

Улсын бүртгэлийн  
дугаар.....  
Аравтын бүрэн  
Ангиллын код

Нууцын зэрэглэл:  
**Б**  
Төсөл гүйцэтгэх гэрээний  
дугаар: ШуСс-2018/10

**Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль**  
**Эрчим Хүчний Сургууль**

**ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ДОЛГИОНЫ**  
**БОХИРДЛЫН ТӨЛӨВ БАЙДЛЫН СУДАЛГАА**

Суурь судалгааны төслийн тайлан  
2018-2019

**Төслийн удирдагч:** Д.Содномдорж, Академич, Шинжлэх ухааны доктор  
(Sc.D), профессор

**Санхүүжүүлэгч  
байгууллага:** БСШУСЯ-ны Шинжлэх ухаан, технологийн сан

**Захиалагч байгууллага:** БСШУСЯ-ны Шинжлэх ухааны бодлого зохицуулалтын  
газар

**Тайлан өмчлөгч:** ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль

Улсын бүртгэлийн  
дугаар.....  
Аравтын бүрэн  
Ангиллын код

Нууцын зэрэглэл:  
**Б**  
Төсөл гүйцэтгэх гэрээний  
дугаар: ШyCc-2018/10

**Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль**  
**Эрчим Хүчний Сургууль**

**ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ДОЛГИОНЫ**  
**БОХИРДЛЫН ТӨЛӨВ БАЙДЛЫН СУДАЛГАА**

Суурь судалгааны төслийн тайлан  
2018-2019

**Төслийн удирдагч:** Д.Содномдорж, Академич, Шинжлэх ухааны доктор  
(Sc.D), профессор  
[sodnomd@must.edu.mn](mailto:sodnomd@must.edu.mn), 99062174

**Санхүүжүүлэгч  
байгууллага:** БСШУСЯ-ны Шинжлэх ухаан, технологийн сан

**Захиалагч байгууллага:** БСШУСЯ-ны Шинжлэх ухааны бодлого зохицуулалтын  
газар

**Тайлан өмчлөгч:** ШУТИС, Эрчим хүчний сургууль

Улаанбаатар

2019

## ГАРЧИГ

ӨМНӨХ ҮГ .....	6
ОРШИЛ .....	8

### НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ

#### ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ДОЛГИОНЫ БОХИРДЛЫН ХҮРЭЭЛЭН БУЙ ОРЧИНД НӨЛӨӨЛӨХ НӨЛӨӨЛЛИЙН СУДАЛГАА

1.1. Цахилгаан соронзон долгионы бохирдол, түүний мөн чанар.....	13
1.2. Цахилгаан соронзон долгионы үүсгэгчид.....	17
1.3. Цахилгаан соронзон орны хэмжилт .....	21
1.3.1. Цахилгаан соронзон орны түвшинг хэмжих аргачлал .....	23
1.4. Цахилгаан соронзон цацрагийн аюулгүй байдлын цомтгосон үнэлгээ	27

### ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ

#### ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН НИЙЦЭЛТ

2.1. Цахилгаан соронзон нийцэлтийн ерөнхий ойлголт.....	32
2.2. Цахилгаан соронзон саатлын мөн чанар .....	33
2.3. Цахилгаан соронзон нийцэлтийн хүрээн дэх ажлын үндсэн зорилго ба агуулга.....	37
2.4. Цахилгаан соронзон нийцэлтийн норм ба зөвлөмж.....	37

### ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ

#### ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН НИЙЦЭЛТИЙН ЭКОЛОГИЙН АСУУДАЛ

3.1. Амьд организмуудын үйл ажиллагаанд цахилгаан процессын нөлөөлөл.....	43
3.2. Ажлын байранд ба ахуй дахь цахилгаан соронзон төлөв .....	49
3.3. Хүний биед цахилгаан ба соронзон орнуудын үйлчлэх механизм.....	54
3.4. Цахилгаан соронзон орнуудын хүний биед аюулгүй хүчлэгийн нормчлол .....	60

3.4.1. Гадаад орнуудын нормчлолын хэм хэмжээт үндэс .....	60
3.4.2. Ажиллагсадын ажлын байр болон өндөр хүчдэлийн агаарын шугам ба дэд станцын нөлөөллийн бүсэд хүмүүсийн амьдрах нөхцлийн нормчлол .....	64
3.5. Цахилгаан соронзон орныг тодорхойлох тооцооны аргачлал .....	68

## ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ

### УЛААНБААТАР ХОТЫН НИЙТИЙН ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ

#### ГАЗРУУД ДАХЬ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫ

#### ПАРАМЕТРҮҮДИЙН СУДАЛГАА

4.1. Нийтийн үйлчилгээний газрууд дахь цахилгаан соронзон орны параметруудийн хэмжилт .....	72
4.2. Өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугам болон трансформаторын дэд станцын орчны цахилгаан соронзон орны хэмжилт .....	90
4.3. Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны параметруудийн математик боловсруулалт .....	94
4.3.1. Орчны цахилгаан соронзон орны параметрууд болон агаарын үзүүлэлтүүдийн хоорондын корреляци хамаарлын дүн шинжилгээ ...	94
4.3.2. Регрессийн загварыг байгуулах үе шат, тавигдах шаардлага .....	102
4.3.3. Регрессийн загварыг байгуулах алгоритм.....	103
4.3.4. Регрессийн загварын үнэмшлийг шалгах шинжүүр .....	106
4.3.5. Цахилгаан соронзон орны параметруудийн .....	109
регрессийн загварууд .....	109
4.4. Цахилгаан эрчим хүчний объектуудын цахилгаан соронзон орныг тодорхойлох аргачлал.....	115
4.4.1. 35 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны тооцоо .....	118
4.4.2. 110 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны тооцоо .....	121



