ-ийг хүснэгт 2-д үзүүлэв.

Хүснэгт 2. Дулаалгын техникийн үзүүлэлтийн харьцуулалт

Үзүүлэлт	Пенополиуретан	Эрдэс хөвөн
Дул. Дам.коэф (Вт/м*К)	0.019-0.040	0.052-0.058
Гадаргуун зузаан	35-70мм	120-220мм
Хэрэглэх боломж	Олон удаагийн	Нэг удаагийн
Ашиглалтын хугацаа	25-30 жил	3жил ашигласны дараа шинж чанар муудна.
Ашиглалтын хугацаа	бүтэн жил	Дулаан хуурай цагт
Чийглэг орчин	тогтворгүй	Шинж чанар алдагдаж дахин сэргэдэггүй.
Байгаль орчин	сөрөг нөлөөгүй	Харшил өгөх
Ажлын температур	-150.....+150	350
Үйлдвэрлэл	100-400м2	20-50м2
Бодит дулааны алдагдал	Норм стандартаас 1.7 дахин бага	6 сар ашигласны дараа стандарт нормоос хэтэрдэг.
Эдийн засаг	30% хэмнэнэ.	

Бидний санал болгож байгаа пенополиуретан дулаалгын хавтангийн хувилбаруудыг 6-р зурагт харуулав. Тухайн материалын дулаан алдагдал нь норматив утгаас 29 хувиар бага гарч байгаа нь дулааны шугамын дулаалгад хэрэглэхэд бүрэн боломжтойг харуулна.



Зураг 6. Пенополиуретан дулаалгын төрлүүд

Уг дулаалгын материалыг стандартын чанарын шаардлагын дагуу эх орондоо туршилтын журмаар үйлдвэрлэж эхлээд байгаа ба тухайн материалын дулаан техникийн туршилтын үзүүлэлтүүдийн лабораторийн магадалгааг 7-р зурагт харуулав.

Дулаалгын материалын анхны хөрөнгө оруулалтын оновчлолын асуудал чухал тул түүнийг олон талаас нь бодолцож зөв хувилбарыг сонгох нь зүйтэй юм.



Зураг 7. Лабораторийн дүгнэлт

Тооцоо, хэмжилтийн дүнд дулааны шугамын дулааны алдагдал нь норматив дулаан алдагдлаас 4 дахин өндөр гарсан. 3 км шугамд 3.1Гкал/ц дулаан алдагдаж байгаа буюу 1км 820мм-ийн диаметртэй дулааны шугамаар 1.07 Гкал/ц дулаан алдагдаж байгаагаар тооцооны үр дүн гарлаа.

ДҮГНЭЛТ

Дулааны эрчим хүчний тээвэрлэлтийн үр ашгийн нэг гол үзүүлэлт болох шугам хоолойн дулааны бодит алдагдлыг ашиглалтын нөхцөлд тодорхойлж дулааны алдагдлын үнэлгээ өгөх, сүлжээний дулааны алдагдлыг бууруулах арга зам болон стандарт шаардлага хангасан дулаалгын материалын зохимжтой хувилбарыг сонгох зорилт тавин ажилласны дүнд дараах дүгнэлтүүдийг дэвшүүлж байна. Үүнд:

- Дулааны шугам хоолойн насжилт өндөрсөж материалын сийрэгжилт үүссэн;
- Шугам хоолойд засвар үйлчилгээ хийсний дараа дулаалгыг зохих стандарт шаардлагын дагуу сэргээдэггүй;

- Хөрсний ус болон шугам, тоноглолын гэмтлээс шалтгаалан дулаалга усанд автаж чанараа алддаг;
- Шинээр хийх гэж буй дулаалгын материалын нягт үзүүлэлт дээр анхаарч стандартад нийцсэн нягтын материал сонгоход анхаарах;
- Угсралтын энгийн шийдэл, зай засваргүй дулаалах боломжтой байх;
- Дулаан дамжуулалтын илтгэлцүүрийг лабораторид өгч шинжлүүлэн MNS 3442:2002 стандартыг хангаж байгааг шалгах;
- Хэв гажилт үзүүлэх MNS ISO 29469:2010 стандартыг хангасан эсэхийг шалгах;
- Ус шингээлтийн EN 1609:2001 стандартыг хангасан эсэхийг шалгах;
- Металл хийцийг зэврүүлэх бодис өөрийн бүтцэдээ агуулаагүй байх;
- Өндөр температурт (гал) үйлчлэх үед хортой бодис ялгаруулахгүй байх;
- Харьцангуй өндөрт байрласан шугам хоолойг байнгын үзлэгт хамруулан урьдчилан сэргийлэн засвар үйлчилгээ хийсэн тохиолдолд стандарт нормын дагуу дахин дулаалах;
- Шугам хоолойн эргэлтийн өнцөг, тоноглолын хэсэгт хялбар аргаар хийх боломжтой байх гэх зэрэг чанарын шаардлагыг хангасан дулаалгаар үе шаттайгаар шинэчлээгүй шугамыг сольж шинэчилж эрчим хүчний хэмнэлтийг бий болгох зэрэг ажлууд нэн шаардлагатайгаар нэхэгдэж байгааг дурдах байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] БНБД 41-04-13 Тоног төхөөрөмж ба дамжуулах хоолойн дулаан тусгаарлалт 2013он
- [2] БНБД 23-02-09 Дулааны ачаалал
- [3] БНБД 3.05.03-95 Дулааны шугам сүлжээ
- [4] Б.Намхайням “Дулаан хангамжийн систем” УБ, 2015он, (Гурав дахь хэвлэл)
- [5] Д. Дашжамц “Шинжлэх ухааны судалгааны ажлын онол-арга зүйн үндэс” УБ, 2017он
- [6] Стандарт хэмжилзүйн үндэсний төв “Дулаан дамжуулах хоолойн дулаан тусгаарлалтын хөөсөн полиуретан бүрхүүл MNS 5352:2004 2004 он
- [7] Инженерийн лавлах (боть – I), (Хүрээлэн буй орчны салбар), УБ 2014 он, 595х (106-107х)
- [8] ШУТИС, ЭХС “УБ хотын дулааны шугам сүлжээний дулааны бодит алдагдлыг тодорхойлох, үнэлгээ өгөх” туршилт судалгааны тайлан 2002он
- [9] СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов / Строительные нормы и правила Российской федераций,

- издание официальное. М. ФГУП ЦПП Госстроя России, 2004.26с
- [10] СНиП 2.04.14-88 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. М. ЦИТП Госстроя РФ, 1989.-32с
 - [11] Методика определения тепловых потерь в действующих водяных тепловых сетях. М.СЦНТИ. 1970.-39с
 - [12] European Standart EN-253. District Heating Pipes- Preinsulated Bonded Pipe Systems for Directly Buried How Water Networks Pipe Assembly of Steel Service Pipe, Polyurethane Thermal Insulation and Outer Casing of Polyethylene.
 - [13] Thermal insulation- Determination of steady-state thermal transmission properties of thermal insulation for circular pipes (ISO 8497: 1994)
 - [14] EN ISO 8497:1996
 - [15] <http://www.parametr.mn>

ТӨВЛӨРСӨН ДУЛААН ХАНГАМЖИЙН СИСТЕМД БАРИЛГА БАЙГУУЛАМЖИЙГ ХОЛБОХ, АШИГЛАЛТЫН НАЙДВАРТАЙ, АЮУЛГҮЙ АЖИЛЛАГААГ ДЭЭШЛҮҮЛЭХ АСУУДАЛД

Д.Цэрэндолгор¹, Э.Чинзориг²

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Ахисан түвшний салбар¹
Эрчим Хүчний Зохицуулах Хороо²
ts_dolgor@must.edu.mn

Хураангуй

Энэхүү өгүүлэлд дулааны эрчим хүчний хэрэглэгчдэд хүрэх үйлчилгээний чанар, хангамжийг сайжруулах, дулаан түгээх, дулаанаар зохицуулалттай хангах тусгай зөвшөөрөл эзэмшигчийн үйлчилгээ үзүүлэх зардлыг эдийн засгийн хувьд үр ашигтай, түргэн шуурхай байлгах, орон сууцны, барилга байгууламжийг байнгын ашиглалтад хүлээн авахад эрчим хүчээр хангагч, хэрэглэгчийн харилцааг холбогдох хууль, хэм хэмжээний актуудын дагуу зохицуулах, тэдгээрийн эрх, үүргийг хангах асуудлыг авч үзсэн болно.

Түлхүүр үг: Барилга байгууламжийг байнгын ашиглалтад хүлээх авах, хангагч, хэрэглэгч, стандартын шаардлага хангасан эрчим хүч, эрчим хүчээр хангах гэрээ

I. ОРШИЛ

Сүүлийн жилүүдэд Улаанбаатар хотод орон сууцны барилга, байгууламжууд хурдацтай өсөн нэмэгдэж, тэдгээрийг стандартын шаардлага хангасан дулаан, цахилгааны эрчим хүчээр хангах нь Эрчим хүчний салбарт тулгамдсан асуудал болоод байгаа билээ. Үүнээс гадна хэрэглэгчдийг эрчим хүчээр хангах, үйлчилгээ үзүүлэх, шугам сүлжээний ашиглалтын үйл ажиллагааг мэргэжлийн байгууллага хариуцахтай холбоотой зохицуулалтын асуудлууд мөн адил тулгамдсан асуудлууд болоод байна.

II. МОНГОЛ УЛСЫН ДУЛААНЫ ЭРЧИМ ХҮЧ ХЭРЭГЛЭГЧДИЙН ТОО

Үндэсний статистикийн хорооны 2021 оны хүн ам, орон сууцны тооллогын нэгдсэн дүнгээр Улаанбаатар хотод нийт хүн амын 46% буюу 1539810.0, мөн нийт өрхийн 45% буюу 411420 өрх амьдарч байгаагийн 22,2% нь монгол ард түмний уламжлалт сууц гэрт, 77,3% нь байшинд, 0,5% нь бусад төрлийн сууцанд амьдарч байна. Нэгдүгээр хүснэгтэд 2021 оны байдлаар Дулааны эрчим хүч хэрэглэгчдийн тоог харуулав.

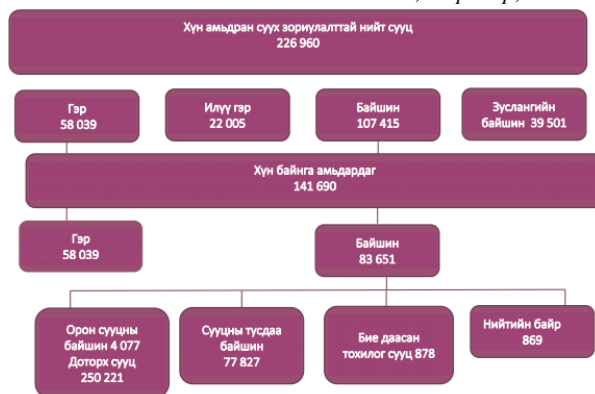
Хүснэгт 1. Дулааны эрчим хүч хэрэглэгчдийн тоо 2021 онд

Үзүүлэлт	Айл өрх	ҮААНБ	НИЙТ
Улаанбаатар	250,033	18,049	268,082
Эрдэнэт	13,417	1,548	14,965
Дархан	14,150	1,658	15,808
Дорнод	7,660	678	8,338
Даланзадгад	1,243	280	1,523
Орон нутаг	57,923	7,363	65,286
ДҮН	344,426	29,576	374,002

Хүн байнга амьдардаг сууцыг төрлөөр авч үзвэл 41% нь гэр сууц, 54,9% нь сууцны тусдаа байшин, 2,9 % нь нийтийн зориулалттай орон сууцны байшин, 0,6 % нь бие даасан тохилог сууц, 0,6% нийтийн байр тоологдсон байна. Нийтийн зориулалттай 4 077 орон сууцны байшинд 250 221 сууц тоологдсон байна.

Хоёрдугаар хүснэгтэд 2021 оны байдлаар хүн амьдран суух зориулалттай нийт сууц болон хүн байнга амьдардаг сууцны тоо, төрлөөр харуулав.

Хүснэгт 2. Хүн амьдран суух зориулалттай нийт сууц болон хүн байнга амьдардаг сууцны тоо, төрлөөр, 2021 он



Төвлөрсөн дулаан хангамжид холбогдсон томоохон хот, суурины дулааны эрчим хүчний хэрэглэгч /эрчим хүчээр хангах гэрээтэй/-ийн тоог өмнөх онтой харьцуулахад 95164 буюу 25,5%-р өссөн ба үүнээс Улаанбаатар хотын айл өрхийн хувьд 25343 буюу 10,1%, аж ахуйн нэгж байгууллагын хэрэглэгчид 2091 буюу 11,5%-р тус тус өссөн үзүүлэлтэй байна. Мөн нийт дулааны эрчим хүч хэрэглэгчдийн 268082 буюу 72% нь Улаанбаатар хотын хэрэглэгчид байдаг.

Улаанбаатар хотын дулааны хэрэглэгчдийн 50,2% буюу 134577 хэрэглэгчийг дулаан түгээх,

хангах тусгай зөвшөөрөлтэй хувийн хэвшлийн 66 компани, 49,8% буюу 133504 хэрэглэгчийг Орон нутгийн өмчит аж ахуйн тооцоот үйлдвэрийн газрын харьяа Хэрэглэгчдэд үйлчлэх 16 төв хариуцан ажиллаж байна.

III. БАРИЛГА БАЙГУУЛАМЖИЙГ АШИГЛАЛТАД ХҮЛЭЭН АВАХ АЖИЛЛАГАА, ХУУЛЬ ЭРХ ЗҮЙН ОРЧИН

Барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах үйл ажиллагааг Монгол Улсын Засгийн газрын 2018 оны 317 дугаар тогтоол “Барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах дүрэм”, Нийслэлийн иргэдийн Төлөөлөгчдийн Хурлын 2014 оны 04 дүгээр сарын 10-ны өдрийн 5/14 дүгээр тогтоол, Барилгын тухай хуулийн 48 дугаар зүйлийн 48.1, 35 дугаар зүйлийн 35.1.4, 35.1.6, “Нийслэлийн нутаг дэвсгэрт барилга барих ... , ашиглалтад оруулах үйл ажиллагааны журам”-ын дагуу *Аймаг, Нийслэлийн барилга, хот байгуулалтын асуудал эрхэлсэн байгууллага* хэрэгжүүлэхээр заасан байдаг.

Барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах комиссын бүрэлдэхүүн, нэгжийн дарга нь Аймаг, Нийслэлийн барилга, хот байгуулалтын асуудал эрхэлсэн байгууллага бөгөөд сүүлийн 5 жилийн дотор хариуцах байгууллагын үйл ажиллагаа, чиглэл, нэршлийн хувьд 3 удаа /“Нийслэлийн хот төлөвлөлт, ерөнхий төлөвлөгөөний газар”, “Хот байгуулалт хөгжлийн газар”, “Хотын стандарт, орчны аюулгүй байдлын хяналт, зохицуулалтын газар”/ өөрчлөгдсөн ба одоогоор барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах үндсэн үйл ажиллагааг “Хотын стандарт, орчны аюулгүй байдлын хяналт, зохицуулалтын газар”/ХСОАБХГ/ хариуцан, зохион байгуулж ажиллаж байгаа билээ. Гуравдугаар хүснэгтэд барилгын салбарын үзүүлэлт, тодорхойлолтыг хүснэгтлэн харуулав.

Хүснэгт 3. Барилгын салбарын үзүүлэлт, тодорхойлолт

№	Үзүүлэлт	Тодорхойлолт
1.	Объект	Бие даасан барилга (орон сууц, үйлдвэрийн гол корпус, сургууль, цех, агуулах), байгууламж (зам, гүүр, далан, суваг, нүхэн гарц) түүнтэй холбогдож хийгдэх үндсэн ба туслах чанарын бусад байгууламж, гадна инженерийн бүх төрлийн шугам сүлжээ, хийц тоноглол, барилгын талбайд хийгдэх өндөржилт, тохижилт болон засварын бүх ажил
2.	Барилга, байгууламж	Орон сууц, иргэн, үйлдвэр, эрчим хүч, харилцаа холбоо, ус, нефтийн барилга, ус суваг, далан хаалт зэрэг байгууламж, түүний инженерийн шугам сүлжээ
3.	Барилга утсралт, их засварын ажил	Барилга, байшин барих болон инженерийн зориулалтаар зам, гүүр, далан зэрэг инженерийн бусад байгууламжийг барих хэлбэрээр үндсэн хөрөнгийг бий болгох, шинэчлэх, засварлах, өргөтгөхөд чиглэсэн үйл ажиллагаа
4.	Орон сууцны барилга	Хүн суурьшин амьдрах зориулалттай, хамгийн багадаа түүний тал хэсгийг нь орон сууцны зориулалтаар ашигладаг барилга, байгууламж
5.	Орон сууцны бус барилга	Хүн суурьшин амьдрахаас бусад олон төрлийн зориулалтаар баригдах үйлдвэр, худалдаа, үйлчилгээ, эмнэлэг, сургууль, соёлын болон бусад бүх төрлийн барилга, байгууламж
6.	Инженерийн барилга, байгууламж	Газар доор ба дээр техникийн зориулалттай барьсан зам гүүр, телевизийн цамаг, өндөр хүчдэлийн, дулааны болон ус дамжуулах шугам, сүлжээ, барилга утсралтад ангилагддаггүй барилга, байгууламжийн бүх төрлийн ажил

Барилга байгууламж гэдэг нь Барилгын тухай хуулийн 4 дүгээр зүйлийн 4.1.1-д орон сууц, иргэн, үйлдвэр, эрчим хүч, харилцаа холбоо, ус, нефтийн барилга, ус суваг, далан хаалт зэрэг байгууламж

түүний инженерийн шугам сүлжээг хэлнэ гэж заасан бөгөөд тухайн орон сууцны барилгын эрчим хүчний барилга байгууламж, инженерийн шугам сүлжээ, тоног төхөөрөмжийг ашиглалтад хүлээж авах дүгнэлтийг гаргасны дараа Орон сууцныг байнгын ашиглалтад хүлээж авч байгаа ч улсын комиссын актад орон сууцны ашиглалт үйлчилгээг хариуцах мэргэжлийн байгууллагыг ямар үндэслэлээр хэрхэн зааж өгч байгаад хяналт зохицуулалт одоогоор байхгүй байна.

Барилга, байгууламжийг байнгын ашиглалтад хүлээн авахтай зэрэгцээд тухайн орон сууцны барилгын шугам сүлжээ, дэд станц, тоног төхөөрөмжийн ашиглалт, үйлчилгээг тусгай зөвшөөрөлтэй мэргэжлийн байгууллага хариуцах асуудал орхигдож барилгын захиалагч, гүйцэтгэгч компани нь үзэмжээрээ, танилын хүрээнд, хэн дуртай тусгай зөвшөөрөл эзэмшигч байгууллагад ашиглалтыг шилжүүлэх, барилгын угсралтын компани орон сууцны ашиглалтын үйл ажиллагааг барилгын ашиглалтад зүгшрүүлэх, тохируулгын 1 жил, барилга байгууламжийн 3 жилийн хугацаанд хариуцах зэргээс хамаарч дараах зөрчил, дутагдлууд үүсэж байна. Үүнд:

1. Холбогдох тусгай зөвшөөрөлгүйгээр орон сууцны ашиглалтын үйл ажиллагаа явуулах,
2. Хэрэглэгчид стандартын шаардлагад нийцсэн, найдвартай эрчим хүчээр хангагдахгүй байх,
3. Хэрэглэгчээс илүү төлбөр нэхэмжлэх,
4. Хэрэглэгч түргэн шуурхай, чанартай үйлчилгээ авч чадахгүй байх,
5. Орон сууцны шугам сүлжээ, ашиглалтыг тухайн хувийн хэвшлийн орон сууцны компанийн үйлчлэх хүрээнээс хасуулах, орон нутгийн өмчит үйлдвэрийн газарт шилжүүлэх,
6. Өмч хөрөнгийн маргаан, өр төлбөр үүсэх, эрчим хүчний салбарын авлагын хэмжээ өсөх,
7. Орон сууцны шугам сүлжээ, тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын шаардлага хангахгүй болсон үед эзэнгүй орхих,
8. Барилга байгууламжийн зүгшрүүлэх, тохируулах, тоног төхөөрөмжийн хэвийн ашиглалтын хугацаанд орон нутгийн хөрөнгөөр засвар үйлчилгээ хийх,
9. Дэд станц, шугам тоноглол, орон сууцны ашиглалт үйлчилгээг бусдад дураараа шилжүүлэх, барилгын компаниудтай тохиролцон бусад хэрэглэгчдийг хууль бусаар авах, өмч хөрөнгийн талаар маргаан үүсгэх, хэрэглэгчийн хууль ёсны эрх ашиг хөндөгдөх зэрэг, асуудлууд ихсэх нөхцөл бүрдээд байна.

Дээрх асуудлууд нь анх тухайн Барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах комиссын акт, дүгнэлтэд ашиглагч байгууллага гэдэгт захиалагч буюу хөрөнгө оруулагчийг бичих, эрх бүхий байгууллагын тусгай зөвшөөрөлгүй хуулийн этгээдийг бичих, мөн ихэнхдээ ашиглагч байгууллагаар “Орон сууц нийтийн аж ахуйн удирдах газар”-ыг зааж тус газраас гарын үсэг зурж

хүлээн авсан ч орон сууцны ашиглалтыг хариуцдаггүйтэй холбоотой бөгөөд цаашид Эрчим хүчний тухай хуулийн 30 дугаар зүйлийн 30.1.13-т “нийтийн эзэмшлийн орон сууцны барилга барьсан тохиолдолд эрчим хүчний дэд станц, шугам тоноглолыг тусгай зөвшөөрөл эзэмшигчид шилжүүлэх” гэж заасны дагуу уг хуулийн 12 дугаар зүйлийн 12.1-д заасан тусгай зөвшөөрөл эзэмшигч хуулийн этгээдэд тухайн барилгын захиалагч, гүйцэтгэгч нь холбогдох акт, гэрээний дагуу эрчим хүчний шугам сүлжээ, тоног төхөөрөмжийг шилжүүлэх тухай хуулийн заалтыг хэрэгжүүлээгүй, барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах комиссын актад орон сууцны ашиглалтыг хариуцах мэргэжлийн байгууллагыг тодорхой, оновчтой зааж өгөөгүйтэй холбоотой юм.

Мөн Барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах дүрэм Засгийн газрын 2021 оны 07-р сарын 20-ны өдрийн 212-р тогтоолоор шинэчлэн батлагдсантай холбоотойгоор барилга байгууламж (орон сууц, үйлчилгээний зориулалттай барилга, эрчим хүчний барилга байгууламж)-ийг ашиглалтад авах үйл ажиллагаа болон түүнд ажиллах инженер хангамжийн байгууллагын төлөөлөл нь Эрчим хүчний тухай хуулийн холбогдох заалтуудыг хэрэгжүүлэх, эрчим хүчний барилга байгууламжид хяналт тавих, эрчим хүчний салбарыг төлөөлж хариуцлагатай, тодорхой арга хэмжээнүүдийг авч ажиллах шаардлагатай юм.

IV. ХУУЛЬ ЭРХ ЗҮЙН ОРЧИН

Аж ахуйн тусгай зөвшөөрлийн тухай хууль:

15 дугаар зүйл. Тусгай зөвшөөрөлтэйгөөр эрхлэх аж ахуйн үйл ажиллагааны төрөл

15.1. Энэ зүйлд заасан үйл ажиллагааг тусгай зөвшөөрөлтэйгөөр эрхэлнэ.

15.8.3. Эрчим хүч үйлдвэрлэх, дамжуулах, диспетчерийн зохицуулалт хийх, түгээх, хангах, борлуулах үйл ажиллагаа эрхлэх;

5 дугаар зүйл. Тусгай зөвшөөрлийн үйлчлэх хүрээ

5.1 Тусгай зөвшөөрөл шаардах аж ахуйн үйл ажиллагааг хэрэв тусгайлан заасан бол тухайн нутаг дэвсгэрт явуулна”

Эрчим хүчний тухай хууль:

12 дугаар зүйл. Үйл ажиллагаа эрхлэх тусгай зөвшөөрөл, түүнийг олгох;

12.1. Хуулийн этгээд дараах үйл ажиллагааг эрх бүхий байгууллагаас олгосон тусгай зөвшөөрлийн үндсэн дээр эрхэлнэ:

12.1.6. цахилгаан түгээх;

12.1.7. дулаан түгээх;

12.1.8. эрчим хүчээр зохицуулалттай хангах;

30 дугаар зүйл. Хэрэглэгчийн эрх, үүрэг

30.1.13. нийтийн эзэмшлийн орон сууцны барилга барих тохиолдолд барьсан эрчим хүчний дэд станц, шугам, тоноглолыг тусгай зөвшөөрөл эзэмшигчид шилжүүлэх.

Барилгын тухай хууль:

48.2 Барилга байгууламжийг барилгын ажлын явцад шаардагдах цахилгаан, дулаан, халуун, хүйтэн усаар түр хангах бөгөөд байнгын ашиглалтад оруулаагүй барилга байгууламжийг цахилгаан, харилцаа холбоо, дулаан, халуун, хүйтэн усаар хангахыг хориглоно.

48.3 Гэрчилгээ олгогдоогүй, дуусаагүй барилга байгууламжид үйл ажиллагаа эрхлэхийг хориглоно.

48.5.5. Барилга байгууламжийн инженерийн шугам сүлжээний холболтыг техникийн нөхцөлийн дагуу гүйцэтгэсэн, эсхүл өөр эх үүсвэр ашигласныг баталгаажуулсан тэмдэглэл, холбогдох мэдээлэл;

14 дүгээр зүйл. Барилга байгууламжид тавих шаардлага

14.3. Барилга байгууламжийг ашиглалтад зүгшрүүлэх, тохируулах хугацаа **нэг жил** байна.

14.4. Энэ хуулийн 14.3-т заасан хугацаа дуусгавар болсон тохиолдолд гүйцэтгэгч, зураг төсөл зохиогч, захиалагч болон ашиглагч тухайн барилга байгууламжид хамтарсан үзлэг хийж зөрчлийг арилгах талаар тэмдэглэл үйлдэнэ.

14.6. Энэ хуулийн 14.3-т заасан хугацаа дуусгавар болсноос хойш барилга байгууламжийн ... уур, хий, дулаан, цахилгаан харилцаа холбооны тоног төхөөрөмж, тоноглолын хэвийн ашиглалтын хугацаа **гурваас доошгүй жил** байна.

V. БОДЛОГЫН ТҮВШИНД ЦААШИД АВЧ ХЭРЭГЖҮҮЛЭХ АРГА ХЭМЖЭЭ

- Эрчим хүчний зохицуулах хороо нь шинээр баригдаж, ашиглалтад орж байгаа нийтийн орон сууцны барилгын ашиглалт хариуцах тусгай зөвшөөрөл эзэмшигчийг “Хот, суурины ус хангамж, ариутгах татуургын ашиглалт үйлчилгээг зохицуулах зөвлөл”, инженер хангамжийн байгууллагын төлөөлөл буюу “Улаанбаатар цахилгаан түгээх сүлжээ” ТӨХК, “Улаанбаатар дулааны сүлжээ” ТӨХК-тай хамтран барилга байгууламжийг ашиглалтад хүлээж авахад ашиглагч байгууллагыг тодорхойлж оролцуулах; /*тухайн барилгын захиалагч, гүйцэтгэгч компанитай зөвшилцөж, барилгын техникийн нөхцөл болон холбогдсон шугам сүлжээ, дэд төвийн өмчлөлийн байдал, эрчим хүчний нэгдмэл байдал зэрэгтэй уялдуулан ашиглагч байгууллагыг сонгон шалгаруулах, тодруулга гаргах.*/
- Цахилгаан, дулаан түгээх, зохицуулалттай хангах тусгай зөвшөөрөл эзэмшигч нь Эрчим хүчний тухай хууль 30 дугаар зүйлийн 30.1.13, “Барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах дүрэм”-ийн 7 дугаар зүйлийн 7.6, “Дулааны эрчим хүч хэрэглэх дүрэм”-ийн 5 дугаар зүйлийн 5.1.1, 5.1.18, Барилгын тухай хуулийн 48 дугаар зүйлийн 48.2-д тус тус заасны дагуу барилга байгууламжийг ашиглалтад хүлээн авах хүртэл барилгын захиалагч иргэн, хуулийн этгээдтэй дулааны эрчим хүчээр хангах түр гэрээ (*барилга*

- угсралт болон заслын үед дулаан, цахилгааны эрчим хүчээр хангах*) байгуулах,
- Барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах комиссын дүгнэлтэд инженер хангамжийн байгууллагын төлөөлөл /“Улаанбаатар цахилгаан түгээх сүлжээ” ТӨХК, “Улаанбаатар дулааны сүлжээ” ТӨХК/ нь ашиглагч мэргэжлийн байгууллагад шилжүүлж, хариуцуулсан тохиолдолд тухайн барилга байгууламжийг дулаан, цахилгаан эрчим хүчээр хангах талаар үүрэг даалгаврын биелэлтэд тусгах, техникийн нөхцөл, шугам сүлжээний эзэмшлийн зааг, өмч хөрөнгөөс хамааруулан дулаан түгээх, хангах гэрээг тусгай зөвшөөрөл эзэмшигчид шилжүүлж, хариуцуулж байх,
 - Тусгай зөвшөөрөл эзэмшигч мэргэжлийн байгууллагууд нь барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах дүгнэлт баталгаажсан тохиолдолд өмчийн эздийг төлөөлөх эрхгүй иргэн, хуулийн этгээдтэй цахилгаан, дулааны эрчим хүчээр хангах гэрээ байгуулахгүй байх.
 - Дулаан түгээх, дулаанаар зохицуулалттай хангах тусгай зөвшөөрөл эзэмшигч хувийн хэвшлийн компаниудын үйлчлэх хүрээнд хамаарах орон сууцны байруудыг ус, дулаан дамжуулах төв, шугам сүлжээний өмчлөл, хүчин чадал, газар зүйн байршил, харьяа дүүргээр ангилж цэгцлэх зэрэг нэгдсэн арга хэмжээг авч шийдвэрлэх;
 - Холбогдох байгууллагууд /Эрчим хүчний зохицуулах хороо, Барилга хот байгуулалтын яам, “Хотын стандарт, орчны аюулгүй байдлын хяналт, зохицуулалтын газар”/-ын уялдаа холбоог сайжруулах, энэ талаар Нийслэлийн харьяа холбогдох байгууллагуудтай хамтран ажиллах, бодлогын арга хэмжээг зайлшгүй авах;
 - Барилгын тухай хуулийн 14 дүгээр зүйлийн 14.3, 14.6-р заалтын дагуу Барилга байгууламжийг ашиглалтад зүгшрүүлэх, тохируулах хугацаа нэг жил, тоноглолын хэвийн ашиглалтын хугацаа гурваас доошгүй жил байна гэж тус тус зааны дагуу захиалагч, зураг төсөл зохиогч, гүйцэтгэгч, материал ханган нийлүүлэгч, өмчлөгч, ашиглагч нар акт үйлдэж баталгаажуулан, баримтжуулах;
 - Харьяаллын дагуу орон нутгийн өмчит тооцоот үйлдвэрийн газрын өмчлөлд үнэ төлбөргүй шилжин ирж байгаа орон сууцнуудыг Нийслэлийн өмчид үнэ төлбөргүйгээр бүртгэх, ашиглалт үйлчилгээг авах ажиллагааг боловсронгуй, түргэн шуурхай болгох зэрэг арга хэмжээнүүдийг авах.

ДҮГНЭЛТ

Дээрх арга хэмжээнүүдийг авч хэрэгжүүлснээр гарах үр дүн нь:

- Барилгын гүйцэтгэгч, захиалагч, орон сууцны ашиглалт, тоног төхөөрөмжийг мэргэжлийн байгууллагад шилжүүлэх;

- Хариуцуулаагүйгээс үүсэх, эрчим хүчний өр төлбөр, өмчийн маргаан, орон сууцны барилгын ашиглалт үйлчилгээг бусдад шилжүүлэх, хэрэглэгч илүү төлбөр төлөх, стандартын шаардлага хангасан эрчим хүчээр хангагдахгүй байх;
- Түргэн шуурхай чанартай үйлчилгээ авч чадахгүй байх зэрэг асуудлууд арилна;
- Төрийн байгууллагуудын уялдаа холбоо сайжирч хэрэглэгчийн гомдол, санал багасна;
- Эрчим хүчээр хангагч, хэрэглэгчийн харилцаа, тусгай зөвшөөрлийн үйл ажиллагаа бодлогын түвшинд цогцоор шийдвэрлэгдэж хяналт, зохицуулалтын үйл ажиллагаа сайжирна гэж үзэж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Эрчим хүчний зохицуулах хорооны статистик үзүүлэлтүүд
- [2] Хүн ам, орон сууцны улсын тооллогын нэгдсэн дүн
- [3] Эрчим хүчний тухай хууль
- [4] Барилгын тухай хууль
- [5] Засгийн газрын 2021 оны 07-р сарын 20-ны өдрийн 212 дугаар тогтоол “Барилга байгууламжийг ашиглалтад оруулах дүрэм”
- [6] Эрчим хүчний сайдын 2019 оны 05 дугаар сарын 01-ний өдрийн 125 дугаар тушаал “Эрчим хүчний барилга байгууламж барих ажлын журам”, холбогдох актууд

ЭРДЭНЭТ ДЦС-ЫН БКЗ-75-39 ФБ МАЯГИЙН ЗУУХНЫ ТУРШИЛТ, СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Д.Анударь, Д.Даваацэрэн

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар
anudari.d@must.edu.mn, davaatserend@must.edu.mn

Хураангуй

Эрдэнэт хотын ДЦС-ын БКЗ-75-39 ФБ маягийн 3-р зууханд дулаан техникийн хураангуй туршилтыг явуулж, зуухны ажиллагааны байдалд дүгнэлт, үнэлэлт өгч, зуухны техник эдийн засгийн үзүүлэлтийг дээшлүүлэх зорилго бүхий судалгааг хийв.

Түлхүүр үг: БКЗ-75-39 ФБ, техник эдийн засгийн үзүүлэлт, тоос бэлтгэлийн систем

I. УДИРТГАЛ

Аливаа улс орны хөгжилд эрчим хүч чухал нөлөө үзүүлдэг бөгөөд түүний ашиглалтын түвшин нь тухайн орны түлш эрчим хүчний нөөцөөс ихээхэн хамаардаг. Улс орон бүхний түлш, эрчим хүчний хэрэгцээ жилээс жилд өсөн нэмэгдэж, эрчим хүч үйлдвэрлэлийн явцад түлшний шаталтаас үүсэж байгаа төрөл бүрийн хийн ба хуурай төлөвтэй хаягдлууд дэлхийн агаар болон усан мандал, газрын хөрсийг бохирдуулсаар байна.

Эрдэнэт хотын ДЦС нь анх Шарын голын нүүрсэн дээр төсөл зохиогдсон боловч, өнөөгийн байдлаар Багануурын уурхайн чийглэг ихтэй хүрэн нүүрсээр ажиллаж байна.

Эрчим хүчний үйлдвэрүүдийн статистик үзүүлэлтүүдээс үзэхэд Эрдэнэт хотын ДЦС-ын боловсруулсан цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ 2017 онд 82.7 сая квт.цаг, 2018 онд 112.7 сая квт.цаг, 2019 онд 163.4 сая квт.цаг байсан бол, харин дулааны эрчим хүчний үйлдвэрлэлт нь 2017 онд 301.3 мян Гкал, 2018 онд 592.4 мян. Гкал, 2019 онд 604.4 мян. Гкал, 2020 онд 620.3 мян. Гкал байсан байна [1]. Эндээс үзэхэд Эрдэнэт хотын ДЦС-ын цахилгаан, дулааны хэрэглээ, үйлдвэрлэл өсөх хандлагатай байна. Иймээс “ЭДЦС” ТӨХК-ийн БКЗ-75-39 ФБ маягийн 3-р зуухны ажиллагааны байдалд дүгнэлт хийж зуухны техник эдийн засгийн үзүүлэлтийг дээшлүүлэхийн тулд хийгдэх ажлуудыг тодорхойлохыг зорилоо.

II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

Эрдэнэт хотын ДЦС-ын БКЗ-75-39 ФБ маягийн 3-р зуухны дулаан техникийн хураангуй туршилтыг уурын болон ус халаах зуухны туршилтын ажил гүйцэтгэх аргачлалын дагуу хийсэн. Туршилтын хугацаанд тус станц нь Шарын голын уурхайн нүүрсээр ажиллаж байв.

Хүснэгт 1. Шарын голын уурхайн нүүрсний элементийн бүтэц

№	Элементийн нэр	Тэмдэг-лэгээ	Нэгж	Утга
1	Ажлын чийглэг	W ^p	%	19.5

2	Ажлын үнслэг	A ^p	%	23.7
3	Хүхрийн агууламж	S ^p	%	1.1
4	Нүүрстөрөгчийн агууламж	C ^p	%	42.8
5	Устөрөгчийн агууламж	H ^p	%	2.8
6	Азотын агууламж	N ^p	%	0.6
7	Хүчилтөрөгчийн агууламж	O ^p	%	9.5
8	Дэгдэмхий эдийн хэмжээ	V ^r	%	44.6
9	Дулаан гаргах доод чадвар	Q _n ^p	ккал/кг	3850

Хүснэгт 2. Туршилтын үеийн түлшний дулаан техникийн үзүүлэлт

№	Элементийн нэр	Тэмдэг-лэгээ	Нэгж	Утга		
1	Ажлын чийглэг	W ^p	%	12	15.4	16.5
2	Ажлын үнслэг	A ^p	%	29.9	31.2	31.3
3	Дэгдэмхий эд	V ^r	%	45.9	49.5	50.8
4	Дулаан гаргах доод чадвар	Q _n ^p	ккал/кг	3676.5	3827.2	3953.8
5	Тоосны чийглэг	W ^ш	%	1.8	3.1	3.6
6	Шаарганд үлдсэн шатамхай хэсэг	C ^ш	%	0.98	0.99	1
7	Үнсэнд үлдсэн шатамхай хэсэг	C ^у	%	0.94	0.97	0.99
8	Тоосны нунтаглалтын хэмжээ	R ₉₀	%	32.8		34.1

3-р зуухны ачаалал D_{пп} = 64; 65; 68; 71; 72 т/ц байхад хэмжилтүүдийг хийж тооцооны үр дүнг боловсруулав.

Дээрх туршилтын үед ус, уурын параметр:

1. Хурц уурын температур t_{пп} = 440 °C; 445 °C; 450 °C; 460 °C; 470 °C.

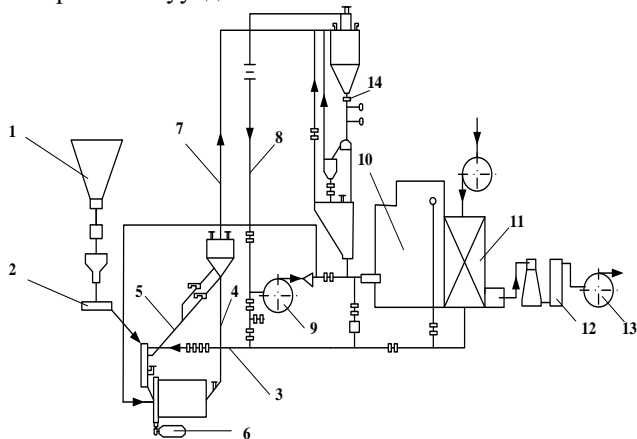
2. Хурц уурын даралт $P_{пп} = 3.8$ МПа; 3.9 МПа.

3. Тэжээлийн усны температур $t_{пв} = 143$ °C; 145 °C; 146 °C.

А. Туршилт явуулсан аргачлал, хэмжилт авсан цэгүүдийн байршил

Зуухны дулаан техникийн туршилт нь:

1. Зуухны хэвийн ачаалал авч байгаа эсэхийг тодорхойлох;
2. Гоос бэлтгэлийн системийн цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ болон түлшний зарцуулалтыг тодорхойлох;
3. Түүхий нүүрс, нүүрсний тоосны дулаан техникийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох;
4. Гоос бэлтгэлийн системийн үндсэн болон туслах тоноглолуудын ТЭЗҮ-г тодорхойлох;
5. Туршилтын дэлгэрэнгүй хүснэгтэд боловруулалт хийж, зуухны үндсэн болон туслах тоноглолуудын горим, параметруудийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж, ТЭЗҮ-ийг тогтоох зорилгыг агуулдаг.



1-р зураг. Зуухны туршилтын үед хэмжилт авах цэгүүдийн байршил

1-р цэг: Түүхий нүүрсний бункерийн буух хүзүүнээс эсвэл конвейр дээрээс 1.5 кг хүртэл жинтэй нүүрсний 3 сорьц бэлтгэж, 1-р сорьцыг элементийн бүтцийн шинжилгээнд (C^r , H^r , O^r , N^r , S^r , A^r), 2-р сорьцыг нүүрсний ажлын чийглэг (W^r), дулаан гаргах чадвар ($Q_{н^p}$), дэгдэмхий эдийн хэмжээ ($V_{л^daf}$)-г тодорхойлоход, 3-р сорьцыг хяналтын сорьц болгон ашиглана.

2-р цэг: Түүхий нүүрс тэжээгчээс 1.5 кг хүртэл жинтэй сорьц авч, дулаан багтаамжийг тодорхойлно. Түүхий нүүрсний температурыг термомпараар (ХА), нүүрс тэжээгчийн бүтээмжийг тахометр ашиглан тооцоогоор тодорхойлно.

3-р цэг: Хатаалгын агентын температур ($t_{ха}$), зарцуулалт ($V_{ха}$)-г тодорхойлно.

4-р цэг: Тээрмийн гарах хоолойноос сорьц авах тусгай “совок” багажийг ашиглан 0.5 кг-аас доошгүй тоосны сорьц авч, тоосны чийглэгийг ($W^{тл}$) тодорхойлно. Мөн цэгт аэрохолимгийн температур ($t_{тл}$), тээрмийн гарах талын сийрэгжилт ($S_{тл}$) тодорхойлно.

5-р цэг: Сеператороос буух тоосны хэмжээ ($G_{сеп}^6$)-г тодорхойлно.

6-р цэг: Тээрмийн цахилгаан хөдөлгүүрийн чадлыг ($N_{ШБМ}$) хэмжинэ.

7-р цэг: Сеператороос гарах аэрохолимгийн сийрэгжилт (S_c) болон температурыг хэмжиж, тээрмийн бүтээмжийг ($B_{тл}$) тодорхойлно.

8-р цэг: Тээрмийн салхилуурын өмнөх сийрэгжилт ($S_{мв}$), хийн температур ($t_{мв}$)-г хэмжинэ.

9-р цэг: Тээрмийн салхилуурын цахилгаан чадал ($N_{мв}$)-г тодорхойлно.

10-р цэг: Зуухны ажлын параметр (P_6 , $T_{пп}$, $T_{пв}$, $S_{тл}$, $D_{пп}$, $D_{продувка}$), ашигт ажиллагааны үзүүлэлтүүд (q_3 , q_4 , q_5 , q_6 , α_r)-г тодорхойлно.

11-р цэг: Утааны хийтэй алдах дулаан (q_2), конвекцийн хийн хөндийн хүйтэн агаар соролт ($\alpha_{прс}^{кон}$), эсэргүүцэл ($\Delta S_{кон}$)-г тодорхойлно.

12-р цэг: Үнстэй хамт алдах механикийн дутуу шаталтын дулааны алдагдлыг (q_4) тодорхойлно. Нойтон үнс баригчийн (ГЗУ) хошуунаас 2 кг-аас багагүй жинтэй сорьц авна. 1 кг сорьцыг R_3 -ийн шүүрээр шигшиж, шатамхай массыг тодорхойлоход хэрэглэнэ. Үлдсэн 1 кг сорьцыг химийн анализ хийхэд зориулна.

13-р цэг: Утаа сорогчийн цахилгаан чадал ($N_{дс}$)-г тодорхойлж зуухны ажиллагааны үеийн соролтод зарцуулах цахилгаан эрчим хүчний зарцуулалт ($\Sigma_{тл}$)-г тодорхойлно.

14-р цэг: Циклоны шүүрэн дээрээс сорьц авах багаж “совок” ашиглан 0.2 кг-аас доошгүй 3 сорьц авч, тоосны дулаан гаргах чадвар ($Q_{р^{н,тл}}$), тоосны чийглэг ($W^{тл}$), тоосны нунтаглалтын зэрэг (R_{200} , R_{90})-ийн хэмжээг тодорхойлно. Шууд үлээлгийн тоос бэлтгэлийн систем бүхий зуухнаас тоосны сорьцыг асаагуурын хуваарилах хоолойноос Альнерийн хошуу ашиглан авна.

Туршилтын үед утааны хийн хурд, температурыг хэмжихэд TESTO 512, TESTO 735, TESTO-350 хийн шинжлүүр зэрэг зөөврийн хэмжүүрүүд ашигласан. Түлшний шаталтаас үүсэж байгаа утааны хийн бүтцийг тодорхойлоход зөөврийн TESTO-350 багаж төхөөрөмж ашиглав.