ТАВДУГААР БҮЛЭГ  
ЦАХИЛГААН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН НУТАГ ДЭВСГЭР ДЭЭРХ  
ХҮРЭХ ХҮЧДЭЛИЙН СУДАЛГАА

5.1. Ерөнхий зүйл .....	123
5.2. Хүрэх хүчдэлийн хэмжилт .....	123
5.3. Алхамын хүчдэл .....	125
5.4. Хүрэх хүчдэл ба алхамын хүчдэлийг тодорхойлох тооцооны үр дүн	129
5.5. Хүрэх хүчдэлийг бууруулах хамгаалалтын арга хэмжээнүүд .....	138
5.6. Цахилгаан ба цахилгаан соронзон орнуудын үйлчлэлээс ажиллагсадыг хамгаалах.....	141
ДҮГНЭЛТ.....	143
СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮНГЭЭС ГАРАХ ЗӨВЛӨМЖ.....	147
ХАВСРАЛТ 1 .....	150
ХАВСРАЛТ 2 .....	153
ХАВСРАЛТ 3 .....	154
АШИГЛАСАН НОМ ЗОХИОЛ.....	155

## ӨМНӨХ ҮГ

Хорьдугаар зууны хүн төрөлхтний хурдацтай хөгжил нь манай гаригийн нүүр царайг олон талын хувьсалд хүргэсэн ба дурын техникийн асуудлыг шийдвэрлэхэд хүрээлэн буй орчинтой хүний зохион бүтээгдсэн технологи мандлын харилцан үйлчлэлийн үр дагаварт дүн шинжилгээ хийхийг шаардаж байна. Иймд орчин үеийн экологийн асуудлын шийдэл бүх техникийн, ялангуяа эрчим хүчний салбарын болон шинжлэх ухааны мэдлэгийн хүрээний оролцоогүйгээр ямар ч боломжгүй юм. Цахилгаан соронзон экологийн асуудалд техник хэрэгслүүдийн ойр орчинд тэдгээрийн байрлал, бодит онцлог чанар, бусад техникийн объектууд, материаллаг биетүүдийг тооцсон цахилгаан соронзон орны нарийвчилсан судалгааг гүйцэтгэх зайлшгүй нөхцөл байдал тавигдаж байна. Ялангуяа хот суурин газруудын хүн амын нягтрал ихтэй нийтийн үйлчилгээний газрууд болон ил хуваарилах байгууламжтай эрчим хүчний объектуудын орчны цахилгаан соронзон орны хүчлэгийг орчин үеийн хэмжилтийн багажуудыг ашиглаж туршилт, хэмжилтийг явуулж хүний бие организм ба амьд организмд хэрхэн нөлөөлж байгааг тогтоох, сөрөг нөлөөллийг багасгах арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх хэрэгтэй байна.

Энэ зорилгын үүднээс бид “Орчны цахилгаан соронзон долгионы бохирдлын төлөв байдлын судалгаа” сэдэвт суурь судалгааны төслийн хүрээнд Улаанбаатар хотын хүн амын нягтрал ихтэй нийтийн үйлчилгээний газрууд болон цахилгаан эрчим хүчний 110/35/10 кВ-ын ба 35/10 кВ-ын дэд станцууд, 110, 35 кВ-ын өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугам болон троллейбусны 600 В-ын хүчдэлтэй шугамын орчинд цахилгаан соронзон орны хүчлэглүүдийн ба орчны агаарын чанарын үзүүлэлтүүд (даралт, температур, чийгшилт, нүүрс хүчлийн хий  $CO_2$ )-ийн хэмжилт хийж үр дүнд дүн шинжилгээг гүйцэтгэсэн болно.

Мөн цахилгаан эрчим хүчний дээрх объектуудын цахилгаан соронзон орны параметруудийг тодорхойлох тооцооны аргачлалыг боловсруулж энэ аргачлалаар тооцоо хийж үр дүнг хэмжилтийн үр дүнгүүдтэй харьцуулсан юм. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд хэмжилтийн утгууд ба тооцооны утгууд өөр хоорондоо ойролцоо гарсан нь бидний боловсруулсан аргачлалын үнэн зөвийг харуулж байна.

Төслийн явцад хийсэн судалгааны талаар ШУТИС-ийн болон эрчим хүчний сургуулийн эрдмийн зөвлөлөөр тус тус танилцуулж байсан ба эцсийн тайланг бичиж хүлээлгэн өгч байна. Энэхүү төслийн хүрээнд бид өмнө нь ДЦС-3, ДЦС-4 болон Дарханы 10 МВт-ын нарны цахилгаан станцын цахилгаан соронзон орны судалгаа хийх захиалгат эрдэм шинжилгээний ажил гүйцэтгэж тайлан бичиж хүлээлгэн өгсөн болно. Мөн сэдвийн хүрээнд эрдэм шинжилгээний өгүүлэл-3, эрдэм шинжилгээний илтгэл-1 бичиж хэвлүүлсэн болно. Энэ төслийн дагуу нэг доктор хамгаална.

## ОРШИЛ

Цахилгаан соронзон долгион нь хангалттай нийлмэл асуудал байдаг ба энэ нь янз бүрийн цахилгаан соронзон үзэгдлүүд, кондуктив ба орны саатлын тархалтын замын болон төрөл бүрийн техник хэрэгслүүдийн цахилгаан соронзон тогтворжилтын асуудлыг багтаадаг. Цахилгаан техник нь өргөн агуулгаараа цахилгаан соронзон үзэгдлийн практик хэрэглээний том салбар бөгөөд практик зорилгоороо цахилгаан соронзон процесс ба цахилгаан соронзон орныг ашиглах боломжийг судалдаг шинжлэх ухаан юм.