2-р зураг. TESTO 512



3-р зураг. TESTO 735



4-р зураг. TESTO 350 хийн шинжлүүр

Ш. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

3-р зуухны суурилагдсан хүчин чадал ашиглалтын коэффициент туршилтын хугацаанд $k_0=0.85\div 0.96$ байсан нь сайн үзүүлэлт юм. Туршилтыг 2 өдөр хийсэн ба эхний өдөр зуухны ачаалал $D=71$ т/ц, хурц уурын параметрийн хазайлт 0%, дараагийн өдөр $D=64\div 72$ т/ц, хурц уурын параметрийн хазайлт 0÷3% байсан нь тооцоот параметрийн утганд ажиллаж байгааг илтгэх боловч, зуухны ажиллагааны үед уур хөргөгчид үлээлт гарсны улмаас хурц уурын температур утаа сорогчийг 2-р хурданд ажиллуулах үед $t_{\text{нн}} = 470$ °C хүртэл өсөж байв.

Нүүрсний дулаан гаргах чадвар 3-р зууханд дунджаар $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 3783.5$ кКал/кг, ажлын чийглэг $W^{\text{р}} = 15.1$ %, тоосны чийглэг $W^{\text{н}} = 3.03$ %, үнслэг $A^{\text{р}} = 30.58$ %, тоосны нунтаглалт $\Sigma R_{90} = 34.84$ % орчим байгаа нь үнслэгээс бусад үзүүлэлт төслийн түлшний үзүүлэлттэй ойролцоо байна. Шарын голын уурхайгаас ирж буй нүүрсний үнслэгийн хэмжээ төслийн утга (23.7%) -аас хэт өндөр байгаа нь зуухны ажиллагааг ихээхэн доголдуулж байна.

Төслөөр тээрмийн өмнөх халуун агаарын температур $t_{\text{ха}} = 350$ °C байхаас тус зууханд дунджаар 352.5 °C байгаа нь тухайн үеийн нүүрсний ажлын чийглэгт харгалзсан нүүрсний хатаалт сайн явагдах нөхцөлийг бүрдүүлэхүйц байгаа юм [2].

А. Механик болон химийн дутуу шаталт

Шарганд үлдсэн шатамхай хэсгийн хэмжээ 3-р зууханд дунджаар $C_{\text{шл}} = 0.988$ % орчим, үнсэнд үлдсэн шатамхай хэсгийн хэмжээ дунджаар $C_{\text{ун}} = 0.973$ % байх үед механикийн дутуу шаталтын хэмжээ $q_4=0.62$ % буюу нормт ($q_4=1.0$) -утгадаа байв. Механикийн дутуу шаталтын хэмжээнд халуун ба хүйтэн агаарын температур, илүүдэл агаарын коэффициент болон тоосны нунтаглалтын зэрэг ихээр нөлөөлдөг.

Тоосны нунтаглалтын зэрэг буюу 90 микроны шүүрэн дээрх үлдэгдлийн хэмжээ $R_{90} = 34.84$ % байгаа нь Шарын голын нүүрсэнд байх ёстой ($R_{90} = 25\div 35$ %) хэмжээнд буюу хэвийн байгааг илтгэж байна [3].

Химийн дутуу шаталтын хэмжээ дунджаар $q_3 = 0.18\div 1.77$ % байгаа нь төслийн хэмжээнээс өндөр байгааг харуулах ба үүний шалтгаан нь галын хотолд өгч байгаа агаарын хэмжээ бага байсантай холбоотой юм.

Б. Зуухны агаарын горим

Зуухны эргэлтийн хийн хөндийн хэсэгт хүчилтөрөгчийн хэмжээ, хэмжилт эхлэх үед хамгийн ихдээ 2.7 %, агаар халаагчийн 1-р үеийн дараа 4.2 %, үнс баригчийн дараа 4.66 %, байсан ба агаарыг нэмж өгсний дараа эргэлтийн хийн хөндийн хэсэгт дунджаар 3.05 %, агаар халаагчийн 1-р үеийн дараа 5.76 %, үнс баригчийн дараа 6.9 % болсон. Энэ нь зуухны ажиллагааны үед шаталтанд

шаардлагатай агаарыг өгдөггүй байсныг гэрчилж байгаа юм.

3-р зуухны утааны хийн температур $T_{\text{yx}} = 128\div 153$ °C байгаа нь төслийн утгаас давахгүй байгаа ба дунджаар авч үзвэл $T_{\text{yx}} = 140.1$ °C, зуухны илүүдэл агаарын хэмжээ бага, хүйтэн агаарын температур өссөнөөс шалтгаалан утааны хийтэй алдах дулааны алдагдлын бодит хэмжээ бага буюу тоон утгаараа $q_2 = 2.95\div 5.28$ % болон буурч байна.

Гурван атомт хийн үнэлгээгээр уг зуухны илүүдэл агаар соролтын хэмжээ дунджаар $\alpha_{\text{к2}} = 1.22$ байсан боловч агаар халаагчийн 1-р үеийн дараах илүүдэл агаар соролтын хэмжээ дунджаар $\alpha_{\text{нп1}} = 1.44$ болж төслийн хэмжээнд хүрч байгаа нь галын хотолд агаар дутагдалтай явж байгаад босоо хийн хөндийд хий соролт байгаагаас болсон байж болох юм. Харин хүчилтөрөгчийн үнэлгээгээр галын хотлын бодит илүүдэл агаар соролтын хэмжээ $-1.41\div -4.97$ % байгаа нь галын хотлын илүүдэл агаар соролтын хэмжээ бага байгааг харуулж байгаа боловч нөгөө талаас шаталтанд шаардлагатай агаарыг бүрэн өгч чадахгүй байгааг харуулж байна.

Агаар халаагчийн 1-р үеийн дараах хий соролтын хэмжээ дунджаар $\alpha_{\text{нп1}} = 1.44$ байх үед үнс баригчийн дараах илүүдэл агаар соролтын хэмжээ дунджаар $\alpha_{\text{зy}} = 1.44$, үнс баригчийн дараах илүүдэл агаар соролтын хэмжээ дунджаар $\alpha_{\text{зy}} = 1.59$, нийлбэр илүүдэл агаар соролтын хэмжээ дунджаар $\Sigma \Delta \alpha = 37.88$ % гарч байгаа нь утаа сорогчийн ачааллыг нэмэгдүүлэх нэг нөхцөл болж байгаа бөгөөд үүнээс үүдэн галын хотол дахь түлшний шаталтын үед тоосны шаталтын хугацааг хангаж чадахгүй нөхцөлд хүрсэн байна.

Тоосны нунтаглалтын хэмжээ R_{90} нь хагас чулуун нүүрсэнд ойролцоогоор $25\div 35$ % байх ёстой. Туршилтын үед дээрх үзүүлэлт нь 3-р зууханд $34.5\div 35.84$ % байгаа нь хэт нунтаглалт байхгүйг харуулах боловч боломжит хэмжээнд хүрэхгүй байгааг илтгэж байна.

Тоос бэлтгэлийн системийн горим, ажиллагаа

3-р зуухны тоос тэжээгчийн эргэлтийн хурдыг зуухны уурын $65\div 68$ тн/ц ачааллын үед, цитний удирдлагын тавил 1200 эрг/мин байх үед хэмжиж үзэхэд:

ППЛ-1: $761.6\div 764.8$ эрг/мин (редукторын дараах эргэлт $47.6\div 47.8$ эрг/мин)

ППЛ-2: $911.4\div 969$ эрг/мин (редукторын дараах эргэлт $56.96\div 60.56$ эрг/мин)

ППЛ-3: $997.8\div 998.4$ эрг/мин (редукторын дараах эргэлт $62.36\div 62.4$ эрг/мин) байв.

Байран дээрх хэмжүүр ингэж зөрүүтэй зааж байгаа нь зуухны удаан хугацааны ажиллагааны явцад тохируулгын зөрөө үүсэж байдгийг баталж байгаа бөгөөд үүний шалтгаан нь зуухны ачааллыг нэмж, хасах үед сигналын хоцрол үүсэж байдаг ба сигналын олон удаагийн хоцролуудын нийлбэрээс болж энэ зөрөө үүсдэг.

Тоос бэлтгэлийн системийн хий соролтын хэмжээ зуухны ачаалал $65 \div 72$ т/ц байхад $\Delta\alpha_{пл.с} = 58.95 \div 66.22$ % байгаа нь тоос бэлтгэлийн системийн ачаалал зуухны ачааллаас хамааран төдий л өөрчлөгддөггүй болох нь батлагдаж байгаа боловч завсарын бункертэй тоос бэлтгэлийн системд байх ёстой нормт үзүүлэлтээс даруй $1.97 \div 2.21$ дахин өндөр байгааг харуулж байна.

Механикийн дутуу шаталтын хэмжээ тус зууханд дунджаар $q_4 = 0.62$ % гарсан нь агаарын горимын үүднээс: Анхдагч ба хоёрдогч агаарын харьцаа 3:1 гэсэн харьцааг барьж байх ёстой боловч галын хотолд түлшний шаталтанд шаардлагатай агаарын хэмжээ дутсанаас түлшний дутуу шаталт үүсэж байгаа ба зууханд өгч буй түлшний зарим фракцын хувьд анхдагч ба хоёрдогч агаарын харьцаа алдагдсанаас галын хотолд зарим газраа шааргадаж байлаа [4].

Туршилтын хугацаанд анхдагч агаарын даралт асаагууруудад ижил байсан ба хоёрдогч агаарын даралт зөрөөтэй явж байгаагаас шалтгаалан шаардалт үүсэж байна.

Завсрын бункертэй тоос бэлтгэлийн системийн нэг давуу тал нь зуухны ачааллаас үл хамааран тоос бэлтгэлийн системийг ачаалах боломжтой байдаг. Гэтэл ЭДЦС-д энэ боломжийг ашиглахгүй байгаа нь ажиглагдсан бөгөөд ТБС-д өгч буй агаарын хэмжээг бага зэрэг өсгөн тээрмийн салхилуурын рециркуляцийн хэмжээг бага зэрэг нэмэгдүүлэх үед бункерт тоос ахих хэмжээ цагт 1.5 м орчим хэмжээгээр нэмэгдэж байлаа.

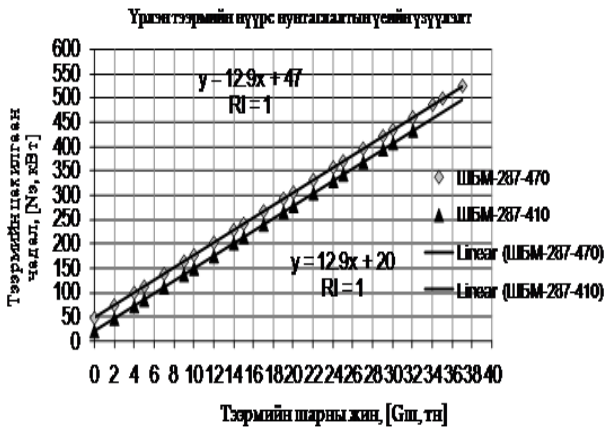


График 1. Үрлэн тээрмийн цахилгаан чадал, тээрмийн шарны харьцаа

3-р зуухны тээрэм дунджаар $N_{шбм} = 286.4$ кВт·ц ачаалагдаж байх үед тээрмийн шарны жинг тооцвол $G_{ш} \approx 21 \div 22$ т байна. Энэ нь ШБМ-287/410 тээрмийн шарны дүүргэлт бүрэн биш байгааг харуулах ба шар дүүргэлтийн хэмжээ нь $70 \div 73\%$ болж байна. Тээрмийн шар дүүргэлтийн хэмжээ нормт утганд хүрэхгүй байгаагаас шалтгаалан тээрмийн нунтаглалтын бүтээмж боломжит хэмжээнд

хүрэхгүй байгаагийн дээр бункер дэх тоос ахилтын хэмжээ бага байна.

1 т нүүрсийг нунтаглахад зарцуулах цахилгаан эрчим хүчний хувийн зарцуулалт дунджаар $\mathcal{E}_p = 22.39$ кВт·ц/т.т байх үед тээрэмд дүүргэсэн шарны жинг тооцвол ойролцоогоор $G_{ш} = 34$ тн гарч байна. Энэ нь тээрэмд нунтаглалтад оролцохгүй хэт бутарсан, жижгэрсэн шар их байж болзошгүйг харуулж байгаа юм.

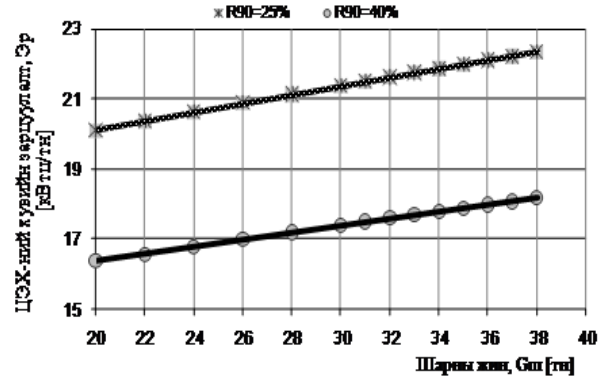


График 2. ШБМ-287/410 тээрэмд 1 тонн нүүрсийг нунтаглахад зарцуулах цахилгаан энерги, шарны жингийн хоорондын хамаарал

3-р зууханд 1 тн тоосны нунтаглалт болон тэвэрлэлтэд зарцуулах цахилгаан эрчим хүчний хэмжээ дунджаар $\mathcal{E}_{пп} = 33.11$ кВт·ц/т.т байгаа нь энэ төрлийн тээрэмтэй ТБС-д байх ёстой нормт үзүүлэлт болох $\mathcal{E}_{пп} = 28 \div 30$ кВт·ц/т.т-ээс өндөр байна.

Туршилтын явцад ШБМ-287/410 тээрмийн бүтээмж $V_m = 17.52 \div 21.7$ т/ц байх боломжтой боловч зууханд түлж буй түлшний зарцуулалтаар тээрмийн нунтаглалтын бүтээмжийг гаргавал $V_m = 12.22 \div 13.34$ т/ц болж байна. Энэ нь тээрмийн нунтаглалтын бүтээмжийг боломжит хэмжээнд ашиглаж чадахгүй байгааг илтгэж байгаа бөгөөд үүгээрээ давхар тээрмийн салхилуурын цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг мөн өсгөж байна [5].

Зуухны бохир АҮК дунджаар 93.44 % байна. Үүнд илүүдэл агаарын хэмжээ, хүйтэн агаарын температур болон зуухнаас гарах утааны хийн температур зэрэг параметрууд хамгийн хүчтэй нөлөөлж байна. 1 тонн уур боловсруулахад зуухны үлээлт соролтод зарцуулах цахилгаан эрчим хүчний хувийн зарцуулалт дунджаар 2.36 кВт·ц/т.у, 1 тонн тоос бэлтгэхэд зарцуулах цахилгаан эрчим хүчний хувийн зарцуулалт дунджаар 33.11 кВт·ц/т.т байгаа нь зуухны тоос бэлтгэх систем болоод утаа сорогчийн цахилгаан эрчим хүчний хувийн зарцуулалт их байгааг харуулж байна.

ДҮГНЭЛТ

Завсрын бункертэй тоос бэлтгэлийн системийн хий соролтын хэмжээ нормт хэмжээнээс даруй

1.97÷2.21 дахин их байгаа нь тоос бэлтгэлийн системийн битүүмжлэл муу байгаатай холбоотой бөгөөд цаашид энэ үзүүлэлтийг сайжруулахын тулд ПСУ, тээрмийн орох, гарах хоолой, тоос бэлтгэлийн системийн шугам хоолойн битүүмжлэлийг сайжруулах шаардлагатайг харуулж байна. Мөн түүнчлэн ШБМ-287/410 тээрмийн эрчим хүчний хувийн зарцуулалт нормт үзүүлэлтээс 1,24 дахин их гарч байгаа нь нь тээрмийн шар дүүргэлтийн хэмжээ нормт хэмжээнээс бага ($G_{ш} \approx 22$ тн), мөн тоос бэлтгэлийн системийн хий соролтын хэмжээ өндөр байгаагаас шалтгаалан өссөн байна. Тоосны чийглэгийн хэмжээ дунджаар 3.03% байна. Тоосны чийглэгийн хэмжээ бага байгаа нь сайн боловч Шарын голын нүүрсний аналитик чийгийн хэмжээнээс бага гарч байна. Тоосны чийгийн хэмжээ ямар ч тохиолдолд аналитик хэмжээнээс бага гарах ёсгүй байдаг ба энэ нь хэмжилт хийж буй багаж төхөөрөмжийг дахин шалгах хэрэгтэйг харуулж байна. Анхдагч, хоёрдогч агаарын харьцаа 1:3 харьцаатай байх ёстой. Гэтэл тус станцад эсрэгээр байгаа нь галын хотлын шаталтын процессыг удирдахад хүндрэл учруулж байна. Иймд агаарын харьцааг зуухны галын хотолд шааргадахгүй нөхцөлийг үндэслэн дахин тодорхойлж, горимын картанд тусган ажиллах шаардлагатай. Дээр дурдсан шаардлагатай арга хэмжээг авснаар Эрдэнэт хотын ДЦС-ын БКЗ-75-39 ФБ маягийн зуухны техник эдийн үзүүлэлтийг дээшлүүлэх боломжтой нь харагдаж байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <http://www.erdpp.energy.mn/>.
- [2] Д. Мандал, “Уурын генератор”. Улаанбаатар, 2012 он..
- [3] П.Даваасүрэн, Д.Мандал, “Дулааны цахилгааны станцын түлш, тоос бэлтгэл”. Улаанбаатар, 2004 он.
- [4] Курбанов К.К., Анискин В.И., Голубкович А.В., “Способ сжигания твердого топлива”. Бюл. 2004. – № 26
- [5] К.Ф. Роддатис, “Котельные установки”. Москва, 1977 он.

ЗУУХНЫ АВТОМАТ ТОХИРУУЛГЫН СИСТЕМД ОЛОН ХУВЬСАГЧТАЙ ПИД КОНТРОЛЛЕР АШИГЛАХ ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

Бадамаа Батзориг, Дамиран Үлэмж

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар
batzorigb@must.edu.mn, ulemjd@must.edu.mn

Хураангуй

Зууханд явагдаж буй процесс нь оролтын үйлчилгээ хязгаарлагдмал олон параметртэй харилцан үйлчлэл сайтай, хэмжигдэхүүн бүхий шугаман бус систем юм. Энэхүү өгүүлэлд угтсан нөхвөрлөх төхөөрөмжтэй олон параметртэй ПИД регулятор уян хатан тохируулгын аргачлалыг хавсарган жишиг зуухны загварт дурын тохируулгын системд ашиглан загварчлах асуудлыг дэвшүүлсэн. Энд дурдагдах жишиг (benchmark) зуухны загварт дурын тохируулгын хуулиуд ашиглан загварчлал хийх боломжтой. H_∞ аргачлалыг хамгийн оновчтой регулятор боловсруулахын тулд ашиглах бөгөөд өндөр эрэмбийн тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэх регулятор аппроксимаци хийсний үр дүнд олон параметрт ПИД регуляторыг гарган авсан. Улмаар регуляторын оролтын үйлчилгээний хязгаарлагдмал байдлаас шалтгаалан шаардлагатай нөхцөл бий болгохын тулд өдөөлтийн эсрэг төхөөрөмж ашигласан. Загварчлалын туршилтаудад санал болгож буй загвар нь сайн үр дүн, гүйцэтгэлд хүрч болохыг харуулж байна.

Түлхүүр үг: Олон параметртэй удирдлага, H_∞ удирдлага, ПИД, Зуух

I. ОРШИЛ

Зуух нь цахилгаан станц болгонд байх ёстой объект юм. Зуухны автомат тохируулгын систем нь харилцан бие биедээ нөлөөлдөг, үйл ажиллагааны нөхцөл байдал өргөн хүрээнд явагддаг оролтын үйлчлэл хязгаарлагдмал олон параметрүүдээс бүрдсэн процесс юм [1]. Тохируулгын гүйцэтгэлийг сайжруулахын тулд ихэвчлэн олон параметртэй удирдлагын системийн арга барил шаардлагатай болдог.

Сүүлийн жилүүдэд хуваарьт буюу програмт удирдлага, уян хатан, урьдчилан таамаглах, ухаалаг болон шугаман бус удирдлага гэх мэт төрөл бүрийн тохируулгын аргуудыг зуухны автомат тохируулгын системд ашиглаж байна [2]. Эдгээр орчин үеийн тохируулгын арга барилуудыг сүүлийн жилүүдэд илүүтэй хөгжүүлж байгааг үл харгалзан үйлдвэрлэлийн салбарт ПИД (Пропорциональ, Интеграл, Дифференциал) регуляторыг одоо болтол ашигласаар байна. Учир нь орчин үеийн тохируулгын техник арга барилууд нь ажлын явцад дахин хөглөлт хийхэд хүндрэлтэй бөгөөд өндөр эрэмбийн тэгшитгэлээр илэрхийлэгдсэнд байгаа юм. Тохируулгын ПИД регулятор нь өргөн хэрэглэгддэг, ашиглахад болон ажлын явцад дахин хөглөлт хийхэд харьцангуй хялбар байдаг.

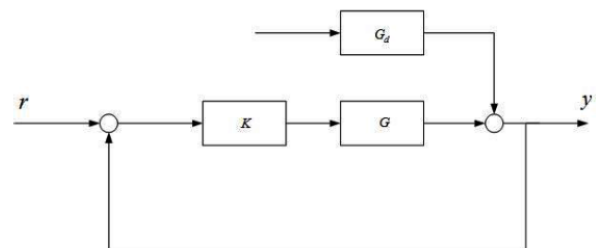
Олон төрлийн хөглөлтийн аргуудтай ПИД регуляторын талаар өгүүлүүд хэвлэгдсэн байдаг. Энэхүү өгүүлэлд ОУАУХолбооны “Дэвшилтэт ПИД регулятор” хуралд хэлэлцүүлэгдсэн жишиг зуухны загварт угтсан нөхвөрлөх төхөөрөмжтэй олон параметртэй ПИД регуляторыг ашиглах асуудлыг тодотгон харуулсан [3-4]. Авч үзэж буй жишиг зуухны загварт ачааллын өөрчлөлт практикт тулгарч болох хүчин зүйлтэй ижил гэж үзэх бөгөөд энэ тохиолдолд уян хатан тохируулгын загварыг гарган авсан.

Энэхүү өгүүлэл нь дараах зохион байгуулалттай: Эхлээд H_∞ удирдлагыг товч танилцуулсан. Мөн ПИД

регулятортай өндөр эрэмбийн тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэх state-space регуляторыг танилцуулсан. Энэхүү хоёр аргачлалыг хослуулснаар олон хувьсагчтай процесст тохирох олон параметрт ПИД регуляторыг гарган авсан. 3-р хэсэгт тохируулгын объектын талаар авч үзсэн бөгөөд мөн нэмэлт тоноглогдсон төхөөрөмжүүдийн талаар дурдсан болно. 4-р хэсэгт жишиг болон санал болгож буй загварчлалын харьцуулалт, үр дүнд үнэлгээ өгсөн. Эцсийн 5-р бүлэгт хураангуйлсан дүгнэлт тусгасан болно.

V. ОЛОН ХУВЬСАГЧТАЙ ПИД ЗАГВАР

Олон параметрт ПИД загварыг өгүүлэл [5]-д дурдагдсанаар авч үзсэн болно. Энэхүү аргачлал нь ачааллаас үүдэх хазайлтыг тогтворжуулах явдал юм. Авч үзэж буй аргачлалд тохирох тохируулгын бүтцийн схемийг зураг 1-д үзүүлэв.



Зураг 1. Дөрвөн регулятор бүхий 2x2 энгийн төвлөрсөн удирдлага

“Оновчтой” уян хатан ПИД регуляторыг $\mu \sigma(k_i)$ оновчлолын асуудал шийдвэрлэх замаар боловсруулсан:

$$r = \mu_{\Delta} \left(\begin{bmatrix} I \\ K \end{bmatrix} (I + GK)^{-1} [I \quad G] \right) < r_m, \quad (1)$$

Энд k_i нь олон параметрт ПИД регуляторын интеграль коэффициент r_m нь уян хатан

тогтворжилтийн нөхцөл бөгөөд дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ.

$$\Delta = \begin{bmatrix} \Delta_1 & 0 \\ 0 & \Delta_2 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

Энд Δ_1 болон Δ_2 нь объектод тохирч болох тодорхой бус блокуудыг илэрхийлсэн. Энэхүү аргачлал нь нэг хүрээт процессийн хувьд нэгтгэн дүгнэгдэж [6-7] танилцуулагдсан. Дээр дурьдагдсан уян хатан ПИД регуляторын загвар гүдгэр бус функцын баайдлаар илэрхийлэгдэх учир уламжлалт арга барил шийдвэрлэж чадахгүй юм. Гэхдээ H_∞ аппроксимаци дэд-оновчлолын асуудлыг шийдэх боломжтой.

A. H_∞ аппроксимаци

Өгөгдсөн G объект, H_∞ загварт аппроксимаци хийхэд дараах 3 алхамаас бүрдэнэ.

1) *Хүрээний хэлбэр.*

G -ийн ганц утгыг хэлбэржүүлэхийн тулд, компенсаторын өмнөх W_1 ба/эсвэл компенсаторын дараах W_2 -ийг ашиглан $\tilde{G} = W_2 G W_1$ хэлбэртэй үйлдвэрийг хүссэн нээлттэй удирдлагын хэлбэрт оруулна. W_1 болон W_2 нь өгүүлэл [9] дурьдагдсан. Регуляторын төлөв байдлын чухал хэлбэр нөхвөрийн W_1 болон W_2 функцүүдээс хамаарна.

2) *Уян хатан тогтворжуулалт.*

Загварт оруулсан \tilde{G} объектоос дараах H_∞ оновчлолын асуудлыг шийдэж болно.

$$\varepsilon_{max}^{-1} = \inf_{\tilde{K}} \left\| \begin{bmatrix} I \\ \tilde{K} \end{bmatrix} (I + \tilde{G}\tilde{K})^{-1} \tilde{M}^{-1} \right\|_\infty \quad (3)$$

Энд $\tilde{M}^{-1} \tilde{N}$ нь загварт оруулсан \tilde{G} объектийн илэрхийллийн зүүн талыг үржүүлэгч болгон хуваасан (задалсан) стандарт норм.

(3) *Эцсийн байдлаар гэдэрэг холболтын регуляторыг $K = W_1 \tilde{K} W_2$ байдлаар гарган авсан.*

Илэрхийлэл (1) байгаа дэд оновчлолын нэг гэдгийг (2) олж болно [10]. Дараа нь $[\tilde{M} \ \tilde{N}]$ хэмжигдэхүүн гэвэл

$$\left\| \begin{bmatrix} I \\ \tilde{K} \end{bmatrix} (I + \tilde{G}\tilde{K})^{-1} \tilde{M}^{-1} \right\|_\infty = \left\| \begin{bmatrix} I \\ \tilde{K} \end{bmatrix} \tilde{M}^{-1} [\tilde{M} \ \tilde{N}] \right\|_\infty = \left\| \begin{bmatrix} I \\ \tilde{K} \end{bmatrix} (I + \tilde{G}\tilde{K})^{-1} [I \ \tilde{G}] \right\|_\infty = \left\| \begin{bmatrix} W_2 & 0 \\ 0 & W_1^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ \tilde{K} \end{bmatrix} (I + GK)^{-1} [I \ \tilde{G}] \begin{bmatrix} W_2^{-1} & 0 \\ 0 & W_1 \end{bmatrix} \right\|_\infty \quad (4)$$

Хэрэв W_1 болон W_2 нь Δ_1 болон Δ_2 гэсэн тодорхойгүй байдалд шилжиж байвал, тус тусдаа, тэгвэл энэ нь бүтцийн нэг утгын дээд хязгаар болно. Тэгээд

$$\mu_\Delta \left(\begin{bmatrix} I \\ \tilde{K} \end{bmatrix} (I + GK)^{-1} [I \ \tilde{G}] \right) \leq \left\| \begin{bmatrix} W_2 & 0 \\ 0 & W_1^{-1} \end{bmatrix} (I + \tilde{G}\tilde{K})^{-1} \tilde{M}^{-1} \right\|_\infty, \quad (5)$$

K_i дээрх гүйцэтгэлийг компенсаторын сонголтоор мөн тусгаж болно. Интеграл үйлдэлийг ихэвчлэн компенсаторын өмнөх W_1 болон (3)-ээс тооцоолсон H_∞ контроллер нь ямар интегратор агуулаагүй тул эцсийн контроллерийн интеграл үйлдэл нь W_1 интеграл үйлдлээр нөлөөлнө. Тиймээс (1) асуудлын хувьд нэмэлт арга бол эхлээд W_1 -ийн интеграл үйлдлийг тодорхойлж, дараа нь уян хатан шаардлагыг хангах контроллерийн олно.

Б. ПИД бүтцийн хэрэглээ

H_∞ хүрээ хэлбэрийн аппроксимациар боловсруулсан эцсийн контроллерийн даалгавар

өндөр байж болох тул практикт хэрэгжүүлэхийн тулд контроллерийн бууруулах аргыг хэрэглэх шаардлагатай. ПИД төрөл нь операторуудад танил, хэрэглэхэд хялбар, салхины эсрэг хэрэглэхэд харьцангуй хялбар тул хамгийн тохиромжтой бүтэц юм.

Дараах байдлаар төлөвийн орон зайн хэрэгжилтээр өгөгдсөн $K(s)$ контроллерийг одоо авч үзье:

$$\begin{cases} \dot{x} = A_k x + B_k y, & A_k \in R^{n \times n}, B_k \in R^{n \times p} \\ u = C_k x + D_k y, & C_k \in R^{q \times n}, D_k \in R^{q \times p} \end{cases} \quad (6)$$

A_k матрицын зэргийг r гэж үзье. H_∞ аппроксимаци, аппроксимацийн хувьд W_1 -ийг контроллерт оруулснаас хойш A_k нь үргэлж хамгийн багадаа нэг хувийн утгатай байх ба дараа нь $r < n$. Энэ тэг хувийн утгын хувьд $n - r$ шугаман бие даасан хувийн векторууд байгаа гэж таамаглаж байна. Дараа нь ижил төстэй T өөрчлөлтийг олно.

$$T A_k T^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

Энд $A_2 \in R^{r \times r}$ нь ганц биш. Энэ хувиргалтыг A_k -ийн хувийн утгын задралыг ашиглан тооцоолж болно. T -тэй, шинэ орон зайн ойлголтыг доорхоор өгсөн:

$$\begin{cases} \dot{\bar{x}} = \bar{A}_k \bar{x} + \bar{B}_k y, \\ u = \bar{C}_k \bar{x} + \bar{D}_k y \end{cases} \quad (8)$$

$$\bar{A}_k = T A_k T^{-1}, \bar{D}_k = D_k \text{ ба } \bar{C}_k = C_k T^{-1}, \bar{B}_k = T B_k = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}$$

Пропорциональ-интеграл-дифференциал (ПИД) аппроксимацийн томьёо

$$K_{PID}(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (9)$$

s хувьсагчтай холбоотойгоор контроллерийн Маклаурин өргөгтөлийг таслах замаар одоо олж авч болно:

$$K(s) = C_k (sI - A_k)^{-1} B_k + D_k = \bar{c}_k (sI - \bar{A}_k)^{-1} \bar{B}_k + \bar{D}_k = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} sI & 0 \\ 0 & sI - A_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} + D_k = \frac{C_1 B_1}{s} + (D_k - C_2 A_2^{-1} B_2) - C_2 A_2^{-2} B_2 s + \dots \quad (10)$$

Тэгэхээр бидэнд

$$K_p = D_k - C_2 A_2^{-1} B_2, K_i = C_1 B_1, K_d = -C_2 A_2^{-2} B_2. \quad (11)$$

Бага давтамжтай үед дээр дурдсан бууруулах процедурт суурилсан ПИД контроллер нь аппроксимацийг сайн ойртуулдаг. Энэхүү бууруулах аргын талаарх дэлгэрэнгүй мэдээллийг [5]-аас олж болно. Хоёр процедурыг нэгтгэснээр олон хувьсагчтай ПИД контроллерийг олон хувьсагчтай процессуудад зориулж зохиож болно.

VI. БЕНЧМАРК ЗУУХНЫ ЗАГВАР

A. Зуухны модел

Олон хувьсагчтай ПИД контроллерийг турших зорилгоор IFAC-ын бага хурал дээр жишиг зуухыг санал болгосон. Зуухны систем нь хоёр хувьсах хэмжигдэхүүнтэй (уурын даралт ба усны түвшин) олон хувьсах систем бөгөөд үүнийг хоёр өөр өөр хувьсагчаар (түлшний урсгал ба усны урсгал) удирддаг. Нэмж дурдахад, хэмжигдэхүйц эвдрэлийн хувьсагч (ачааллын түвшин) болон чанарын гүйцэтгэлийн хувьсагч болгон ашигладаг шууд бус хяналттай хувьсагч (хүчилтөрөгчийн түвшин)

байдаг. Эдгээр бүх хувьсагчийг хувиар илэрхийлнэ. Оролтын хувьсагчид [0-100] %-ийн мужид хамаарах ба түлшний урсгал нь $\pm 1\%$ -ийн эргэлтийн хурдны хязгаартай байна. Бойлерийн загварын талаарх дэлгэрэнгүй мэдээллийг www.dia.uned.es/~fmorilla/benchmarkPID2012/ вэбсайтаас авах боломжтой.

Энэ ажилд санал болгож буй моделийг хэрэгжүүлэхийн тулд үйлдвэрийн шугаман загвараас эхлэх шаардлагатай. MATLAB таних хэрэгслийн хайрцгийг ашиглан бойлерийн системийн хэвийн үйл ажиллагааны цэгийн шугаман загварыг [11] авсан: түлшний зарцуулалт $\cong 35.21\%$, усны зарцуулалт $\cong 57.57\%$, ачааллын түвшин $\cong 46.36\%$, уурын даралт $\cong 60\%$, хүчилтөрөгч түвшин $\cong 50\%$, усны түвшин $\cong 50\%$. Тасралтгүй моделийг тохируулагдсан хувьсагчдыг өөрчилсөн хувьсагчидтай холбосон дамжуулалтын матриц (12) өгсөн бөгөөд загварт үүнийг тооцохгүй тул хүчилтөрөгчийн түвшинг харуулаагүй болно.

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{0.308}{28.96s+1} & \frac{0.159}{183.7s+1} \\ \frac{-0.0055872(-166.9s+1)}{s(26.38s+1)} & \frac{0.010645}{s} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Дараах хэсэгт $G(s)$ -ийг бенчмарк зууханд олон хувьсагчтай загвар болгон ашиглана.

Б. ПИД контроллерийн загвар

Сонгогдсон зуухны хувьд $W_2 = I$ -ийг сонгож $W_1 = W_a W_i$ -ийг тохируулна. Энд, W_a нь статик задлагчийн үүрэг гүйцэтгэх бөгөөд үүний талаарх мэдээллийг [12]-оос олж болно. Алгоритм нь нарийн төвөгтэй матрицийг аппроксимаци хийж “inverts” бодит матрицийг олохоос бүрдэнэ. Хэдийгээр уг станц нь гарал үүслийн хувьд туйлтай боловч тодорхой давтамж дахь давтамжийн хариу матрицын ойролцоо урвуу утгыг тооцоолж болно. Энд $\omega = 10^{-3}$ рад/с гэж сонгогдсон. W_i нь нээлттэй системийн хэлбэрийг тодорхойлдог диагональ ПИ компенсатор байсан. Эцэст нь дараах компенсаторын өмнөх хэсэг сонгогдсон.

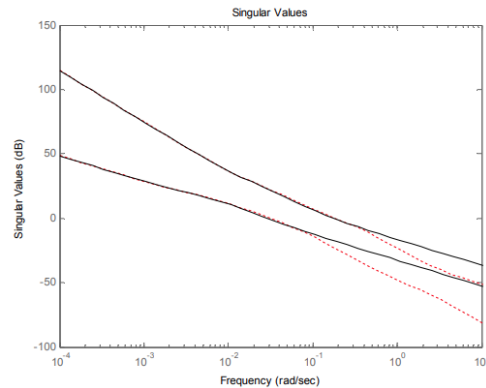
$$W_1 = \begin{bmatrix} 0.1870 & 0.0631 \\ 0.0964 & 0.1267 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{6s+4}{s} & 0 \\ 0 & \frac{6s+4}{s} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Энэхүү компенсаторын өмнөх хэсгийн тусламжтайгаар загварын заагч хамгийн их ϵ нь 0.4131-тэй тэнцүү ба 7-р эрэмбийн контроллер $K(s)$ -г олно.

Өмнөх $K(s)$ контроллерийг хялбарчлахын тулд бид үүнийг дараах ПИ контроллер болгон багасгасан:

$$K(s) = \begin{bmatrix} \frac{0.9627s+0.1434}{s} & \frac{2.834s+0.3424}{s} \\ \frac{-7.022s-0.05326}{s} & \frac{4.445s+0.2954}{s} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Зураг 2-т H_∞ контроллер $K(s)$ болон түүний ПИ ойролцоох $K_{PI}(s)$ ийн аль альнийх нь нээлттэй системийн дамжуулагч матрицын нэгж утгуудыг харьцуулсан. Хоёр контроллер хоёулаа станцын өргөн хүрээнд ижил төстэй шинж чанартай байдаг нь тодорхой байна.



Зураг 2. Нээлттэй системийн матрицын ганц утгууд. (Хар: H_∞ контроллер. Цэгтэй: $K_{PI}(s)$)

В. Практик анхаарах зүйлс

1) Хэмжигдсэн сигналуудыг шүүх

Процессын гаралт дээрх чимээ шуугианаас болж тохируулах сигналуудын дараа гарч болзошгүй дуу чимээг багасгахын тулд тохируулагдсан хувьсагчдыг шүүхдээ нэгдүгээр зэрэглэлийн шүүлтүүр ашигласан. Бенчмарк зуухны хувьд шүүлтүүрийг дараах байдлаар сонгосон:

$$G_{f1}(s) = \frac{1}{1.119s+1} \quad (15)$$

$$G_{f2}(s) = \frac{1}{2.508s+1}$$

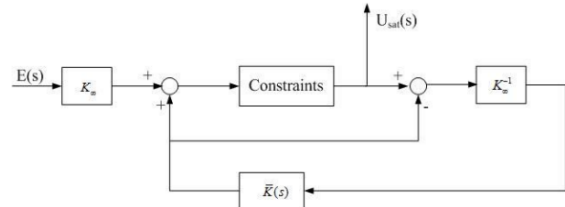
2) Салхины эсрэг арга

Зуухны систем нь контроллерийн оролтын сигналуудад хатуу хязгаарлалттай байдаг [3], тиймээс контроллер нь салхины нөлөөллөөс хамгаалах зарим механизмээр тоноглогдсон байх ёстой. Үгүй бол оролтын сигналын хязгаарлалт хэтэрсэн тохиолдолд гүйцэтгэл муудаж болзошгүй. Энд, [13]-д тайлбарласан олон хувьсагчтай салхинаас хамгаалах аргыг ашигласан. Энэ аргыг ашиглахын тулд контроллерийн элементүүд нь зөв байх ёстой, өөрөөр хэлбэл туйлын тоо нь тэгтэй тэнцүү байна. (14)-ийн ПИД бүтцийн хувьд энэ нөхцөл хүрэлцээтэй биелнэ.

Салхины эсрэг схемийг зураг 3-т үзүүлсэн бөгөөд K_∞ нь өндөр давтамжийн матриц ба $\bar{K}(s)$ нь дараах тэгшитгэлийг хангадаг дамжуулах матриц юм.

$$K(s) = K_\infty^{-1} + \bar{K}(s). \quad (16)$$

Үүнээс гадна “Constraints” блок нь контроллерийн сигнал хязгаарлах моделийг агуулсан байх ёстой.



Зураг 3. Салхины эсрэг схем

Зуухны системийн $K_{PI}(s)$ контроллерийн хувьд K_∞ ба $\bar{K}(s)$ матрицуудыг (14)-ээс хялбархан тодорхойлж болох бөгөөд элемент тус бүр нь $(K_\infty)_{ij}$ ба оновчтой дамжуулалтын функц $\bar{K}_{ij}(s)$ -ын нийлбэрээр илэрхийлэгддэг. K_∞ нь ганц тоо биш бөгөөд хэрэгжилтийг тохируулахад зайлшгүй шаардлагатай. Тиймээс 3-р зурагт үзүүлсэн

тохируулгыг хэрэгжүүлэхийн тулд 2×2 матриц K_{∞} ба түүний урвуу, мөн 2×2 интегратор $\bar{K}(s)$ матриц болон [3] дахь идэвхжүүлэгчийн хязгаарлалтын модел хэрэгтэй.

VII. ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

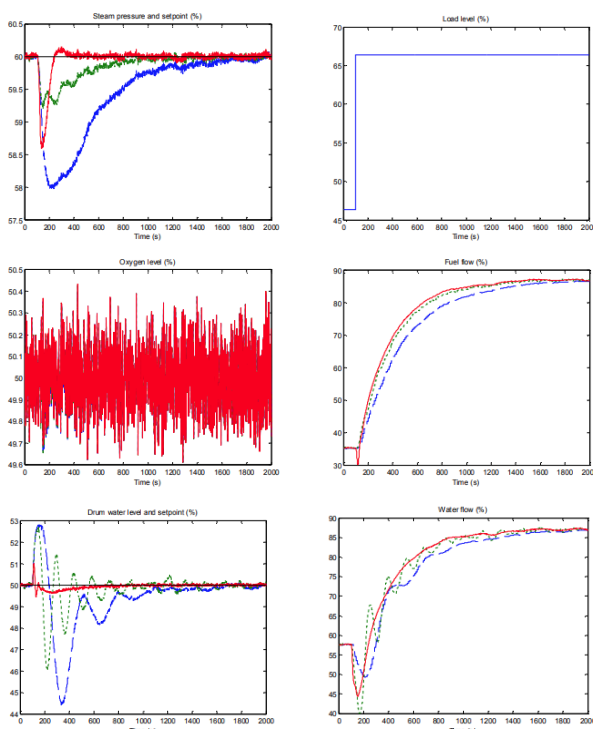
Энэ хэсэгт санал болгож буй тохируулгыг бенчмарк ПИД 2012-т гурван төрлийн туршилтаар туршиж, үр дүнг бенчмарк үзүүлэлтэд үзүүлсэн хоёр лавлах контроллеруудтай харьцуулсан болно [3]. Харьцуулахдаа бенчмаркийн ижил гүйцэтгэлийн индексүүдийг ашигладаг. Санал болгож буй тохируулгын туршилт бүрийн гүйцэтгэлийн индексийг Хүснэгт 1-д жагсаав.

Хүснэгт 1. Performance indexes for the different tests

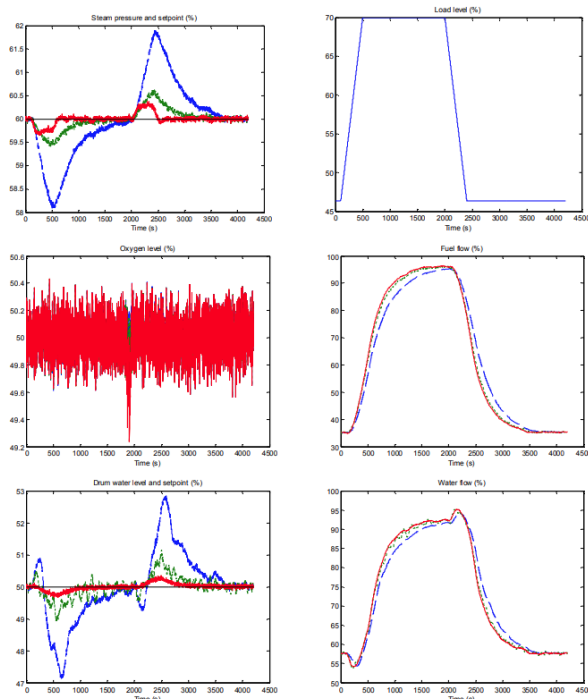
	Стандарт туршилт		Туршилтын төрөл 1		Туршилтын төрөл 2	
	Reference control 2	Proposed control	Reference control 2	Proposed control	Reference control 2	Proposed control
RIAE 1	0.2682	0.1454	0.2645	0.1219	0.521	0.4924
RIAE 2	0.9993	1.0003	0.9996	1.0303	1.154	0.9248
RIAE 3	0.4954	0.099	0.3142	0.1029	1.1298	0.0497
RITA E1	-	-	-	-	0.3696	0.3018
RITA E3	-	-	-	-	-	-
RIAV U1	1.6138	1.401	1.5218	1.1835	2.626	1.3735
RIAV U2	2.6508	1.6986	1.6868	1.5632	4.4489	1.534
JM(0.25)	0.8083	0.577	0.6801	0.5548	1.0985	0.5546

Туршилтын стандарт тохиолдолд $t = 100$ сек-д ачааллын түвшний алхам 20% өөрчлөгдсөний улмаас ажлын шинэ цэгт хүрсэн. Санал болгож буй тохируулга нь уурын даралтын хамгийн хурдан хариу үйлдэл, усны түвшний хамгийн бага хазайлтыг тус тусын тогтоосон цэгээс гаргаж байгааг Зураг 4-т үзүүлэв. Дэлхийн гүйцэтгэлийн индекс 0.5770 байгаа нь нэгдмэл байдлаас бага байна.