Хүрээлэн буй орчны эрчим хүчний бохирдлын хүчин зүйл болох цахилгаан соронзон орон зөвхөн хүний аж ахуйн үйл ажиллагааны чиг хандлага төдийгүй түүний амьдралын болон сэтгэхүйн дүр төрхийг тодорхойлох болсон байна. Хүн төрөлхтний соёлжилтын хөгжил нь энергийн хэрэглээний, ялангуяа тоног төхөөрөмжүүдийн тоо, тэдгээрийн чадлын ихсэлттэй уялдан цахилгаан энергийн хурдан өсөлттэй холбоотой гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй. Энэ нь эхний ээлжид өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугамын ерөнхий уртын ихсэлт, трансформаторын тооны өсөлт, цахилгаан энергийн дамжуулалт, түгээлтийн шинэ технологийн нэвтрэлтээр тодорхойлогдох эрчим хүчний системийн эрчимтэй хөгжилтэй холбоотой юм.

Цахилгаан энергийн дамжуулалт, хуваарилалтын процесс, хүн ихэвчлэн шууд харьцаж байдаг эрчим хүчний систем (ЭХС)-ийн элементүүдийн орчинд цахилгаан ба соронзон орон үүссэнтэй холбоотой юм. Цахилгаан соронзон долгион (орон) бол техник хэрэгслийн хэвийн үйл ажиллагааны чанарыг бууруулдаг, хүний эрүүл мэнд, амьд организмд муугаар нөлөөлдөг цахилгаан соронзон үзэгдэл буюу процесс юм. Энэ үзэгдлийн аюултай байдал нь хүн амын ба үйлдвэрлэлийн нөхцлийн хувьд

үйлдвэрийн давтамжтай соронзон болон цахилгаан оронд зөвшөөрөгдөх дээд түвшнийг тогтоож өгдөг орны ариун цэвэр, эрүүл ахуйн нормчлолоор батлагддаг. Нутаг дэвсгэр, барилга байшин болон дотор орчны цахилгаан соронзон орон (ЦСО)-ны шинжлэн магадалгааны асуудлыг эрчим хүчний системийн элементүүдийн ЦСО-ны бохирдлын үүднээс зөвхөн тохиолдлын байдалтайгаар л авч үздэг байв.

Хорьдугаар зууны хүн төрөлхтний хурдацтай хөгжил манай гаригийн нүүр царайг эргэлтгүй чухал өөрчлөлтөд хүргэсэн байдаг. Үйлдвэрийн үйлдвэрлэл, хөдөө аж ахуйн эрчимжилт, мэдээллийн технологийн нэвтрэлт, хүний үйл ажиллагааны бүх салбаруудын бүх нийтээр компьютержүүлэлт нь амьдралын процессуудын ерөнхий энергобагтаамжийн асар их өсөлтөөр тодорхойлогдож түүний байнгын орчинг өөрчилдөг. Өнөөдрийн нөхцөл байдал дурын техникийн асуудлыг шийдвэрлэхэд хүрээлэн буй байгалийн орчинтой хүний зохион бүтээгдсэн технологи мандлын харилцан үйлчлэлийн үр дагаврыг тооцох зайлшгүй байдлыг тулган шаардаж байна.

Экологийн болон хүрээлэн буй орчны асуудал шинжлэх ухаан технологийн хувьд ч, нийгэм эдийн засгийн хүрээнд ч чухал тулгамдсан асуудал болно. Учир нь хүний аж ахуйн үйл ажиллагааны үр дагавар улам ихээр бүх нийтийн хэмжээнд хүргэж байна. Хүний организм ба оршин суугчдын орчинг холбох өөр хоорондоо холилдсон олон янзын процессууд хүрээлэн буй орчинд зориудын бус үйлчлэлийн ба байгалийн чиг зорилготой өөрчлөлтийн үр дагаврын цогцолбор үнэлгээг шаарддаг [1]. Иймд орчин үеийн экологийн асуудлын шийдэл бүх техникийн салбарууд болон шинжлэх ухааны мэдлэгийн хүрээний оролцоогүйгээр ямар ч боломжгүй юм.

Хүрээлэн буй орчны асуудлаар НҮБ-ын программын хүрээнд явуулсан манай гаригийн дийлэнх орнуудын хөгжлийн улс ардын аж ахуйн төлөвлөгөөнүүдийн дүн шинжилгээгээр улс орнуудын эдийн засгийн

интеграл үзүүлэлтүүд, мөн түүнчлэн тэдгээрийн ойрын арван жил дэх хөгжлийн чиг хандлага нь олон үзэл бодлоор манай гаригийн өнөөгийн нөөц баялгаар хангагдахгүй гэдгийг баталж байна [3-5]. Үүнтэй уялдаад экологийн чиг хандлагын сонголт ба олон нийтийн экологийн ухамсрын үндсэн дээр төлөвших чухал нөхцөл байдал бол өнөө үед хүний нийгмийн тогтвортой хөгжлийн хувьд хэдийгээр хангалттай биш ч гэсэн зайлшгүй нөхцөл юм.