Туршилтын төрөл 1-ийн үед систем нь ашиглалтын цэгээс эхлэн цагийн хувилбарын ачааллын түвшинд хамаарна. Ачаалал эхлээд $t = 100$ секундэд 46.36%-иас $t = 500$ секундэд 70%-иар нэмэгдэж, $t = 2000$ секунд хүртэл тогтмол байна. Дараа нь $t = 2400$ с-ийн анхны ажлын цэгт хүрэх хүртэл налуу замаар буурч, $t = 4200$ с хүртэл хэвээр байна. Зураг 5-аас харахад санал болгож буй контроллер нь уурын даралт ба усны түвшний хамгийн бага хазайлтыг хангаж, жишиг тохируулгатай харьцуулахад хамгийн хурдан болохыг харуулж байна. Энэ тохиолдолд дэлхийн гүйцэтгэлийн индекс 0.5548 байгаа нь нэгжээс ч бага байна.



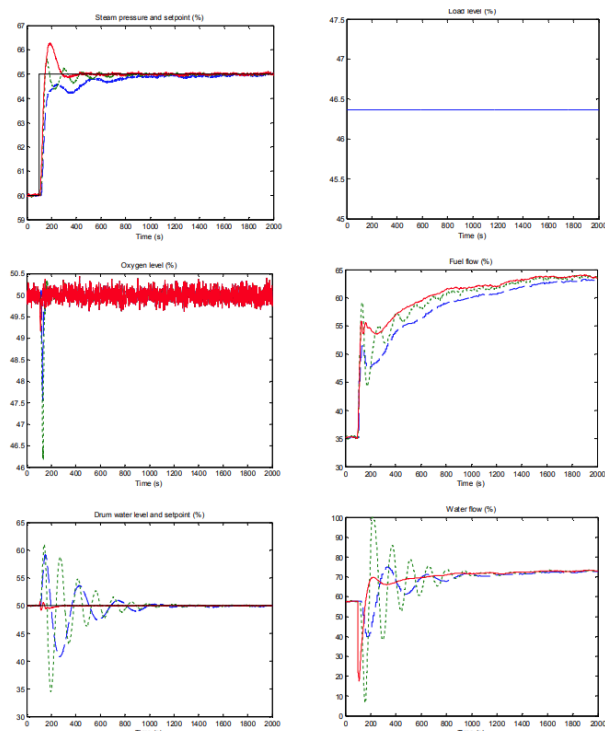
Зураг 4. Стандарт туршилт (Proposed: үргэлжилсэн; Reference control 1: масархай; Reference control 2: цэгэн)



Зураг 5. Туршилтын төрөл 1 (Proposed: үргэлжилсэн; Reference control 1: масархай; Reference control 2: цэгэн).

Өмнөх туршилтуудад ачааллын түвшний өөрчлөлтүүд гарсан бөгөөд үүнийг зууханд нөлөөлж буй цочир үйлчлэл гэж үзэж болно. Интеграл ашгийн хамгийн бага цорын ганц утгыг системийн үйлчлэлийн хэмжүүр болгон ашиглаж болно. Гурван контроллерийн хувьд санал болгож буй аргын хувьд интеграл матрицын хамгийн бага цорын ганц утга нь

[3] дахь жишиг тохируулга 1-ийн 0.0250 ба жишиг тохируулга 2-ын 0.1000-тай харьцуулахад 0.1321 байгааг харж болно. Тиймээс санал болгож буй тохируулга нь хамгийн сайн цочир үйлчлэлийг устгах үзүүлэлттэй.[14]. Эцэст нь, Зураг 6-д уурын даралтын лавлагааны 5% алхамын өөрчлөлтийг багтаасан туршилтын төрөл 2-ын загварчлалын үр дүнг харуулав. Санал болгож буй тохируулга нь жишиг тохируулга харьцуулахад уурын даралтын шинэ тогтоосон цэгт илүү хурдан хүрдэг боловч илүү их ачаалалтай байдаг. Үүнээс гадна усны түвшин нь уурын даралтын өөрчлөлтөөс бараг салдаг. Гэсэн хэдий ч бусад жишиг контроллеруудад харьцангуй илүү их харилцан үйлчлэл байдаг. Гүйцэтгэлийн индексүүдийн ихэнх нь жишиг тохиолдлынхоос бага бөгөөд дэлхийн индекс 0.5546 байна.



Зураг 6. Туршилтын төрөл 2 (Proposed: үргэлжилсэн; Reference control 1: тасархай; Reference control 2: цэгэн).

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү өгүүлэлд бенчмарк зуухны олон хувьсагчтай ПИД контроллерийг загварчлахад шууд үйлчлэх бүхий H_∞ аппроксимациар уян хатан тохируулгын аргыг ашигласан. Олон хувьсагчтай ПИД контроллер нь их эрэмбийн H_∞ аппроксимацийн үр дүнд олддог. Станцын оролтын хатуу хязгаарлалтын улмаас олон хувьсагчтай контроллер нь салхины эсрэг схемээр хэрэгждэг. Симуляцийн үр дүнгээс харахад санал болгож буй контроллер нь шугаман бус зуухны системд сайн ажилладаг. Харилцан үйлчлэл буурч, алдаа нь тэг болж, удирдлагын өргөн хүрээнд ажиллах

боломжтой. Бенчмарк зуухны жишиг контроллеруудтай харьцуулахад санал болгож буй загвар нь гүйцэтгэлийн үзүүлэлт илүү сайн болгож байна.

НОМЗҮЙ

- [1] J. Åström and R. D. Bell, Drum-boiler dynamics, *Automatica*, Vol.36, No.3, 363-378, 2000.
- [2] W. Tan, H. J. Marquez, T. Chen, and J. Liu, Analysis and control of a nonlinear boiler-turbine unit. *Journal of Process Control*, Vol.15, No.8, 883-891, 2005.
- [3] F. Morilla, Benchmark for PID control based on the boiler control problem. URL: <http://www.dia.uned.es/~fmorilla/benchmarkPID2012/BenchmarkPID2012.pdf>, 2011.
- [4] F. Morilla, The Matlab & Simulink files to approach the boiler control problem. URL: <http://www.dia.uned.es/~fmorilla/benchmarkPID2012/BenchmarkPID2012.files.pdf>, 2011.
- [5] W. Tan, T. Chen, and H. J. Marquez, Robust controller design and PID tuning for multivariable processes, *Asian J. Control*, Vol.4, No.4, 439-451, 2002.
- [6] K. J. Åström, H. Panagopolulos, and T. Hagglund, Design of PI controllers based on non-convex optimization, *Automatica*, Vol.34, No.5, 585-601, 1998.
- [7] H. Panagopolulos and K. J. Åström, PID control design and H_∞ loop shaping, *Proc. IEEE Conf. Cont. Appl. Hawaii, USA*, 103-108, 1999.
- [8] D. C. McFarlane, and K. Glover, *Robust Controller Design Using Normalized Coprime Factorization Description*, Springer-Verlag, London, 1990.
- [9] S. Skogestad and I. Postlethwaite. *Multivariable Feedback Control: Analysis and Design*. New York: Wiley, 1996.
- [10] E. J. M. Geddes, and I. Postlethwaite, An H_∞ based loop shaping method and μ -synthesis, *Proc. IEEE Conf. Decis. Contr., Brighton, England*, 533-538, 1991.
- [11] J. Garrido, F. Vázquez and F. Morilla, Multivariable PID control by inverted decoupling: Application to the benchmark PID 2012. *Proceedings of IFAC Conference on Advances in PID Control PID'2012. Brescia (Italy)*, 2012.
- [12] Y.S. Hung and D.C. McFarlane, *Multivariable Feedback: A Quasi-Calassical Approach*. Berlin, Germany: SpringerVerlag, 1982.
- [13] G.C. goodwin, S.F. Graebe, and M.E. Salgado, *Control System Design*. Prentice Hall, 2001.
- [14] K. J. Åström, and T. Hagglund, *Advanced PID control*. ISA-The Instrumentation, System, and Automation Society, 2006

МОНГОЛ БЭЛЧЭЭРИЙН ХОНИНЫ МАХНЫ ХӨЛДӨӨЛТИЙН ҮЕИЙН ДУЛААНФИЗИКИЙН ХАРЬЦУУЛСАН СУДАЛГАА

М.Оюун-Эрдэнэ

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар
oyunerdene301@gmail.com

Хураангуй

Хүнсний бүтээгдэхүүний хөргөх технологийн дулааны тооцоонд нэн шаардлагатай дулаан-физикийн параметрууд болох λ -дулаан нэвтрүүлэлт, γ -нягт, α -температур дамжуулалт, c -дулаан багтаамж нь бүтээгдэхүүний химийн найрлага, бүтэц, дулааны төлөвөөс хамаарч өөрчлөгдөж байдаг тогтмол бус хэмжигдэхүүнүүд юм. Зах зээлд, хэрэглэгчийн хэрэгцээ, шаардлагаар ургамлын болон амьтны гаралтай хөргөж, хөлдөөсөн бүтээгдэхүүний тоо төрөл өсөн нэмэгдэж байгаа нь тухайн бүтээгдэхүүний боловсруулалт, үйлдвэрлэлийн технологи өөрчлөгдөх шалтгаан болдог. Дулаанфизикийн параметрийг оновчтой тодорхойлох нь инженерийн тооцоог нарийвчлах, технологийн процессын үргэлжлэх хугацааг оновчлох, улмаар үүнтэй уялдсан цахилгааны зардал болон бүтээгдэхүүний өөрийн өртгийг бууруулахад чухал ач холбогдолтой.

Бүтээгдэхүүний найрлага дахь шингэн бодис хөлдөж мөс болж хувирах үеэс тухайн бүтээгдэхүүнд явагдах биологи, биохими, микробиологийн процесс удааширч бүтээгдэхүүн дэх нийт чийгийн 85,0% нь мөс болж хувирахад эдгээр процесс үндсэндээ зогсонги байдалд ордог. Хүнсний бүтээгдэхүүн хөлдөж эхэлснээр тэдгээрийн гистологийн бүтэц, дулаанфизикийн шинж, үзүүлэлт, ферментийн систем нь өөрчлөгдөж эхэлдэг. Эдгээр өөрчлөлтийг бүтээгдэхүүний амт, тэжээллэг чанарт сөрөг нөлөө аль болохоор үзүүлэхгүй байхаар зохицуулж тохируулах нь хүнсний зүйлийг хөлдөөх технологийн гол зорилго болдог[2].

Түлхүүр үг: дулаан нэвтрүүлэлт, дулаан багтаамж, температур дамжуулалт, жигд горим, криоскопийн температур

I. УДИРТГАЛ

Дэлхийн хэрэглээний зах зээлд мах болон махны үйлдвэрийн салбар нь тасралтгүй өсөн нэмэгдэж бүтээгдэхүүнийг хөлдөөх, хадгалах технологи улам боловсронгуй болж чанар сайтай бүтээгдэхүүнийг нийлүүлэх зайлшгүй шаардлага гарч байна. Манай улсын хувьд сүүлийн 10 жилийн дунджаар жилд 8-10 сая толгой малыг хүнсэнд хэрэглэж, мөн тодорхой хэмжээний махыг экспортоор гадагш нь гаргаж байна. Монгол хонины махыг удаан хугацаанд хөлдөөж, хадгалах орчин цагийн хүйтэн боловсруулалтын технологийг хэрэглэхэд бүтээгдэхүүний дулаан физикийн үндсэн үзүүлэлт болох (дулаан багтаамж (c), дулаан нэвтрүүлэлтийн коэффициент (λ), температур дамжуулалтын коэффициент (α))-ыг зайлшгүй судалж тодорхойлсон байх шаардлагатай. Өнөөдрийн байдлаар бэлчээрийн Монгол малын махыг хөлдөөж, хадгалах хүйтэн боловсруулалтын үеийн дулаан физикийн үндсэн үзүүлэлт дулаан багтаамж, дулаан нэвтрүүлэлтийн коэффициент, температур дамжуулалтын коэффициент зэрэг утгууд судлагдаагүй юм.

II. ЖИГД ГОРИМЫН АРГААР ДУЛААНФИЗИКИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ

Бүтээгдэхүүний дулаанфизикийн болон хүйтний боловсруулалтын үеийн дулааны тооцоонд гол төлөв тооцоот параметрийг ашигладаг. Гэвч туршилтаар тодорхойлсон параметр, түүний өөрчлөлтийн зүй тогтлыг тогтоож, ашиглах нь тухайн технологийн горимыг оновчлох гол үндэслэл болдог. Энэ

шаардлага хөлдөөх технологийн үед илүүтэй тавигдана.

Бүтээгдэхүүний дулаанфизикийн параметрийг туршилтаар тодорхойлох олон арга байх боловч жигд горимын аргыг өргөн хэрэглэдэг. Ялангуяа махны хүйтний боловсруулалтын үед энэ аргыг хэрэглэх нь хамгийн тохиромжтой бөгөөд гол шаардлага нь орчны температур, бүтээгдэхүүний гадаргуугаас өгөх дулаан өгөлтийн коэффициентын тогтмол утгыг хангах явдал маш чухал [5].

Эмпирик тэгшитгэл гол төлөв шинж чанарын үнэлгээнд / материалын дулааны шинж, мөсний хувь, дулаан дамжуулалтын коэффициент гэх мэт/ ашиглагддаг бол дулааны диффузийн тэгшитгэл нь бүтээгдэхүүний доторх температурын өөрчлөлтийг тодорхойлох боломжтой. Тиймээс, энэ судалгаанд EHTD (Equivalent Heat Transfer Dimensionality) – буюу дараах дискрет тэгшитгэлийг ашиглах нь тохиромжтой байна [].

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[k \frac{\partial T}{\partial x} \right] E_f \quad (1)$$

t - хугацаа, с

x - координат

ρ - нягт, кг/м³

λ - дулаан нэвтрүүлэлт, Вт/мК

c_p - хувийн дулаан багтаамж, кДж/кгК

E_f - хэлбэрийн коэффициент.

$$\frac{\partial T(i)}{\partial t} = \frac{\lambda(i) [T(i-1) - 2T(i) + T(i+1)]}{\rho(i)c_p(i)(\Delta x)^2} E_f \quad (2)$$

Анхны ба хязгаарын нөхцөл,

$$\begin{aligned} T = T_0 & \quad -L \leq x \leq +L & \quad t = 0 \\ -\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} = 0 & \quad x = 0 & \quad t \geq 0 \\ -\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} = h(T - T_a) & \quad x = L & \quad t \geq 0 \end{aligned}$$

L -бүтээгдэхүүний гадаргуу болон төв цэгийн хоорондын зай

T_a -хөргөх орчны температур

h -конвектив дулаан дамжуулалтын коэффициент.

Энэ тэгшитгэлийг цаашдаа эрчим хүчний зарцуулалтыг тооцох, эдийн засгийн үнэлгээ хийхэд ашиглахад тохиромжтой [12].

Олон бүрэлдэхүүнт хүнсний бүтээгдэхүүний дулаан физикийн шинж химийн найрлага, температураас ихээхэн хамааралтай байдаг тул туршилтын тодорхойлох параметруудийн өгөгдлийг цуглуулах их хүндрэлтэй. Ус,уураг, өөх тос, нүүрс ус, үнс, ислэг агуулсан хүнсний бүтээгдэхүүний дулаан физикийн дурын хэмжигдэхүүн болон мөсний фракцын хэмжээнээс хамаарч хөлдөлтийн үргэлжлэх хугацаа хэрхэн өөрчлөгдөх, эрчим хүчний зарцуулалтыг оновчлоход дараах Математик загварыг гаргав.

$$x_{ice} = (x_{wo} - x_b) \left(1 - \frac{T_f}{T}\right) \quad (3)$$

$$T_f = -4.66 \left(\frac{x_f}{x_w}\right) - 46.4 \left(\frac{x_a}{x_w}\right) \quad (4)$$

$$x_b = 0.45x_p + 0.3x_f \quad (5)$$

$$c_p = (T \leq T_f) = \sum_{i=1}^{N_{comp}} x_i c_{pi} + \left(\lambda_{f0} + \int_{T_0}^T (c_{pw} - c_{pice}) dT \right) (x_w - x_b) \frac{-T_f}{T^2} \quad (6)$$

III. АРГАЗҮЙ

Температурын бууралтаас хамааран маханд үүсэх мөсөн талстын хэмжээг:

$$M_{ice} = \frac{x_s R T_0^2 (t_f - t)}{M_s L_0 t_f t} \quad (7)$$

x_s - Хатуу хэсгийн массын хувь

M_s -хатуу биеийн харьцангуй молекуляр масс, кг/кмол

R -хийн универсал тогтмол= 8.314 кДж/(кг мол·К)

T_0 -усны хөлдөх температур= 273.2 К

L_0 -мөсний хайлалтын нуугдмал дулаан= 333.6 кДж/кг

t_f -криоскопийн температур, °С

t -бүтээгдэхүүний температур, °С

Хатуу хэсгийн харьцангуй молекуляр массыг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$M_s = \frac{x_s R T_0^2}{-(x_{wo} - x_b) L_0 t_f} \quad (8)$$

Энд: x_{wo} - бүтээгдэхүүн дэх усны хэмжээ, %

x_b - бүтээгдэхүүний холбоос усны хэмжээ, %

Холбоос ус нь бүтээгдэхүүний найрлагад байх давс бусад нэгдлийг шингээсэн байдаг тул хөлддөггүй. Холбоос усны массын хувийг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$x_b = 0.4x_p \quad (9)$$

x_p - бүтээгдэхүүний уургийн массын хэмжээ, %

Дээрх томъёог ашиглан мөсөн талстын эзлэх хувийг хялбархан томъёолж болно.

$$x_{ice} = (x_{wo} - x_b) \left(1 - \frac{t_f}{t}\right) \quad (10)$$

Уураг, өөх тос, нүүр ус, ус, үнс, эрдсийн агууламжтай олон бүрэлдэхүүнт төрөл бүрийн хүнсний бүтээгдэхүүний дулаанфизикийн үзүүлэлтийг тодорхойлох Математик загварыг Чой,Окос нар (1986) боловсруулсан нь Олон улсад хүлээн зөвшөөрөгдсөн. Хөлдөөлтийн процессын үед бүтээгдэхүүнд үүсэх мөсөн талстын хэмжээг тооцох шаардлагатай байдаг. Энэ загварыг дараах хүснэгтэд үзүүлэв [10].

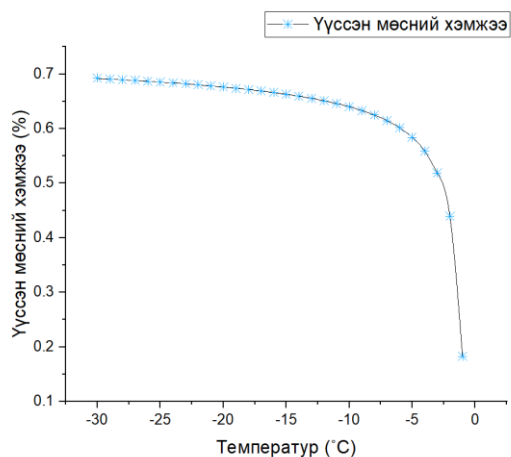
Хүснэгт 1. Олон бүрэлдэхүүнт бүтээгдэхүүний дулаанфизикийн үзүүлэлтийг тодорхойлох математик загвар (-40...150°С)

Дулаанфизикийн үзүүлэлтүүд		Математик загвар
Ус	Дулаан нэвтрүүлэлт, Вт/м·К	$\lambda_w = 5.7109 \times 10^{-1} + 1.7625 \times 10^{-3} t - 6.7036 \times 10^{-6} t^2$
	Температур дамжуулалт, м ² /с	$a = 1.3168 \times 10^{-7} + 6.2477 \times 10^{-10} t - 2.4022 \times 10^{-12} t^2$
	Нягт, кг/м ³	$\rho_w = 9.9718 \times 10^2 + 3.1439 \times 10^{-3} t - 3.7574 \times 10^{-5} t^2$
	Дулаан багтаамж, кДж/кг·К (-40°С~0°С)	$c_w = 4.1289 - 9.0864 \times 10^{-5} t + 5.4731 \times 10^{-6} t^2$
	Дулаан багтаамж, кДж/кг·К (0°С~150°С)	$c_w = 4.1289 - 9.0864 \times 10^{-5} t + 5.4731 \times 10^{-6} t^2$
Мөс	Дулаан нэвтрүүлэлт, Вт/м·К	$\lambda_w = 2.2196 \times 10^{-1} - 6.2489 \times 10^{-3} t + 1.0154 \times 10^{-4} t^2$
	Температур дамжуулалт, м ² /с	$a = 1.1756 \times 10^{-4} - 6.0833 \times 10^{-9} t + 9.5037 \times 10^{-11} t^2$
	Нягт, кг/м ³	$\rho_w = 9.1689 \times 10^2 - 1.3071 \times 10^{-1} t$
	Дулаан багтаамж, кДж/кг·К	$c_w = 2.0623 + 6.0769 \times 10^{-3} t$

Source: Choi&Okos (1986)

IV. ТООЦООНЫ ҮР ДҮН

Махны найрлага дахь чийгийн хэмжээ, хөлдөөлтийн явцад температурын өөрчлөлтөөс хамааран үүсэх мөсний хэмжээг тодорхойлох нь дулаанфизикийн үзүүлэлтийг тооцох үндэс болно. Монгол бэлчээрийн хонины махны хувьд хийсэн тооцоог графикаар харуулав.



Зураг 1. Үүссэн мөсөн талстын хэмжээ, температурын хамаарал

Хүснэгтээс, мах болон түүнтэй төстэй шинж чанартай хүнсний бүтээгдэхүүний хувьд 1°C температурын интервалтай, -2°C аас доош температурт дулаан нэвтрүүлэлтийн коэффициентыг тодорхойлж тооцоонд ашиглах нь тохиромжтой байхад харж болно. Харин дулаан багтаамж, температур нэвтрүүлэлтийн коэффициентын хувьд -8°C-аас доош температурт хэмжилт хийх нь тохиромжтой бөгөөд интервалыг 0,4-0,5°C хүртэл багасгах боломжтой.

Дулаан-физикийн параметрийг жигд горимын аргаар тодорхойлоход хөргөх объект /акалориметр/-ийн хэмжээг зөв сонгох их чухал. Температур нэвтрүүлэлтийг акалориметрийн аргаар тодорхойлоход I эрэмбийн хязгаарын нөхцөлийг ($\alpha = \infty, m = m_{\infty}$) мөрдөх ёстой.

Хүснэгт 2. Хонины махны дулаанфизикийн үзүүлэлтүүд

Температур, °C	Дулаан багтаамж, кДж/(кг·K)	Дулаан нэвтрүүлэлт λ , Вт/(м·K)	Температур дамжуулалт, $\alpha \cdot 10^8, м^2/с$
-2	120,3	0,494	3,5
-3	38,4	0,617	6,9
-4	18,9	0,745	8,4
-5	10,25	0,831	12,25
-6	8,72	0,884	16,70
-7	6,43	0,901	18,2
-8	6,12	0,924	24,40
-9	5,63	1,05	28,71
-10	4,28	1,083	30,12
-11	4,20	1,085	35,81
-12	3,83	1,091	38,23
-13	3,41	1,093	41,7
-14	3,10	1,120	42,34
-15	2,91	1,284	43,0
-16	2,83	1,143	45,43

-17	2,75	1,157	47,81
-18	2,61	1,172	49,30
-19	2,5	1,193	50,02
-20	2,41	1,254	53,44
-21	2,41	1,281	58,32

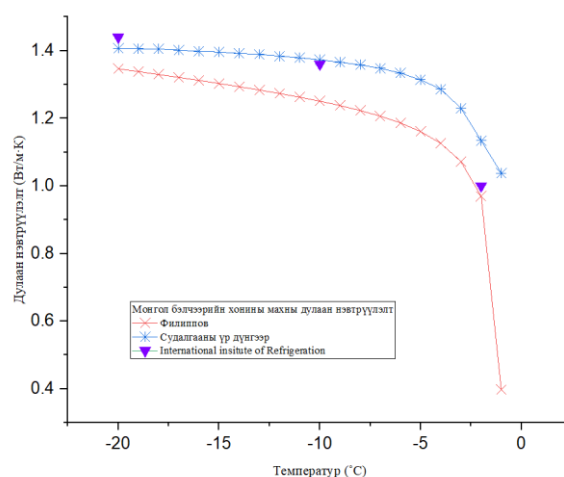
Дулаан нэвтрүүлэлт нь дулааны урсгалын чиглэлээс хамаардаг анизотроп, хоёр бүрэлдэхүүнт системийн хувьд бүтээгдэхүүний ширхэгтэй зэрэгцээ дулааны урсгалтай үед дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

$$\lambda = \lambda_c \left[1 - N^2 \left(1 - \frac{\lambda_d}{\lambda_c} \right) \right] \tag{11}$$

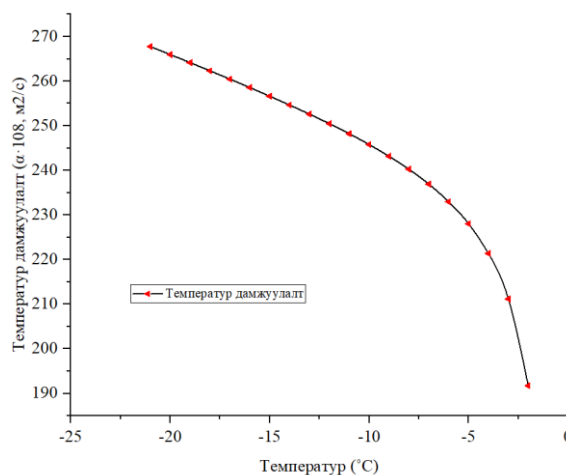
Харин дулааны урсгал нь бүтээгдэхүүний ширхэгтэй перпендикуляр бол,

$$\lambda = \lambda_c \left[\frac{1 - P}{1 - P(1 - N)} \right] \tag{12}$$

байна.



Зураг 2. Дулаан нэвтрүүлэлт, температурын хамаарал



Зураг 3. Температур дамжуулалт, температурын хамаарал

Хөргөж байгаа бие дэх температурын тархалт нь биеийн эхний дулааны төлөв, физик шинж чанар, геометр хэмжээ, хэлбэр, хүрээлэх орчинтой дулаан

солилох нөхцөлөөс хамаарна. Хөрж эхлэх үеийн температурын тархалт нь хугацаанаас хамаарч өөрчлөгдсөөр $(F_0 = \frac{at}{R^2} \geq 0.3 \div 0.5)$ аажмаар тогтвортой горим үүснэ. Тогтмол температуртай орчинд дулаан солилцоо явагдахад дулаан өгөлтийн коэффициент $\alpha = \text{const}$, харин биеийн температур хугацаанаас хамаарч экспоненциалаар буурсаар биеийн бүх цэгийн хувьд ижил болно [8].

Махны хувийн дулаан багтаамжийг тодорхойлох Зейбелийн тэгшитгэлийн өргөтгөсөн хувилбар дараах хэлбэртэй байна.

$$c_a = 1.55 + 1.26x_s + \frac{x_s RT_o^2}{M_s t^2} \quad (12)$$

c_a - Хувийн дулаан багтаамж, кДж/кг.К

x_s - Хатуу хэсгийн массын хувь

R - Хийн универсал тогтмол

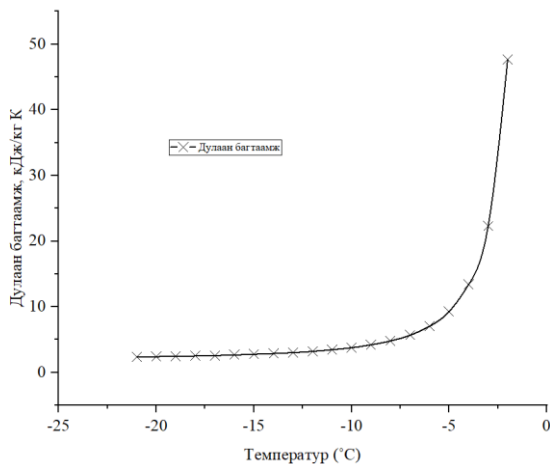
T_o - Усны хөлдөлтийн температур, 273.72К

M_s - хатуу биеийн молекуляр масс, кг/кмол

t - бүтээгдэхүүний температур, °С

Хэрэв бүтээгдэхүүний хурдан уусдаг хатуу бодисын молекуляр масс мэдэгдэхгүй бол дараах байдлаар дулаан багтаамжийг тооцоолж болно.

$$c_a = 1.55 + 1.26x_s + \frac{(x_{wo} - x_b)L_o t_f}{t^2} \quad (13)$$



Зураг 4. Дулаан багтаамж, температурын хамаарал

ДҮГНЭЛТ

1. Монгол бэлчээрийн хонины махны сэврээлт тс, хөлдөөлтийн үргэлжлэх хугацааг - t_{freez} туршилтаар тогтоож, кроиоскопийн температур t_{кр} = -1.2°C гэж шууд авч тооцоонд хэрэглэдэг байсныг t_{кр} = -0.8°C болохыг тогтоосон.
2. Хонины махны бүрэн хөлдөж дуусах хугацааг бүтээгдэхүүний гүний температур -4°C-аар тооцдог байсан бол -3.89°C болсон. Энэ температурын зөрүү нь махыг хөлдөөх хугацааг 20 мин багасгаж байгаа нь төхөөрөмжийн

цахилгааны ачааллыг 22% бууруулж, өөрийн өртгийг кг тутамд 502.5 төгрөгөөр бууруулж байна.

3. Хүйтний боловсруулалтад махыг хөргөлттэй орчинд хадгалах нөхцөлийг зайлшгүй авч үзэх шаардлагатай тул Нөөцийн махны хадгалалтын үеийн камерын температур нормт утгад, харьцангуй чийгшил 8-14% бага, агаарын хурд огт хянагдахгүй байгаагаас махны хаталт хамгийн багадаа 4%, ихдээ 15% байгаа нь Монгол улсад дагаж мөрдөх ёстой стандарт утгаас өндөр байгааг харуулж байна.
4. Бэлчээрийн монгол малын махны дулаанфизикийн үзүүлэлтийг тодорхойлсноор мэдээллийн чухал санг бүрдүүлж, улам бүр өсөн нэмэгдэж байгаа Дэлхийн зах зээлд экспортлох өргөн боломжтой бүрдэх юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Н.А.Головкин, “Холодильная технология пищевых продуктов”, Москва, 1984г.
- [2] С.Дэлэг, Хүнсний бүтээгдэхүүний хөргөх технологи, Улаанбаатар, 2013.
- [3] Куцакова В.Е., Фролов С.В., Филиппов В.И., Данин В.Б, “Холодильная технология пищевых продуктов”: Учебник для вузов: в 3 кн. СПб.: ГИОРД, 2007. 224 с.
- [4] Платунов Е.С., Баранов И.В., Буравой С.Е., Курепин В.В. Теплофизические измерения: учеб. пособие. СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. 738 с.
- [5] Баранов И.В. и др, “Определение теплофизических характеристик пищевых продуктов”: Вестник Международной академии холода. 2001. №1. С. 19-23.
- [6] J Dickerson, R.W. and R.B. Read. 1975. Thermal diffusivity of meats. ASHRAE Transactions 81(1):356.
- [7] Dincer, I. 1993. Heat-transfer coefficients in hydrocooling of spherical and cylindrical food products. Energy 18(4):335-340.
- [8] Метод определения теплофизических свойств влажосодержащих материалов в условиях «замораживания-размораживания». Платунов У.Ф., Баранов И.В., Гуслиева Е.В. //Известия СПбГУНиПТ №4,2008.-с.7-10
- [9] Meat, meat products and semiproducs.//Ministry of Agriculture of the Czech republic Food research institute. Prague, 1997
- [10] IIR (1986). Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods. Paris: International Institute of Refrigeration, p. 419.
- [11] IIR (1999). Control of the Cold Chain for Quick-Frozen Foods. Handbook. Paris: International Institute of Refrigeration, p. 94.
- [12] James, C., Ketteringham, L. and James, S.J. (2000). Enhanced heat transfer in food chilling, freezing and thawing using heat pipes. In: K. Fikiin, ed. Advances in the Refrigeration Systems, Food

Technologies and Cold Chain. IIR Proceedings
Series 'Refrigeration Science and Technology',
1998/6, pp. 327–333

POSSIBILITIES OF HEAT ENERGY RECOVERY FROM GREYWATER SYSTEMS

M.Oyun-Erdene

Department of Thermal Engineering, School of Power Engineering, MUST
oyunerdene301@gmail.com

Abstract

Since the source of renewable energy is used, there are alternative energy resources, e.g., sun, wind, water, hot springs and so on, based techniques and technologies in Mongolia. Over the past years' experiences, the scholars have found that renewable energy is one of the crucial parts of sustainable development of the future. Since there are approximately 770.9 thousand apartments in capital city, Ulaanbaatar, this study attempted to research that reuse greywater as a source of heat pump system which effluent from these apartments for support heating system. The result showed that the solution can provide roughly 60 percent of heating or hot water for each apartment.

Keywords: Waste energy, Refrigerant, Efficient of performance, Effluent

I. INTRODUCTION

A sewer is an underground conduit used for conveying effluent from buildings to a point of discharge or treatment. Flow in sewers is accomplished either by gravity or with pumps. Material in sewers is effluent from buildings, and thus is at a relatively uniform temperature a year-round. Flow rates in sewers depend on the population served; smaller-diameter sewers feed into larger-diameter ones as the effluent makes its way to the point of discharge or treatment. It is these larger sewer trunks that make excellent opportunities for use with water-source heat pumps. One example of a large-scale, district sewer heat recovery project is in the False Creek neighborhood of Vancouver, British Columbia, Canada [1].

There are a number of practical considerations for successful sewer heat recovery projects: (i) available flow rates in the sewer, (ii) year-round temperature of effluent, (iii) allowable temperature drop of effluent (to maintain acceptable biological decay parameters), (iv) solids in the effluent, (v) chemical aggressiveness of effluent, and (vi) heat exchanger design (internal or external to sewer) [2]. The application of grey water reuse in urban water systems provides substantial benefits for both the water supply subsystem by reducing the demand for fresh clean water and for the wastewater subsystems by reducing the amount of wastewater required to be conveyed and treated [3].

In Mongolia, Heating doesn't continue for the year that means a heating season that continues about 8 months for year provided by the heat by distract heating system, rest of loads provided by hot water. In 2016, roughly half habitants, 43 percent, of Ulaanbaatar city live in apartment [4].

This study aims to research of temperature of effluent that of apartments for 180 families as a heating source of heat pump system for heating system. However, this system has not been ever installed in our country and has not studied widely, there are a lot of potential for sewage system as a heating resource. A figure (fig.1) has shown the allocation of the effluent of apartments for use.

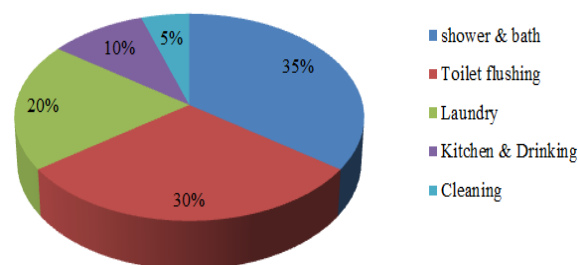


Figure 1. Type of effluent of apartment

Effluent is classified by 2 types that are black water and grey water. Grey water is wastewater of domestic origin from bathroom, kitchen, and laundry use, excluding wastewater from the toilets [5]. When grey water is mixed with toilet wastewater, it is called sewage or black water and should be treated in sewage treatment plants or an onsite sewage facility, which is often a septic system. The main advantage of keeping grey water separate from toilet wastewater is that the **pathogen load is greatly reduced, and the grey water is therefore easier to treat and reuse** [6].



Figure 2. The percent of apartments in Mongolia [7]

II. HEAT PUMP SYSTEM, PRINCIPLE OF HEAT PUMP

Heat pumps (HPs) are part of the environmentally friendly technologies using renewable energy and have been utilized in the developed countries for years. Wastewater is used as a renewable heat source for HPs. At the beginning of the 1980s, waste (sewage) water source heat pumps (WWSHPs) were widely applied in North European countries like Sweden and Norway and partially applied in China [8].

The heat pump is a device that increase heat potential of low temperature source to satisfactory up to level by using mechanical, electrical and other energy [9]. The heat pump working principle is based on reverse thermodynamic cycle and refrigeration cycle. there are three types of HP, which are air source HP, water source HP, and geothermal HP.

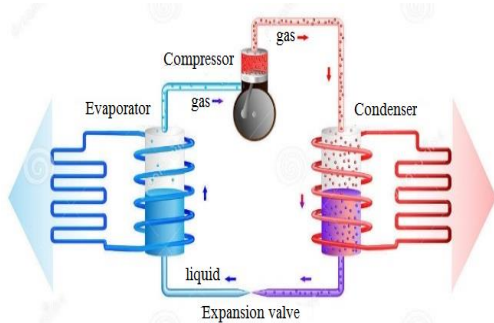


Figure 3. Heat pump principle scheme

The heat pump has four main components, evaporator, condenser, compressor and expansion valve. The heat pump work body is used for low temperature refrigerant.

III. METHODOLOGY

A Calculation method efficiency of Heat pump system

For a heat pump, performance is described by its coefficient of performance (COP), where the maximum efficiency, or Carnot efficiency, is defined differently for heating and cooling modes [9]. A

coefficient of performance, COP, is defined to characterize heat pumps performances as the ratio of heat exchanged with indoor environment and the this is positive by definition and, when heat is exchanged with two sources, is given by:

$$COP = \frac{Q_c}{L} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (1)$$

B Research apparatus

Using IButton DS1921G model temperature data logger (Fig. 4.), the authors measured grey water temperature of 180 households' apartment. In table I, the data logger's characteristics are shown.

The study is carried out in 14 households of 180 households' apartment. In Fig 5 and Table II, the grey water temperature data of these 14 households is indicated.

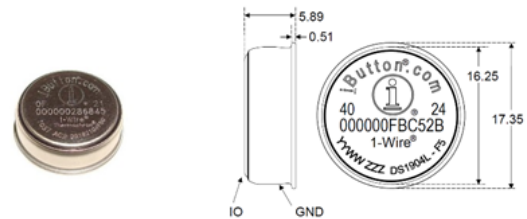


Figure 4. IButton temperature datalogger

Table 1. IButton temperature logger characteristic

Model	Temperature Range	Accuracy	Resolution	Values / Readings	Logging Rate
DS1921G	-40°C to +85°C	+/- 1°C: -30°C to +70°C	0.5°C	2048	1 to 255 min
		+/- 1.3°C outside this range			

IV. TESTING RESULT

A. Greywater temperature data result

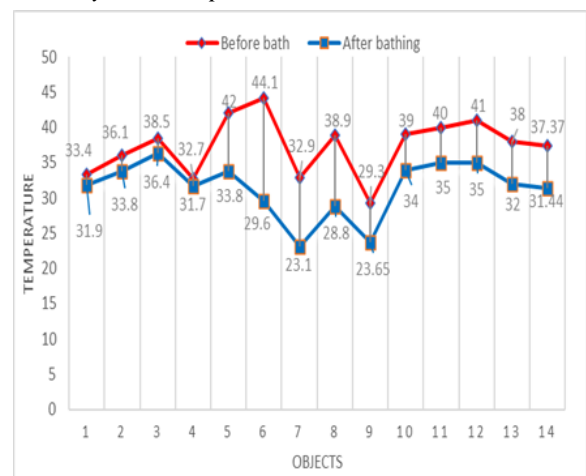


Figure 5. Temperature graphic

Table 2. Greywater temperature

Household	Water temperature °C		
	before bathing	After bathing	difference
1	33.4	31.9	1.5
2	36.1	33.8	2.3
3	38.5	36.4	2.1
4	32.7	31.7	1
5	42	33.8	8.2
6	44.1	29.6	14.5
7	32.9	23.1	9.8
8	38.9	28.8	10.1
9	29.3	23.65	5.65
10	39	34	5
11	40	35	5
12	41	35	6
13	38	32	6
14	37.37	31.44	5.93

B. Scheme Modelling

In order to use effluent as a heat pump source, it needs to separate grey water and black water. They should be separated by two different tubes when pouring from bath and toilet. Only grey water can be source of heat pump system, and this source should go through the water treatment system and water tank. After using heat recovery for heating system, grey water can be used for other purposes such as watering trees, reuse for toilet, etc.

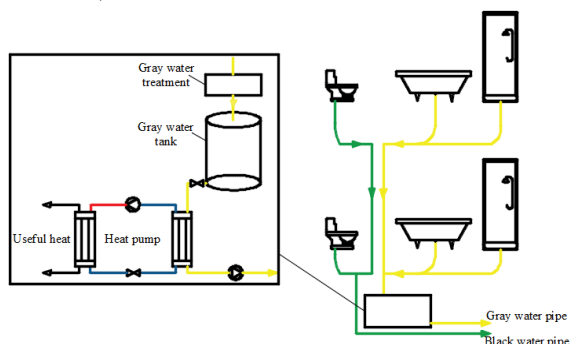


Figure 6. Greywater collection scheme

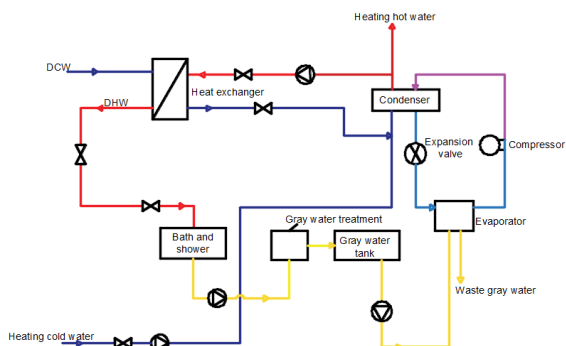


Figure 7. Heat pump connection scheme

C. Grey water quality test

In this study, six different types of grey water have been tested as follows:

1. People used soap one time.

2. People used soap two time
3. People used soap three time
4. People used soap and shampoo
5. People used soap, shampoo and others
6. People used only shampoo

These types of grey water’s quality are shown in Table III.

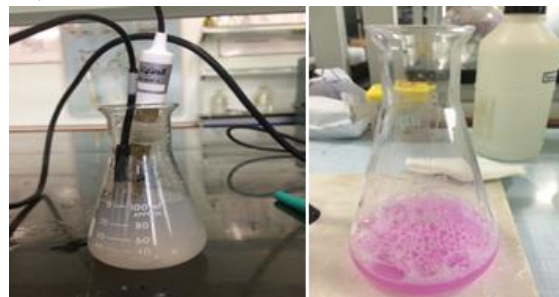


Figure 8. Greywater quality testing

The method of water purification should be chosen on the basis of the parameters studied in the composition of gray water. This indicator is shown in the following table.

Table 3. Greywater quality

№	Quality	1	2	3	4	5	6
1	Alkalinity (ml-equa/dm ²)	6.4	4.1	5.4	3.8	2.5	1.6
2	Hydrate alkalinity (ml-equa/dm ²)	0	0	0	0	0	0
3	pH	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
4	Electric conductivity	132	170	312	194	143	143
5	Hardness (ml-equa/dm ²)	0.76	1.14	1.14	0.47	0.76	1.5

V. CALCULATING HEAT PUMP SYSTEM EFFICIENCY

The study that is based only assumption that means the calculation method would be carried out by thermodynamic level. The heat pump system’s work fluid (refrigerant) is the most important factor that effects for COP. The most common R-134a, R-600a refrigerant in our country is comparable to the energy conversion coefficient used for cooler and intermediate heat exchanger heat pump. This study’s calculation method is based on refrigerant’s lgP-I diagram and these common refrigerants, i.e., R-134a and R-600a. The result is shown in Fig. 11.