Хүний нийгэм, юуны өмнө амьдралын тааламжтай нөхцлийг бий болгоход чиглэгдсэн өөрийн үйл ажиллагааны процессод байгалийн орчны агаар мандал, усан мандал, биомандал, технологи мандал, цул мандалууд үйлчилж байдаг. Гадаадын геоэкологийн чиглэлээр хийгдсэн олон бүтээлийн дүн шинжилгээний үр дүнд байгалийн орчны бохирдлын олон хэлбэрүүдийн дотроос эрчим хүчний бохирдлын нэг өвөрмөц хэлбэр болох цахилгаан соронзон оронг онцгойлон тэмдэглэсэн байна. Бохирдлын энэ хэлбэрийн онцлог нь байгалийн орчны бүх бүрдүүлэгчдэд нэгэн зэрэг нөлөөлдөг [6, 7].

Техникийн дэвшлийн бараг бүх амжилтуудын үлэмж хэмжээний нөхцөл болсон хүн төрөлхтний гайхамшигтай, эрин үеийг эзэгнэсэн амжилтуудын нэг бол цахилгаан соронзон энергийн бүх нийтийн хэрэглээ юм. Энэ нь өнөө үед зохиомол гаралтай ЦСО-ны үүсгэгчид хүний бүх амьдралын туршид тасралтгүй дагалдаж байдаг. Хүний хөдөлмөрийн үйл ажиллагааны процессод ч, ахуйд ч янз бүрийн орон зай, цаг хугацааны тодорхойломжтой ЦСО-г бий болгодог олон төрлийн техник хэрэгслүүд хүрээлж байдаг.

Энд нэг хэсэг техник хэрэгслүүдийн хувьд цахилгаан соронзон энергийн үйлдвэрлэл, тэдгээрийн үйл ажиллагааны зориулалтаар тодорхойлогдох технологийн онцлогтой бол бусад хэрэгслүүдийн хувьд эсрэгээр дагалдах илрэл байдаг. Гэхдээ хоёр тохиолдолд хоёуланд нь

үйлдвэрлэгдэх орнууд хүрээлэн буй орчны бохирдлын идэвхтэй хүчин зүйл болдог.

Цахилгаан соронзон экологийн асуудалд техник хэрэгслүүдийн шууд ойр орчинд тэдгээрийн байрлал, бодит онцлог чанар, бусад техникийн объект, материаллаг биетүүдийг тооцсон ЦСО-ны дүн шинжилгээг олонтоо хийх шаардлагатай байдаг [8]. Энэ тохиолдолд туршилт, хэмжилтийг үнэн зөв явуулах, гарган авсан үр дүнгүүдийг боловсруулахад зохих хүндрэл бий болдог. Энэ нөхцөл байдал нь ялангуяа сүүлийн жилүүдэд цахилгаан соронзон төлөвийн тооцооны аргачлалыг боловсруулах үндэслэл болж байна.

Цахилгаан соронзон долгионы үүсгэгчдийг хоёр том группд хуваадаг: байгалийн цахилгаан соронзон үзэгдлүүдээр бий болох байгалийн үүсгэгчид ба техникийн тоног төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон процессуудаар үүсэх зохиомол үүсгэгчид. Байгалийн үүсгэгчдийн дотроос агаарын цахилгаан цахилалт, биеүдийн хоорондын статик цахилгаан очлолт чухал байр эзэлдэг. Бусад нарны болон сансрын гаралтай бүх байгалийн үүсгэгчид (агаарын шуугиан, геосоронзон ба геоцахилгаан орон, нарны болон сансрын цацрагууд) харьцангуй сул үйлчилгээ үзүүлдэг байна. Зохиомол үүсгэгчдэд цахилгаан тоног төхөөрөмжүүд, машин, багаж хэрэгсэл, мэдээллийн техникийн төхөөрөмжүүдийн хэвийн болон аваарын горимын үед бий болох бүх процессыг авч үздэг.

Цахилгаан соронзон долгион (орон)-ы хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх үйлчилгээ зөвшөөрөгдөх түвшнээс ихгүй байх, үйлчилгээний ажилтан болон энгийн ард иргэдэд хортой нөлөөлөл үзүүлэхгүй, автомастикийн төхөөрөмжүүдэд сөрөг үр дагавар бий болгохгүйн тулд хэд хэдэн шаардлагуудыг хангасан байх хэрэгтэй. Цахилгаан соронзон нийцэлтийг хангахгүй байх нь дурын тохиолдолд шууд болон шууд бус эдийн засгийн алдагдал (хохирол)-д хүргэдэг.

1976 онд олон улсын цахилгаан техникийн комиссоос цахилгаан соронзон нийцэлтийн дараах томъёоллын журмыг гаргасан байна: **“Цахилгаан соронзон нийцэлт (төхөөрөмж ба түүний хүрээлэн буй орчны хооронд, эсвэл төхөөрөмжүүдийн хооронд) нь тухайн цахилгаан соронзон орчинд түүнийг онцгой цочролд оруулахгүйгээр хэвийн үйл ажиллагаа явуулах тоног төхөөрөмжүүдийн чадвар юм.”** Энэ журамтай уялдаад цахилгаан соронзон нийцэлтийн асуудал хоёр үндсэн зүйлтэй байна гэж тэмдэглэсэн:

- цахилгаан соронзон цочролын үед объект (систем)-ын тогтвортой байдал;
- тодорхой орчинд, жишээ нь үйлдвэрийн цахилгаан соронзон эмисс мөн цахилгаан энергийн чанарын асуудал цахилгаан соронзон нийцэлтийн салшгүй нэг хэсэг байна.

Олон улсын ГОСТ 30352-45 стандартын “Техник хэрэгслийн цахилгаан соронзон нийцэлт, нэр томъёо, тодорхойлолт” хэсэгт техник хэрэгслийн цахилгаан соронзон нийцэлтийн дараах тодорхойлолтыг өгсөн байна: **“Тухайн цахилгаан соронзон төлөв байдалд өгөгдсөн чанартайгаар үйл ажиллагаа явуулах ба бусад техник хэрэгслүүдэд зөвшөөрөгдөхгүй цахилгаан соронзон саатлыг бий болгохгүй байх техник хэрэгслийн чадвар”**.

Эрчим хүчний тоног төхөөрөмж, тухайлбал өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугам, цахилгаан тээврийн шугам, хүчний трансформаторын дэд станц ба хуваарилах пунктууд нь суурьшсан нутаг дэвсгэр дээрх ерөнхий цахилгаан соронзон төлөвт маш их хувь нэмэр оруулдаг үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан соронзон оронг үүсгэдэг [1, 8, 9]. Цахилгаан дамжуулах шугамын цахилгаан орон түүний ачааллаас бараг хамаардаггүй ба хүчдэлээр бүрэн тодорхойлогддог. Харин соронзон орон ачааллаас ихээр хамаардаг.



**НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ**  
**ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ДОЛГИОНЫ БОХИРДЛЫН ХҮРЭЭЛЭН**  
**БУЙ ОРЧИНД НӨЛӨӨЛӨХ НӨЛӨӨЛЛИЙН СУДАЛГАА**

**1.1. Цахилгаан соронзон долгионы бохирдол,  
түүний мөн чанар**

Хүрээлэн буй орчны эрчим хүчний бохирдлын нэг хүчин зүйл болох цахилгаан соронзон орон зөвхөн хүний аж ахуйн үйл ажиллагааны чиг хандлага төдийгүй мөн түүний амьдрал, сэтгэхүйн шинж төлөвийг тодорхойлох болсон байна. Өнгөрсөн зууны 80–аад онуудад хүний нийгмийн өмнө хурцаар тавигдсан цахилгаан соронзон нөлөөллийн асуудал өнөөгийн түвшинд зохих хэмжээгээр шийдэгдсээр байна. Гэхдээ энэ нь теле холбоо харилцааны системийн технологийн процессын дагалдах үр дагавар болох хүний биеийн цахилгаан соронзон бохирдолд л хамааруулж ирсэн байна.

Энергийн, ялангуяа цахилгаан энергийн хэрэглээний хурдан өсөлттэй холбоотой үйлдвэрлэл, хүний нийгмийн хөгжил асар хурдтай явагдаж байгааг энд тэмдэглэх хэрэгтэй. Энд юуны өмнө трансформаторын дэд станцын тооны өсөлт, цахилгаан дамжуулах өндөр хүчдэлийн шугамын нийлбэр уртын ихсэлт, цахилгаан энергийн тээвэрлэлт ба хуваарилалтын шинэ технологийн дэвшилттэй холбоотой эрчим хүчний системийн эрчимтэй хөгжилтөөр тодорхойлогддог. Цахилгаан энергийн дамжуулалт, хуваарилалтын процесс нь эрчим хүчний системийн элементүүдийн ойролцоо хүний биед нөлөөлөх цахилгаан соронзон орныг бий болгодог. Үүний аюултай байдал үйлдвэрлэлийн нөхцлийн хувьд ч, хүн амын хувьд ч үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан ба соронзон оронд зөвшөөрөгдөх

хязгаарын түвшинг тогтоож өгдөг ариун цэвэр эрүүл ахуйн нормоор батлагддаг.

Гэвч эрчим хүчний системийн объектуудын цахилгаан соронзон хяналтын арга зүйн бааз үнэн чанартаа байдаггүй. Эрчим хүчний системийн элементүүдийг цахилгаан соронзон орноор бохирдуулах үүднээс газар нутаг, барилга байшин, орон байрын цахилгаан соронзон орны магадлан шинжлэлийн асуудлыг зөвхөн тохиолдлын байдалтайгаар л авч үздэг байв.

Хорьдугаар зуун дахь хүн төрөлхтний түргэн хурдацтай хөгжил манай гаригийн төлөв байдлын буцалтгүй өөрчлөлтөд хүрэгсэн байна. Хүний үйл ажиллагааны бүх салбарын үйлдвэрийн үйлдвэрлэл, хөдөө аж ахуй, мэдээллийн технологийн нэвтрэлт, бүх нийтийн компьютерчлэлийн эрчимжилт нь аж амьдралын процессын ерөнхий эрчим хүчний багтаамжийн асар их өсөлтөөр тодорхойлогдож улмаар түүний аж амьдралын орчинг эрс өөрчилж өгсөн. Өнөөдрийн бодит байдал техникийн дурын асуудлын шийдэлд хүрээлэн буй байгалийн орчинтой хүний үйл ажиллагааны үр дүнд бий болсон техномандалын харилцан үйлчлэлийн үр дагаварыг тооцох зайлшгүй шаардлагыг хүлээлгэж байна.

Экологийн болон хүрээлэн буй орчны асуудал шинжлэх ухаан техникийн ба нийгэм-эдийн засгийн хүрээнд маш чухал тулгамдаж байна. Учир нь бидний аж ахуйн үйл ажиллагааны үр дагавар улам их бүх нийтийн хэмжээнд хүргэж байна. Өнөө үед хүний амьдралын болон хөдөлмөрийн аюулгүй, эрүүл нөхцлийг бий болгох асуудлын шийдлийн боловсруулагдсан аргууд нь хүн ба түүний зохион бүтээсэн техникийн хэрэгслүүд, хүний ажиллах чадвар, эрүүл мэндийг хангах зорилгоор хүрээлэн буй орчинтой харилцан үйлчлэлийг оновчлоход чиглэгддэг.