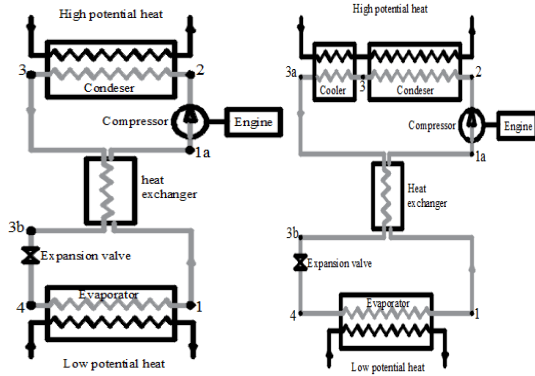


Figure 9. Cooler & intermediate heat exchanger heat pump

Calculated R-134a on refrigerant:
 Evaporator of heat from grey water:
 $Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2) = 180 \cdot 110 \cdot 4.19 \cdot (31.44 - 26.44) = 152.2 \text{ kW}$
 Compressor compression:
 $L_{com} = h_2 - h_1 = 440 - 418.18 = 21.82$
 Refrigerant giving heat of 1kg refrigerant in condenser:

$$Q_{cond} = h_2 - h_1 = 440 - 288.18 = 115.23$$

Refrigerant flow:
 $G_f = \frac{Q_{cond}}{(h_2 - h_1)} = \frac{115.23}{(440 - 288.18)} = 0.759$

Compressor electric power:
 $N_s = \frac{G_f \cdot (h_2 - h_1)}{\eta} = \frac{0.759 \cdot (440 - 288.18)}{0.98} = 16.56$

Coefficient of performance:
 $\mu = \frac{Q_{cond}}{N_e} = \frac{115.23}{16.56} = 6.95$

VI. THE RESULT OF CALCULATION

Refrigerants R134a and R600a widely used in our market, have a low environmental impact, high cold efficiency, and investment costs seem to be low.

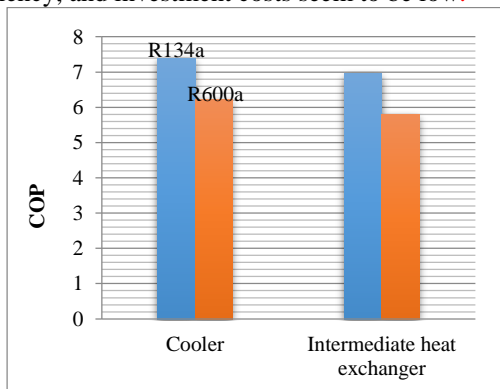


Figure 11. The result of calculation

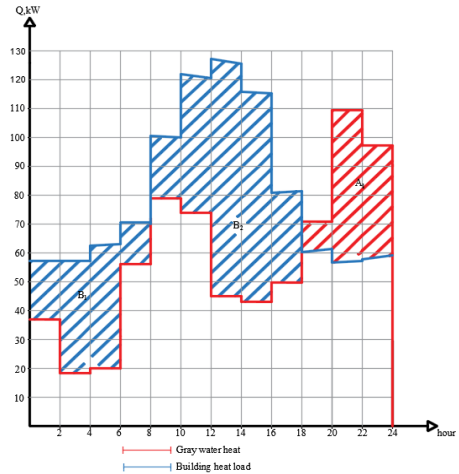


Figure 12. Heat pump heat and building heat load

The hot water system has a distinction which is the load of hot water alternates for an hour, that means grey water also alternates for an hour. In addition, heating load alternates for a day. The heat emanating from grey water does not close the heat load of the building in the B section. While in part A, water consumption increases, consumption of grey water increases, which means more heat is going to be released. We can all compensate for the lack of heat in part A by reserving an excess of grey water in part A. It means that this system practically can support the heating load of apartment, moreover, there will be an enormous contribution for the district heating system.

CONCLUSIONS

In this study, the calculations are only based on the assumption, which means the calculation method was carried out by thermodynamic level. R-134a and R-600a refrigerants are used in calculation. As the result calculation is shown, the COP of the heat pump system that used R134a as a refrigerant has shown better output than R-600a, which can produce 7 kW heating energy consuming by 1 kW electric energy. That's a huge contribution to the heating system. The grey water can be a source of heat pump system without any other expenditure excluding the treatment system. Within the treatment system, the grey water's quality can show better result.

The efficiency is not only pros of this system, being environmentally friendly is also its advantage. For instance, nowadays people use a boiler and other facilities to produce heating and hot water, that emits CO₂=475.89t/year, NO_x=13.96t/year, SO_x=33.84 of toxic gases per year.

The result showed that the solution can provide roughly 60 percent of heating or hot water for each apartment.

REFERENCES

- [1] Andrew D. Chiasson, “Geothermal heat pump and heat engine systems theory and practice” Page 275, 2016
- [2] Edgard Dubois, Arthur Mercier, “Heat recovery” 2009
- [3] Behzadian, k; Kapelan, Z (2015). "Advantages of integrated and sustainability based assessment for metabolism based strategic planning of urban water systems". Science of the Total Environment. 527–528: 220–231
- [4] The website of National Statistic Office of Mongolia
- [5] Tilley, Elizabeth; Ulrich, Lukas; Lüthi, Christoph; Reymond, Philippe; Zurbrügg, Chris (2014). Compendium of Sanitation Systems and Technologies (2nd ed.). Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)]
- [6] Committee on US–Iranian Workshop on Water Conservation and Recycling, “Water conservation, reuse, and recycling” 2005
- [7] “Summary of the 2020 National Population and Housing Census” Page 169, 2020
- [8] Arif Hepbaslia, EmrahBiyika, Orhan Ekren Huseyin Gunerhanc Mustafa Araza, “A key review of wastewater source heat pump (WWSHP) systems” 2014
- [9] Alex Yasoni Katukiza “Sanitation in unsewered urban poor areas” 2013
- [10] Trubaev.P.A, Grishko.B.M ”Heat pump” Bulgorod.2010

CALCULATION OF MONGOLIAN LAMB MEAT FREEZING TIMES AND SHRINKAGE CRACKS

M.Oyun-Erdene

Department of Thermal Engineering, School of Power Engineering, MUST
oyunerdene301@gmail.com

Abstract

The freezing of food is one of the most significant applications of refrigeration. In order for freezing operations to be cost-effective, it is necessary to optimally design the refrigeration equipment. This requires estimation of the freezing times of foods and the corresponding refrigeration loads. These estimates, in turn, depend upon the surface heat transfer coefficient for the freezing operation. Therefore, ASHRAE research project 1123-RP was initiated to determine surface heat transfer coefficients for a wide variety of food items. This paper describes the procedures used in ASHRAE research project 1123-RP to resolve deficiencies in heat transfer coefficient data for food freezing processes. Members of the food refrigeration industry were contacted to collect cooling curves and surface heat transfer data. A unique iterative algorithm was developed to estimate the surface heat transfer coefficients of foods based upon their cooling curves. Making use of this algorithm, heat transfer coefficients for various food items were calculated from the cooling curves collected during the industrial survey. The accuracy of the calculated heat transfer coefficients was found to be within $\pm 30\%$. These heat transfer coefficients will be tabulated in the ASHRAE Hand-book – Refrigeration

Keywords: freezing time, heat transfer, cooling, freezing, cellar, weight loss

I. INTRODUCTION

Food issues, including the perfect obligation, are the most important issues in any society. In our country, the research on the meat of pasture animals which is the source of the protein began in the 1930s and studied enough about the meat, its chemical composition, nutrient quality and biochemical characteristics of the Mongolian cattle. The physical, chemical and biochemical characteristics do not provide a comprehensive assessment of the meat characteristics so the meat muscular study has been carried out in the histological laboratory of the Center for Meat Research in Beijing, China. As a result:

- The long muscles of the Mongolian sheep and beef's backside particles were more precise by 10 μm per kilogram compared to those of the Tsigai, Romanov, Finnish, Caucasian, Ukrainian and Bulgarian breeds. Muscle fibers are inversely proportional to the width soft succulent meat quality.
- The width of the muscle particles is unversely proportional to the soft meat juices. The ability of the Mongolian meat muscles to connect to the water is very high and it has been found in 75% of all livestock on average. This will serve as a basis for lower courtesy losses.
- The non-use of the post-mortem autolysis process gives normal quality meat without accelerating the growth and unintentional increase in productivity.
- The Tokoferol, which is accompanied by pastoral herbs, has been accumulated, and thus the calf enzymes are becoming more active.
- Due to these features, the five-headed pasture cattle's meat is considered to be soft, bright and stable during the storage*.

II. CHARACTERISTICS OF THE MONGOLIAN MEAT TECHNOLOGY

Autolysis process in meat is the main indicator of consumption and production technology. Therefore, we studied the biodiversity values of pH and water connectivity, and the variability of calibration, but not the cooling physics research ζ , λ , t which is the main indicator of the cooling and freezing processes and the meat plants are using the following standards:

Table 1. The Meat Storage Standards

Storage duration, months	Temperature, °C	
	Freeze	Storage
1~1,5	-5°C ~ -6°C	1~1,5
6~8	-30°C ~ -35°C	6~8
12 and more	-40°C ~ -45°C	12 and more

Table 2. The Weight Loss Norms

°C	-20	-10	-5	0	+2	+8
%	2	4	6	8	10	25

a.* B.Enkhtuya, Meat study . MUST,: 2011. 239p.

The following is a research to establish a conclusion that the existing storage and processing standards have been proven or rejected, assessing the conservation status of the meat storage, and assessing how the storage regime may affect the supplying prices. The National Statistics Committee estimates that meat prices have the most impact on inflation, and consequently the rise in prices for 300 items in the consumer baskets.

According to the study conducted by Mercy Corps of Mongolia, the goat meat supplies were 44-58% so the mutton was tested with its freezing time.

III. DETERMINATION OF COOLING AND MEAT FREEZING TIME IN MONGOLIA:

A. Changes in Temperature During Cooling Process:

Date of Cooling process incubation test : April 5, 2021

Starting time: 10 o'clock 35 minutes

Completion time: 14 hours, 50 minutes

Duration of the test: 4 hours 15 minutes

Profiles: $t = +4^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 85\%$

Measurement frequency: 15 seconds

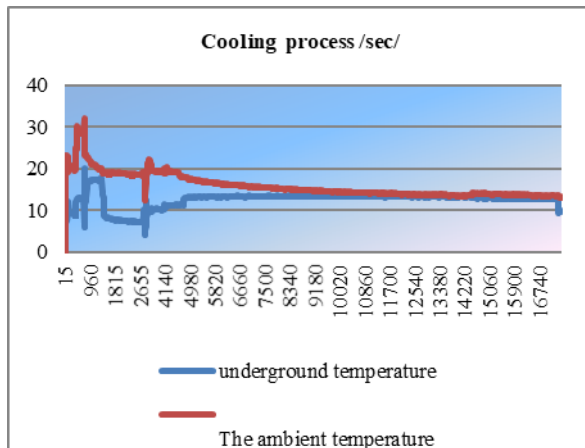


Figure 1.

B. Changes in Temperature During Cooling Process:

Date of Freezing process incubation test: April 5, 2021

Starting time: 15 hours 07 minutes 04 seconds

Completion date: April 6, 2020 00:00 07 minutes 04 secseconds

Profiles: $t = -35^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 90\%$

Duration of the test: 9 hours 10 minutes

Measurement frequency: 20 minutes

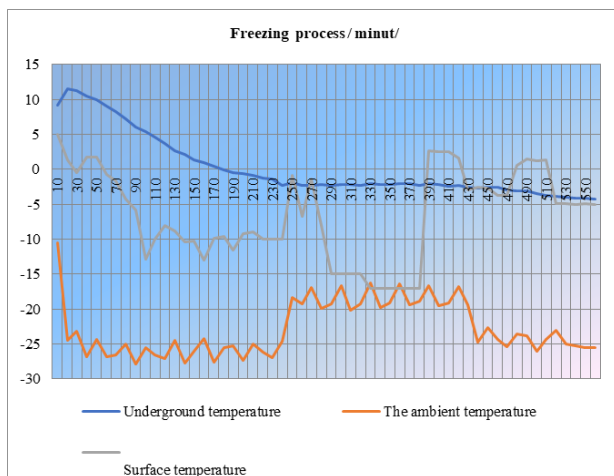


Figure 2.

C. Muscle's Structural Change

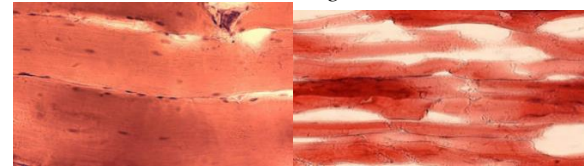


Figure 3.

D. The Process Testing:



Figure 4.

As a result of the test's conclusion:

- The meat cooling and freezing processes take relatively high energy and time-consuming technology. The test results show that the duration of the grinding was 4.75 hours which was consistent with the current standards
- However, the duration of freezing from 9.1 hours Mongolian mutton for the duration of this process is likely to be relatively low.
- If the figures are finally established, there is expected to reduce energy consumption by 40-45%.

IV. SUPPLY AND COST OF MEAT

75% of the total market share of herders reaches end-users through intermediaries without any processing. When livestock is most affected by fatality, between October and November, some rural herders and meat-changers slaughter their animals and keep them in their containers and storerooms until the next spring when the meat is in shortage. Meat is transported by cooling or cooled vehicles with the capacity of 2-40 tons. Supply cost network: the difference in the three value types of the supply cost network which includes:

1. The difference in seasonal price fluctuations
2. Additionally, the additional processing costs incurred in the supply chain network
3. The difference in meat prices in each region

The result of measurements made from the 27th of December, 2019 to 3rd of March, 2020, at the Reserve of the "Makh Impex" LLC.

Table 1. Meat Storage Results

	Measuring object	Primary weight, kg	Ground temperature, f°C	Date of weight measurements			
				17 December 2019	12 January 2019	09 February 2019	03 March 2019
1	I carcasses //mutton /	22,5	0,4	21,275	21,005	19,95	19,9
2	II carcasses /mutton /	21,6	0,1	19,625	19,41	19,36	19,32
3	III carcasses / goat /	24	0,2	21,525	21,275	21,235	21,2
4	IV carcasses /goat /	23,8	0,3	21,038	20,865	20,815	20,78
5	V carcasses /mutton /	22	0,75	19,75	19,46	19,41	19,37
	average	22,78	0,35	20,64	20,4	20,1	20,1

Table 2. Meat Storage Regimes

	Measurement dates	The mean value of the fridge room keeping reserve of meat		
		t, °C	φ, %	Air speed, m/s
1	Dec. 2019	20,2	81	uncontrolled
2	Jan. 2020	20,5	83,52	uncontrolled
3	Feb. 2020	20,2	81	uncontrolled
4	March. 2020	20,1	78,4	uncontrolled

Depending on the temperature of the meat conservation fridge room, the temperature of the meat storage is 8-14% lower, the air speed is not monitored, and meat stiffness is 15% higher. The loss in the amount of this dryness can be seen in the table below.

Table 3. Amount of weight loss

The permitted drying level of meat storage, kg	Meat consumption by kg /by 15%	Difference, kg	The reserve price for selling meat in 2017, kg	The amount of money lost from the weight loss, in MNT	Monetary value of 1 kg of meat, in MNT	The permitted drying level of meat storage, kg	Meat consumption by kg /by 15%
Mutton meat	71,7	5736	10755	5019	5750	28859250	402,5
Goat meat	50,1	4008	7515	3507	4850	17008950	339,5

CONCLUSIONS

Summary:

- Optimum chamber temperature and low relative humidity by 8-14%, uncontrolled air speed causes loss of meat mass by 15%. Amount of weight loss can be seen from the table below

- Heat physics has not been conducted on Mongolian meat.
- The priority is to establish the optimal mode of processing and to store to extend the shelf life for the production, transportation and sale of the meat. To develop a way of preserving meat reserves and processing technology for Mongolian cattle and extending the shelf life of the frozen meat. In this connection, weight loss in the meat will be reduced.
- Optimize meat storage regime and cold processing technology for Mongolian livestock.
- Process the method of extending shelf life of meat by the cooling process. In this regard, the loss of meat mass will be reduced
- It is a prudent estimation that energy consumption will decrease by 40-45% by setting the optimal storage regime.

REFERENCES

- Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods./ IIR, Paris, France/.
- Cold storage guide, 3rd Edition / IIR, Paris, France/
- B.Enkhtuya, Meat studies. MUST, PFS, 2011, 239pp.
- MERCY CORPS international research, UB, 2014.
- Golovkin.N.A. "Refrigeration technology of food products" Moscow, 1984, 23pp.
- V.E. Kutsakova, S.V. Frolov, V.I. Filippov, V.B. Danin. Kholodil'naya tekhnologiya pishchevykh produktov: Uchebnik dlya vuzov v 3 kn. SPb.: GIORD, 2007. 224 p.
- A.V. Baranenko, V.E. Kutsakova, E.I. Borzenko, S.V. Frolov Primery i zadachi po kholodil'noi tekhnologii pishchevykh produktov: Teplofizicheskie osnovy. SPb.: GIORD, 2012. 269 p.
- Primery i zadachi po kholodil'noi tekhnologii pishchevykh produktov. Teoreticheskie osnovy konservirovaniya: Uchebnoe posobie/V.E. Kutsakova, I.A. Rogov, S.V. Frolov, V.I. Filippov. – SPb.: GIORD, 2008, 160 p.
- Platunov E.S., Baranov I.V., Buravoi S.E., Kurepin V.V. Teplofizicheskie izmereniya: Ucheb. Posobie. SPb.: SPbGUNIPT, 2010, 738 p.
- Baranov I.V. i dr. Opredelenie teplofizicheskikh kharakteristik pishchevykh produktov. Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. 2001. no.1. pp. 19-23.
- Baranov I.V. K voprosu kompleksnogo izmereniya teplofizicheskikh svoystv nemetallicheskih materialov: Sb. trudov. V.2. SPb.: SPbGUNIPT, 2003. – pp. 273-279.
- Baranov I.V., Nikitin A.A. Kompleksnoe izmerenie teplofizicheskikh svoystv v usloviyakh monotonnogo razogreva. Izvestiya SPbGUNIPT. 2006, no. 1. pp. 62-63.

- [13] Baranov I.V., Nikitin A.A. Kompleksnoe izmerenie teplofizicheskikh kharakteristik materialov pri zamorazhivanii i razmorazhivanii.
- [14] Baranov I.V., Platunov A.E., Platunov E.S. Kompleks avtomatizirovannykh priborov dlya izmereniya teplovykh svoistv. Nauchnoe priborostroenie. 2003. V. 13. pp. 19-24.
- [15] Baranov I.V., Proshkin S.S. Izmerenie teplofizicheskikh veshchestv i materialov v oblasti agregatnykh i strukturnykh prevrashchenii. Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. 2003, no. 4, pp. 31-34.

УДИРДЛАГЫН ТАРХМАЛ ХУВААРИЛАГДСАН CENTUM VP СИСТЕМ, ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ҮЙЛДВЭРИЙН ТОНОГЛОЛЫН УДИРДЛАГА

Х.Цолмон

ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль, Дулааны инженерийн салбар
kh.solmon@must.edu.mn

Хураангуй

Удирдлагын тархмал хуваарилагдсан систем нь автомат удирдлагын системийн орчин үеийн шийдэл ба үйлдвэр, аж ахуйн нэгжийн удирдлагын дотоод хүрээ бүрд дэвшилтэт шийдлүүдийн багц, үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагааг сайжруулах, хамгаалалтын кибер аюулгүй байдлыг хангасан систем юм. Энэ системийн гол төлөөлөл болох Yokogawa компанийн CENTUM систем анх 1975 оноос технологийн процесст нэвтэрсэн бөгөөд түүнээс хойш тасралтгүй хөгжиж, өргөн хэрэглэгдэж байна. Шинэчлэгдсэн удирдлагын тархмал хуваарилагдсан систем (DCS-Distributed control system) ашиглалт, түүний бүтэц, техник хангамж, түүний давуу тал, сайжруулах боломжууд багтана. CENTUM удирдлагын тархмал хуваарилагдсан системийн 9 дэх үе болох CENTUM VP системийг Улаанбаатар хотын хамгийн том эрчим хүчний эх үүсвэр болох Дулааны цахилгаан станц “ДЦС-4” ТӨХК нь үйл ажиллагаандаа шинээр нэвтрүүлэн ажиллаж байна. CENTUM системүүд нь инженерчлэл, технологийн өндөр түвшинд өндөр нарийвчлалтай ажиллаж, өмнөх системийн хувилбаруудтай дасан зохицож, хамгийн сүүлийн үеийн технологийн программуудыг дэмжиж ажиллана. CENTUM VP нь CENTUM CS3000 загварын дараагийн шат бөгөөд системийн сайжруулалтыг үйлдвэрлэгчийн зүгээс байнга хийгддэг ба 2021 онд уг системийг шинэчлэн сайжруулсан хувилбарыг хоёр удаа нэвтрүүлсэн байна. Энэхүү өгүүлэлд системийн бүтэц, ДЦС-4 –ийн үндсэн болон туслах тоноглолд ашиглах, нэвтрүүлэх боломж, давуу тал зэргийг авч үзнэ.

Түлхүүр үг:

Удирдлагын тархмал хуваарилагдсан систем (DCS), удирдлага, шинэчлэгдсэн хувилбар, оролт гаралтын модуль.

I. УДИРТГАЛ

Автомат удирдлагын системийн орчин үеийн шийдэл нь удирдлагын тархмал хуваарилагдсан систем ба эрчим хүчний үйлдвэрийн тоноглол, процессын удирдлагын дотоод хүрээ бүрд дэвшилтэт шийдлүүдийн багц, үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагааг сайжруулах, тасралтгүй ажиллагааг найдвартай хангах, хамгаалалтын кибер аюулгүй байдлыг хангасан систем юм. Yokogawa Electric Corporation үйлдвэрлэлийн удирдлагын нийлмэл системийн CENTUM™ VP R6.08 хувилбарыг 2021 онд шинэчилж гаргасан. CENTUM VP нь OpreX™ ийн үндсэн бүтээгдэхүүн бөгөөд удирдлага болон аюулгүй байдлын системийн шийдлийн төрөлд хамаарна [5]. Уг компанийн бүтээгдэхүүн болох CENTUM төрлийн систем нь тасралтгүй хөгжиж эрчим хүчний үйлдвэр болон бусад үйлдвэрүүдэд өргөн хэрэглэгдэж, томоохон үйлдвэрүүдэд хурдан нэвтэрч байна.

II. УДИРДЛАГЫН ТАРХМАЛ ХУВААРИЛАГДСАН СИСТЕМ

Орчин үеийн инженерийн системийн чиг хандлага нь илүү нарийвчлалтай, нийлмэл зорилго, шаардлагыг хангах болж байна. Нийлмэл систем нь хэд хэдэн оролт гаралтын параметртэй байх ба тэдгээр нь хугацаанаас хамаарч өөрчлөгдөнө [2].

CENTUM VP нь хүн-машины интерфейс, удирдлагын захын станц, удирдлагын сүлжээнээс бүрдэх ба ашиглалт энгийн, ерөнхий архитектур бүтэцтэй байна. Систем процессын тасралтгүй

болон үечилсэн хяналтыг хангахаас гадна үйлдвэрлэлийн ажиллагааг удирдах боломжтой. Энэ хувилбарын давуу тал нь илүү сайжруулалт хийсэн, удирдлагын системийн төв процессорын модулийг шинэчлэх ажлын хэмжээ мэдэгдэхүйц багассан, шинээр үйлдвэрлэгдсэн тус тусдаа модулийн стандарт баталгаажуулалтыг мөн ханган ажиллах боломжтой болсон. Мөн технологийн процессын тасралтгүй удирдлагын системийн шинэчлэх боломжтой функцээр өргөтгөсөн. Тасралтгүй процессын шинэчлэлийг хангахын тулд урт хугацааны хэвийн ажиллагаа, идэвхтэй ашиглалтын ажиллагаа хангах боломжтой.