Хүний организм ба түүний оршин байх орчныг холбох өөр хоорондоо сүлжилдсэн процессудын олон талт байдал хүрээлэн буй орчинд санаатай бус үйлдлийн хувьд ч, байгалийн чиг зорилготойгоор өөрчлөхийн хувьд ч

бий болсон үр дагварын цогцолбор үнэлгээг шаардаж байна [1]. Иймд орчин үеийн экологийн асуудлын шийдэл нь шинжлэх ухааны бүх хүрээ ба техникийн салбаруудын оролцоогүйгээр ямарч боломжгүй юм.

Манай гаригийн дийлэнх орнуудын хөгжлийн улс ардын аж ахуйн төлөвлөгөөний хүрээлэн буй орчны асуудлаар НҮБ-ын программын хүрээнд гүйцэтгэсэн дүн шинжилгээ, улс орнуудын эдийн засгийн интеграл үзүүлэлтүүд, тэдгээрийн ойрын 10 жилийн хөгжлийн чиг хандлага нь олон талаар манай гараг дээрх өнөөгийн нөөц баялагаар хангагдахгүй гэдгийг харуулж байна [2-5]. Үүнтэй уялдаад экологийн чиг хандлагын сонголт чухал нөхцөл байдал болох бөгөөд түүний үндсэн дээр нийгмийн экологийн ухамсар төлөвшилт өнөөдөр, хэдийгээр хүний нийгмийн тогтвортой хөгжлийн хангалттай нөхцөл биш ч гэсэн зайлшгүй нөхцөл болно.

Хүний нийгэм, юуны өмнө аж амьдралын тав тухтай нөхцлийг бий болгоход чиглэгдсэн өөрийн үйл ажиллагааны процесст, байгалийн орчны агаар мандал, усан мандал ба цул мандал гэх мэт янз бүрийн бүрдүүлэгчдэд үйлчилж байдаг. Өнөө үед тийм үйлчилгээ манай гаригийн бүх тивийг хамарсан бүх нийтийн шинж чанартай болсон байна. Гадаадын олон судлаачдын бүтээлийн дүн шинжилгээ, байгалийн орчны хүний үйл ажиллагааны бохирдолтын олон хэлбэрүүдийн дотроос эрчим хүчний бохирдолтын нэг өвөрмөц хэлбэр болох цахилгаан соронзон орны хэлбэрийг ялгаж болно гэдэг тэр нөхцөл байдлыг тэмдэглэх боломж олгож байна. Энэ хэлбэрийн нөлөөлөл бодит байдалд байгалийн орчны бүх бүрдүүлэгчдэд нэгэн зэрэг үйлчилдэг.

Хүн төрлөхтний эрин үеийн гайхамшигтай амжилтуудын нэг нь цахилгаан соронзон энергийн газар сайгүй ашиглалт юм. Энэ нь өнөөдрийн түвшин дэх зохиомол гаралтай цахилгаан соронзон орны үүсгэгчид хүний бүхий л амьдралын туршид тасралтгүй бий болж байдагт хүргэдэг байна. Хүний хөдөлмөрийн үйл ажиллагааны процесс болох ахуйд янз бүрийн орон

зай-цаг хугацааны тодорхойломжтой цахилгаан соронзон орныг бий болгодог янз бүрийн техник хэрэгсэл хүрээлж байдаг. Энд нэг хэсэг техникийн хэрэгслүүдийн хувьд цахилгаан соронзон энергийн үйлдвэрлэл тэдгээрийн үйл ажиллагаагаар бий болох технологийн онцлогтой байхад, харин бусад хэрэгсэлүүдийн хувьд дагалдан бий болдог. Гэхдээ хоёр тохиолдолд үйлдвэрлэгдэж буй орнууд хүрээлэн буй орчны бохирдолд идэвхтэй хүчин зүйл болдог.

Тэдэнтэй холбоотой уламжлалт асуудлууд цахилгаан соронзон хяналтын үндэс болох дараах үндсэн хандлагуудын тусламжтайгаар шийдвэрлэгддэг:

- үүсгэгчид болох техник хэрэгслүүдийн зохион бүтээлт, төсөөлөлт ба байрлалтуудын үе шатанд маш чухал болох цахилгаан соронзон орны тооцооны таац [6-8];
- объектуудын ашиглалт ба тэдгээрийн цогцолборуудын үе шатанд цахилгаан соронзон төлөвийн хэмжилтийн хяналт [9-11];
- цахилгаан соронзон орны хамгаалалтын арга хэмжээний боловсруулалт ба цахилгаан соронзон орны хэм хэмжээний тогтоолт [8, 12].

Цахилгаан соронзон төлөвийн асуудалд техник хэрэгслүүдийн орчинд бусад техник хэрэгсэл болон материаллаг биетүүдийн бодит онцлог ба тэдгээрийн байршлыг тооцсон орны дүн шинжилгээ маш чухал гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй [8]. Энэ тохиолдолд туршилтын үнэн зөв гүйцэтгэл ба туршилтын замаар гарган авах үр дүнгүүдийн нарийвчлалыг гаргахад зохих хүндрэл бий болдог.

## 1.2. Цахилгаан соронзон долгионы үүсгэгчид

Эрчим хүчний төхөөрөмжүүд, тухайлбал цахилгаан дамжуулах шугам, тэжээлийн болон хуваарилах шугам сүлжээ, цахилгаан тээврийн зүтгүүрийн дэд станцууд, хүчний трансформаторууд, хуваарилах пунктууд нь барилга байгууламжтай нутаг дэвсгэр дээр болон олон нийтийн газруудад цахилгаан соронзон ерөнхий төлөв байдалд тодорхойлогч хувь нэмэр оруулдаг үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан соронзон орныг бий болгодог [1, 8, 13, 14].

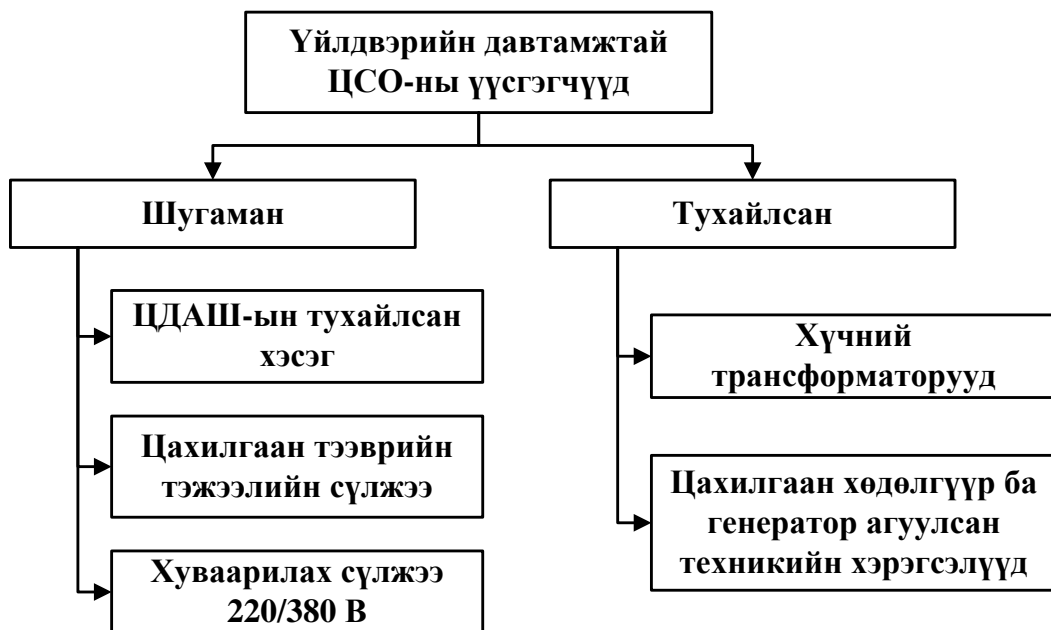
Цахилгаан соронзон орон хүний эрүүл мэндэд хортой нөлөөлөл үзүүлдэг. Энэ нь юуны өмнө төв мэдрэлийн системд нөлөөлдөг. Гэр ахуйн цахилгаан техникийн бий болгосон өндөр түвшний цахилгаан соронзон цацрагийн үйлчлэлийн үед толгой өвдөх, нойргүй болох болон ерөнхийдөө тааламжгүй байдалд хүргэдэг. Цахилгаан соронзон орон (ЦСО) бол өөр хоорондоо тэгш өнцгөөр байрласан цахилгаан ба соронзон оронтой эквивалент цахилгаан гүйдлийн орчинд үүссэн хүчний орон юм.

Цахилгаан соронзон үүсгэгчдийг орон зайн хэлбэр ба цацаргагч бүтцийн онцлог хэмжээгээр ангилдаг. Энд шугаман үүсгэгчид, тухайлсан үүсгэгчид гэж ангилдаг (зураг 1.1).

Цахилгаан соронзон орны шугаман үүсгэгчдийн хувьд дараах өвөрмөц онцлогтой байдаг. Энэ хэлбэрийн бүх үүсгэгчдийг дамжуулагчийн хоорондын зай нь ажиглалтын цэг хүртэлх зайтай харьцуулахад эрс бага байх олон утастай дамжуулах шугам байдлаар авч үзэж болно.

ЦСО-ны үндсэн үүсгэгчид нь цахилгаан дамжуулах шугам, хүчний трансформаторууд, гэр ахуйн цахилгааны утас, хөдөлгүүрийн дамжлагатай багаж хэрэгсэл, компьютерын дэлгэц, цахилгаан харилцаа холбоо ба нэвтрүүлгийн төхөөрөмжүүд, мөн түүнчлэн гар утаснууд байдаг. ЦСО-ны

үндсэн параметрууд бол цахилгаан орны хүчлэг ( $E$ ), соронзон орны хүчлэг ( $H$ ) болон энергийн урсгалын нягт юм. Янз бүрийн хэмжээтэй радио давтамж ба хэт өндөр давтамжийн эрчимжилтийн үнэлгээ янз бүр байдаг. Радио давтамжтай цацрагийн 300 МГц-ээс бага мужийн (IRRA/INIRC олон улсын байгууллагын зөвлөмж (иончлогдохгүй цацрагийн олон улсын хороо/цацрагаас хамгаалах олон улсын холбооны)-өөр 10МГц-ээс бага) цацрагийн эрчимжилт цахилгаан болон соронзон байгуулагчдын хүчлэгээр илэрхийлэгддэг ба вольтыг хуваах нь метр (В/м), эсвэл киловольтыг хуваах нь метр (кВ/м) болон амперыг хуваах нь метр (А/м) нэгжээр тодорхойлогддог.