A. Удирдлагын тархмал хуваарилагдсан систем (DCS)

Удирдлагын тархмал хуваарилагдсан систем (DCS) нь үйлдвэрийн үйл явц, процессыг автоматжуулсан платформ юм. DCS системийг нэг талаас өөр өөр төрлийн холболтын шинууд, нөгөө талаас тоног төхөөрөмжийн хэмжих хэрэгсэл, мэдрүүр, гүйцэтгэх механизмууд хоорондын универсал интерфейс гэж үзэж болно. DCS системийг боломжит сайн хувилбараар ашиглахын тулд тухайн удирдлагын стратеги эсвэл супервайзорын оновчлол бүхий үндсэн компьютер ашиглана [1]. Автоматжуулагдсан объектын тодорхой хэсэгт холбогдсон оролт гаралтын модулиудын цогцолбор нь өгөгдлийг цуглуулах ба боловсруулах системийн нэгэн зангилааг үүсгэх ба объектоос холгүй байрлаж, холболт, угсралт ашиглалтын ажил хялбар болно.

B. CENTUM VP систем

CENTUM VP систем нь дараах бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс бүрдэнэ [4].

- Хүн машины интерфейс (Human Interface Station: HIS)
- Удирдлагын станц (FCS)
- Инженерийн станц (ENG)
- Эх үүсвэрийн менежер (PRM)
- Операторын туслах шийдэл
- Супервайзорын системийн интерфейс

Хүн машины интерфейс (HIS) нь CENTUM VP системийг ажлын үр ашгийг эрс нэмэгдүүлэх боломжтой. [4] Сүүлийн үеийн Windows системд ажиллах боломжтой техник хэрэгсэл, тусгай зориулалтын гар, универсал өнгөт дэлгэцтэй, өгөгдлийн хяналт Iсек завсартай шинэчлэгдэнэ.

Удирдлагын станц (FCS) нь турбин болон ижил төрлийн тус тусдаа удирдлага бүхий тоноглолуудыг удирдах боломж өндөр хурдны оролт гаралтын модультай болно. CENTUM VP системд хийгдсэн шинэчлэл нь тоноглолыг найдваржилтын хэмжээ нэмэгдүүлсэн ба автомат хамгаалалттай болно.

Инженерийн станц нь бага зардлаар, үйлдвэрлэлийг тогтмол нэмэгдүүлэх зорилготой болно. CENTUM VP нь CENTUM CS3000 инженерийн функц нь виртуал туршилтын болон инженерийн функц зэрэгцээ ажиллах боломжтой [3]. Системийн шинэчлэлд тоноглол, программ хангамж, ПИД тохируулгын программ, удирдлагын үйлдэл, операторын станц гэх мэт хэсгүүд хамрагдах ба техникийн шаардлагыг хангасан байна. Удирдлагын станц (FCS) нь системийн найдваржилт, үйлдлийн бэлэн байдлыг хангана. Систем нь төрөл бүрийн салбарын том, жижиг үйлдвэрлэлийн шаардлагад нийцэхүйц удирдлагын систем уян хатан шинж чанартай байна.

III. ҮНДСЭН БОЛОН ТУСЛАХ ТОНОГЛОЛ ДЭЭРХ СИСТЕМ ИЙН БҮТЭЦ

CENTUM төрлийн тархмал удирдлагын систем бүхий ДЦС-4 үндсэн тоноглол болох уурын генератор, уурын турбин, туслах тоноглол тэжээлийн усны насосын хяналт удирдлагын системийг авч үзье. Систем нийт 4 хэсгээс бүрдэх ба холболтын сүлжээ Vnet ба Vnet-I/P кабель хослон ажиллана.

1. ДТЦ-1 (К-5, 6, 7, 8) өгөгдлийн бааз. Программ хангамж CENTUM VP R5
2. ДТЦ-2 (К-1, 2, 3, 4) өгөгдлийн бааз. Программ хангамж CENTUM VP R3
3. ДТЦ-1 (Уурын турбин-1, 2, 3 болон тэжээлийн усны насос 1, 2, 3, 4) өгөгдлийн бааз. Программ хангамж CENTUM VP R6
4. ДТЦ-2 (Уурын турбин-4, 5, 6 болон тэжээлийн усны насос 5, 6, 7, 8) өгөгдлийн бааз. Программ хангамж CENTUM VP R6.

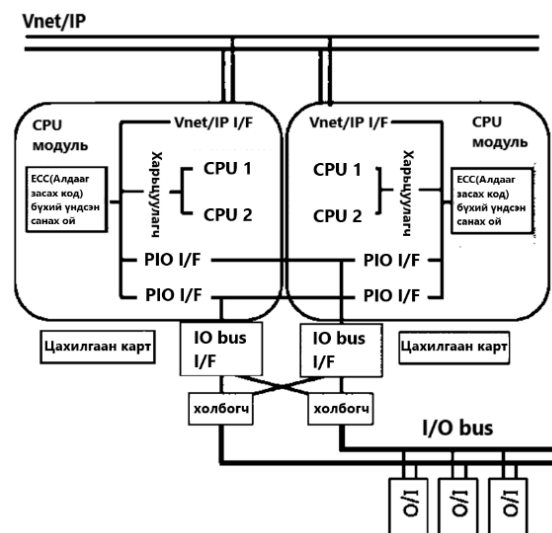
Өөр хэсгийн Vnet ба Vnet-I/P кабелийг хослон ашиглахын тулд BCV гэсэн кабелийн хувиргагч, V-net Router ашигладаг. Өөрөөр хэлбэл станцын

нийт уурын генератор, уурын турбин ба тэжээлийн усны насос гэсэн тоноглолууд сүлжээгээр холбогдон ажиллана.

Турбоагрегат 1-р уурын турбины үндсэн хяналт удирдлага, 2-р уурын турбины тохируулгын системийн хяналт удирдлага гэсэн 2 удирдлагын станцтай байна. Нэг сүлжээнд ажиллаж байгаа бүх тоног төхөөрөмжүүд ялгагдах тэмдэглэгээ, нэршилтэй байна. Бүх компьютер серверт Microsoft-ийн үйлдлийн системд ашиглаж байна.

IV. УДИРДАГАЙН СТАНЦЫН (FCS)-ИЙН БҮТЦИЙН СХЕМ

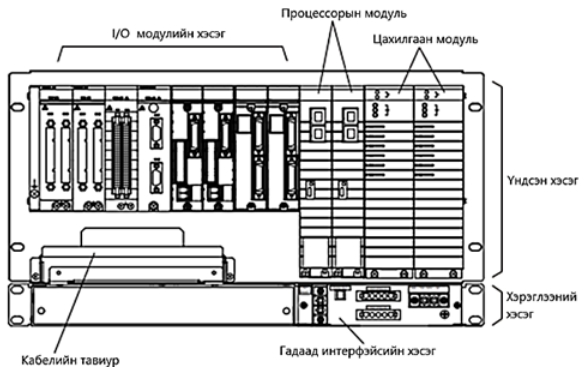
Уурын зуух болон турбоагрегатын үндсэн хяналт удирдлагын станцын мэдээллийн өгөгдлийг шинэчлэх хугацаа хийх хугацаа 1 сек байдаг бол турбоагрегатын тохируулгын системийн удирдлагын станцын өгөгдлийг шинэчлэх хугацаа 50 мс байх шаардлага тавигдана. Турбоагрегатын тохируулгын системийн удирдлагын станцын бүтцийн схемийг 1-р зурагт үзүүлэв.



Зураг 1. Удирдлагын станц (FCS)-ийн бүтцийн схем

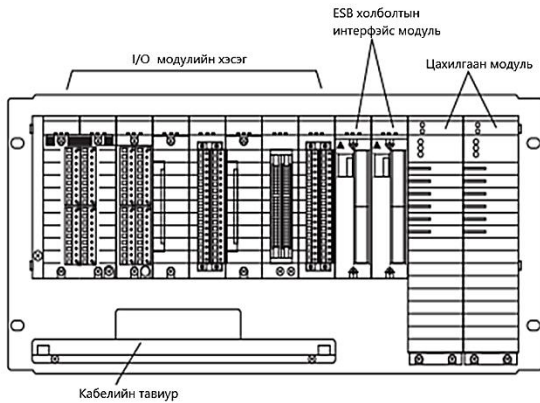
A. Техник хангамж

Удирдлагын контроллер нь программын бүх тооцооллыг хийх ба түүний тархи болох удирдлагын станц нь хос тэжээлийн блоктой, холболтын болон оролт гаралтын модуль суурилуулах боломж бүхий төхөөрөмж юм. Удирдлагын контроллерын бүтцийн схемийг 2-р зурагт үзүүлэв.



Зураг 2. Удирдлагын контроллерийн бүтцийн схем

Дундын контроллер нь холболтын болон оролт гаралтын модуль, хос тэжээлийн блоктой байх ба оролт гаралтын модулийн мэдээллийг удирдлагын станцад дамжуулах үүрэгтэй. Контроллерын бүтцийн схемийг 3-р зурагт үзүүлэв.



Зураг 3. Дундын контроллерийн бүтцийн схем

Б. Оролт гаралтын модулиуд

Контроллерийн оролт гаралтын модулиудын төрөл, модулийн сувгууд, нийцүүлсэн дохионуудыг 1-3-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 1.

Аналог оролт гаралтын модуль	
AAI835	Аналог оролт гаралтын модуль (4-20mA, 4- оролт/4- гаралт, Тусгаарлагдсан сувгууд)
AAT145	ТС/mV Оролтын модуль (16- Суваг, Тусгаарлагдсан сувгууд)
AAR145	RTD/POT Оролтын модуль (16- Суваг, Тусгаарлагдсан сувгууд)
AAP135	Импульсийн оролтын модуль (8- Суваг, Импульсийн тоо, 0-с 10 кГц, Тусгаарлагдсан сувгууд)
AAP149	Нийцтэй импульсийн оролтын модуль РМ-1 (16-суваг, Импульсийн тоо, 0-с 6 кГц, Тусгаарлагдаагүй сувгууд)
AAP849	Импульсийн Аналог оролт гаралтын модуль (8-сувгийн оролт/8-сувгийн гаралт, Тусгаарлагдаагүй сувгууд)

Хүснэгт 2.

HART холболтын функцтэй Аналог оролт гаралтын модуль	
AAI141-H	Аналог оролтын модуль (4-20mA, 8 суваг, тусгаарлагдаагүй)
AAV141-H	Аналог оролтын модуль (1-5 V /4-20mA, тусгаарлагдаагүй)
AAI841-H	Аналог оролт гаралтын модуль (4-20mA оролт, гаралт, 8 сувагтай оролт, гаралт, тусгаарлагдаагүй)
AAI842-H	Аналог оролт гаралтын модуль (1-5 V /4-20mA оролт, 4-20mA гаралт, 8 сувагтай оролт, гаралт, тусгаарлагдаагүй)
AAI143-H	Аналог оролтын модуль (4-20mA, 16 суваг, тусгаарлагдсан)
AAI543-H	Аналог гаралтын модуль (4-20mA, 16 суваг, тусгаарлагдсан)
AAI165-H	Аналог оролтын модуль (4-20mA, 8 суваг, тусгаарлагдсан)
AAI835-H	Аналог оролт гаралтын модуль (4-20mA, 4 сувагтай оролт, гаралт, тусгаарлагдсан)

Хүснэгт 3.

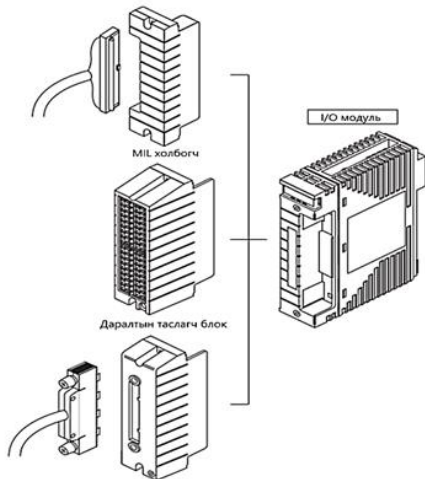
Дижитал оролт гаралтын модуль	
ADV151	Дижитал оролтын модуль (32-суваг, 24 V DC, тусгаарлагдсан)
ADV551	Дижитал гаралтын модуль (32-суваг, 24 V DC, тусгаарлагдсан)
AGS813	Серво модуль (тусгаарлагдсан)
AGP813	Өндөр хурдны хамгаалалтын модуль (тусгаарлагдсан)

Оролт гаралтын модулиудын төрөл - Н өргөтгөлтэй модуль нь HART (highway addressable remote transducer) протокол дэмждэг модулиуд байна.

CENTUM VP удирдлагын станц нь суурилагдсан панелийн орчны температур, удирдлагын станцын ажиллагааны төлөв байдал, тэжээл, сэнс, батарей, сүлжээний кабелийн төлөвийг мэдээлэх функцтэй байна.

В. Оролт гаралтын модулиудын холболт

Оролт гаралтын модулиуд байран дээр тавигдсан анхдагч хэмжих хэрэгслүүд, цахилгаан хаалт, регулятор болон цахилгаан тоноглолтой холбогдоно. Оролт гаралтын модулиудын холболтыг 4-р зурагт үзүүлэв.

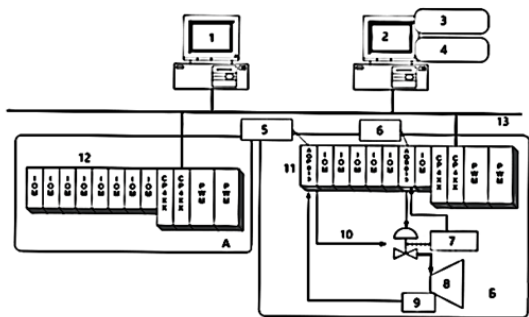


Зураг 4. Оролт гаралтын модулиудын холболт

Уурын турбины мэдээлэл цуглуулах байр болон тэжээлийн усны насосын МЦ-нд KS шилжүүлэх адаптор ашиглаж системийн кабелиар холбогдож ажиллана.

V. ТУСГАЙ ЗОРИУЛАЛТЫН МОДУЛЬ

Уурын турбины тохируулгын системийн удирдлага, хамгаалалт, блокировкийг тусгай зориулалтын AGP813, AGS813 маркийн модуль ашиглан CENTUM VP системд ашиглаж байна [3]. Уурын турбины үндсэн хяналт удирдлагад ашиглагдаж байгаа стандарт техник хэрэгслүүдийг тохируулгын системийн өндөр нарийвчлалтай, тусгай зориулалтын техник хэрэгслүүдтэй хослон ашиглаж, CENTUM VP системд оруулсан.



Зураг 5. Турбины CENTUM VP системийн хяналт удирдлагын системийн холболтын схем

A-Зуухны туслах тоноглолын хяналт; Б-Турбины хяналт/хамгаалалтын систем; 1- SOE сервер; 2- ENG/HIS; 3- Логик хувьсгуур; 4- Логик текст; 5- Өндөр хурдны хамгаалалтын модуль; 6- Серво модуль; 7- LVDT (дифференциал трансформатор); 8- Турбин; 9- Эргэлтийн хурд мэдрэгч; 10- Түгжээний дохио; 11- FCS-1; 12- FCS-2; 13-Vnet/IP

Удирдлагын станц, операторын станц, EWS, SOE сервер real time сүлжээнд Ethernet (V-net/IP)-р холбогдон ажиллаж байна. Уурын турбин болон зуухны туслах тоноглолын хэмжил хяналт,

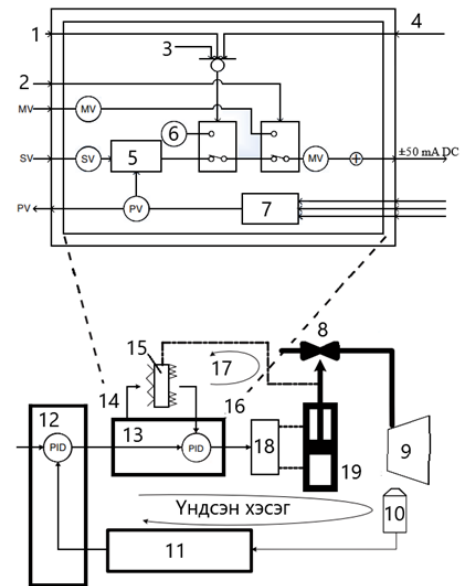
хамгаалалтын холболтын схемийг 5-р зурагт үзүүлэв.

Өндөр хурдны хамгаалалтын модуль (AGP813):

Энэ модуль хэрэглэгчийн оруулсан логик схемийг өөртөө хэрэгжүүлнэ. Иймээс машин хэт эргэлтэд орох, ачаалал хаях зэрэг үед өндөр хурдтай хамгаалах үйлчлэлийг агшин зуур гаргах боломжтой. Хамгаалалтын тавилын утгыг Centum VP инженерийн функцийг ашиглаж оруулж болох бөгөөд хамгаалалтын логик схем EWS-н тусгай программын байгууламжид хийгддэг. Үүнээс гадна AGP813 модуль SOE функц агуулна. Энэ SOE серверт процессын мэдээллийг түргэн хүлээж авах боломжтой болно.

Серво модуль (AGS813):

Турбоагрегатын тохируулах хаалт, өндөр даралтын цилиндр, дунд даралтын цилиндр, нам даралтын цилиндрийн “Varistroke” гүйцэтгэх механизмын онгойлтын хувийг энэ модуль 5 мс хугацааны давтамжтайгаар гүйцэтгэнэ [3]. Найдвартай байдлыг хангах үүднээс эдгээр модулиуд хос хувилбараар хийгдсэн байна. Ажилд байгаа модулийн мэдээллийг удирдлагын станц байнга хүлээн авч нөөцөд байгаа модульд дамжуулж синхрон ажиллана. Турбины эргэлтийн хурдны тохируулгын бүтцийн схемийг 6-р зурагт үзүүлэв.



Зураг 6. Турбины тохируулгын бүтцийн схем

1- FCU-ын off дохио; 2- Автомат/гар ажиллагаа; 3- Хэвийн бус тохиолдолд; 4- Унтраалгын DI оролт; 5- ПИД тооцоологч; 6- Алдаа/Зөвшөөрөгдөх утга; 7- Нэмэлт боловсруулалт; 8- Уурын тохируулгын хаалт; 9- Турбин; 10- Эргэлтийн хурд мэдрэгч; 11- AGP813 (Хяналтын хэсэгт, AGP813 нь импульсын оролтын модулиар ашиглагдана); 12-FCU; 13-AGS813 (Хаалтын эргэлтийг тохируулагч); 14- Өдөөгч /цахилгаан/; 15- LVDT-хувьсгуур; 16- Хаалтын өнцгийн байрлал; 17- Байрын хяналт; 18- Серво хаалт; 19- Гидравлик цилиндр

Удирдлагын тархмал хуваарилагдсан систем (DCS)-ийн давуу талууд:

1. Өгөгдлийн бааз нь контроллёруудын хооронд хуваарилагдах боловч инженерийн түвшинд нэгдмэл байна.
2. Операторын холболтын хэрэгсэл /интерфейс/ нягт интегралчлагдсан. Энд тэжээл залгагдсаны дараа ямар нэг тохиргоо, зүгшрүүлэлт хийхгүйгээр ажиллана.
3. Ашиглалтын ба ослын /аваарын/ дохиоллуудын боловсруулалт маш өргөн, үйлчлэл хугацаа богино бөгөөд операторын зүгээс ямар нэгэн үйлчлэлгүйгээр шийдвэрлэнэ.
4. Тохиргоог боловсруулж онлайн хэлбэрээр өөрчлөх боломжтой.
5. Тэжээлийг салгахгүйгээр саатаж гэмтсэн төхөөрөмжийг сольж өөрчлөх ба системийг өргөтгөх боломжтой.
6. Операторын интерфейсээс оролт гаралтын сувгууд хүртэлх бүх түвшинд ямар нэг хөглөлт зүгшрүүлэлтгүйгээр оношлох боломжтой.
7. Системийн аль ч бүрэлдэхүүн хэсэг нөөцтэй байна[5]

Системийг сайжруулах дараах боломжууд

1. Төв процессорын модуль, корпусыг солихгүй шинэчлэх
2. Пакет боловсруулалтын ажиллагааг онлайн-шинэчлэх функцийг сайжруулалт
3. Төв процессорын модулийг тухайн газрын стандартад харгалзах баталгаажуулалт хийгдэх зэрэг багтаж байна.

ДҮГНЭЛТ

ДЦС-4 үндсэн болон туслах тоноглолуудын удирдлагын системд CENTUM VP системийг нэвтрүүлснээр дараах боломж давуу талууд байна.

- DCS-ийн удирдах процессор (контроллер) нь олон тооны ПИД тохируулгын хүрээнд үйлчлэх боломжтой.
- Мэдээллийн өгөгдлийн боловсруулалт нь төвлөрсөн биш ба оролт гаралтын хэсгүүд нь тархмал системийн байгуулалтаар тодорхойлогдоно.
- Өгөгдлийн системийн зангилаан дахь холболт, угсралт, ашиглалтын ажил хялбар болж, холболтын утасны урт, монтажны хийц багасна.
- Уурын турбинд шинэ системийг нэвтрүүлснээр өмнөх онтой харьцуулахад уурын турбины зогсолт ойролцоогоор 45% -иар бууруулж, цахилгаан эрчим хүчний хэмжээг 28%-иар нэмэгдүүлэх боломжтой.
- Зуухны үнс үлээлгийн төхөөрөмжүүдэд суурилуулахад зуухнуудын дундаж ачаалал 12%-иар буюу 376 тн/цаг болж нэмэгдэх бөгөөд эрчим хүчний үйлдвэрлэл дунджаар 5%-иар нэмэгдэнэ.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Distributed control systems, chemical engineering department king saud university, 2002
- [2] Katsuhiko Ogata, Modern Control Engineering. fifth edition, p905, 2008
- [3] Maniwa Yukio, Kitamura Satoshi, Aoyama Kimihide, Matsuyama Mitsugu “Turbomachinery control by CENTUM VP”
- [4] Oda Shnji, Torigoe Kenji., Development concept of the centum vp new integrated production control system – Operational excellence by Vigilant Plant – Yokagawa Technical Report English Edition No.45 2008
- [5] <https://www.yokogawa.com/>