Зураг 1.1. Үйлдвэрийн давтамжтай ЦСО-ны үүсгэгчүүд

Хэт өндөр давтамжийн мужид өөрөөр хэлбэл 300МГц-ээс дээш байвал эрчимжилт буюу эсвэл энергийн урсгалын нягт (ЭУН) ваттыг метр квадратад хуваасан нэгжээр ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ,  $1\text{Вт}/\text{м}^2=0.1\text{мВт}/\text{см}^2=100\text{мкВт}/\text{см}^2$ ) илэрхийлэгддэг. Нилээд тохиолдолд соронзон орны тодорхойломжид

соронзон индукцийг оруулдаг. Энэ нь соронзон орон индукцийн вектор тэгш өнцгөөр байрласан гүйдлийн нэгж элементэд үйлчлэх хүчтэй тэнцүү байна. Индукцийн нэгж тесла (Тл) болно.

ЦСО нь цахилгаан цэнэглэгдсэн биеүдтэй, мөн түүнчлэн өөрийн диполь ба мультиполь цахилгаан болон соронзон моментуудтай биеүдтэй харилцан үйлчлэх суурь физик орон болно. Тодорхой нөхцөлд бие биеэ үүсгэж чадах цахилгаан, соронзон орнуудын цогц нь үнэн чанартаа цахилгаан соронзон орны нэг л мөн чанар юм.

**Цахилгаан соронзон орон цахилгаан динамикт сонгодог дөхөлтөөрөө Максвеллын тэгшитгэлийн системийн тусламжтайгаар илэрхийлэгддэг. Орчин үеийн томъёоллоор цахилгаан соронзон орон цахилгаан орны хүчлэгийн гурван байгуулагч ба соронзон орны гурван байгуулагч болох бүрдүүлэгчдээр илэрхийлэгддэг. ЦСО –ны квантлаг шинж чанар ба түүний цэнэглэгдсэн хэсгүүдтэй, харилцан үйлчлэл нь квантын цахилгаан динамикийн судлах зүйл болно.**

Орон зайд тархаж буй цахилгаан соронзон орны долгиолыг цахилгаан соронзон долгион гэж нэрлэдэг. Дурын цахилгаан соронзон долгион хоосон орон зайд (вакуумд) гэрлийн хурдаар тархдаг (гэрэл өөрөө соронзон долгион болно). Долгионы утгаас хамаарч цахилгаан соронзон цацраг (ЦСЦ) –ыг радио цацраг ба гэрэл гэж ангилдаг. Цахилгаан гүйдлийн  $f = 50\text{Гц}$  давтамжтай үед долгионы урт:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{50} = 0.6 \cdot 10^7 \text{ м} = 6000 \text{ км}$$

болно. Энэ тохиолдолд квазистационар нөхцөл биелэгддэг, өөрөөр хэлбэл долгионы урт авч үзэж буй дамжуулагчийн ерөнхий уртаас маш их тул хугацааны агшин бүр дэх нийт хэлхээний гүйдлийн амплитудын тархалтыг жигд гэж үзэж болно [15]. Максвеллын тэгшитгэл [16]:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \quad \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (1.1)$$

$\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$  ба  $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$  уламжлалууд бага учраас тэдгээрийг тооцохгүй байж болно. Учир нь ЦСО хугацааны туршид харьцангуй удаан өөрчлөгддөг. Тэгвэл Максвеллын тэгшитгэл дараах хэлбэртэй болно:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j}, \operatorname{rot} \vec{E} = \vec{0} \quad (1.2)$$

Энэ хэлбэрийн бодлогын нөхцөлд цахилгаан ба соронзон орныг өөр хоорондоо үл хамаарах функц байдлаар авч үзэж болох бөгөөд цахилгаан соронзон долгион цацрагдахгүй гэж болно.

**Цахилгаан соронзон орон бол хөдөлж буй цахилгаан цэнэгүүдийн эргэн тойронд үүссэн материйн хэлбэр юм. Энэ нь бие биеэ харилцан үүсгэх цахилгаан ба соронзон орнуудаас бүрддэг. Тэдгээр нь тусгаарлагдсан байдлаар оршин тогтнох боломжгүй юм. Цахилгаан цэнэгүүд байнгын хөдөлгөөнд орших ба тэдгээрийн дамжуулагчаар шилжих динамик цахилгаан соронзон оронг үүсгэдэг. Дараагийн орны үүсгэгч нь өмнөх орон болно. ЦСО хүний нүдэнд харагдахгүй ч биднийг газар сайгүй хүрээлж байдаг.**

Цахилгаан соронзон орны үүсгэгчид:

- **Манай гаригийн соронзон орон.** Соронзон мандал бол эрдэмтдийн судалгааны хэрэгсэл байдаг. Энэ хүрээнд маш олон нээлт хийгдсэн боловч судлагдаагүй маш их асуудал байна;
- **Аяндын ниргэлт.** Янз бүрийн электрон төхөөрөмжүүдийн тооны өсөлттэй холбоотойгоор цахилгаан соронзон орны хиймлээр зохион бүтээгдсэн үүсгэгчид бий болсоныг бид дээр дурьдсан



### 1.3. Цахилгаан соронзон орны хэмжилт

Цахилгаан соронзон орны үүсгэгчдийн эрчимжилтээс хамаарч үйлчлэлийн богино, дунд, урт гэсэн янз бүрийн хэмжээстэй байдаг. Эдгээр нь бүгд хүний организмд сөрөг нөлөө үзүүлдэг. Цацрагийн үүсгэгч хэдий чинээ ойрхон байрласан байна төдий чинээ аюултай байна. Ажлын байран дахь ЦСО-ны эрчимжилтийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын норм СанПиН 2.2.4.3359-16 албан баримтаар журамлагдсан байна. Цацрагийн түвшний хяналт нь бодит (хэмжилтээр гарсан) утгыг хязгаарын нормтой харьцуулах, хүмүүсийн эрүүл мэндэд ЦСО-ны сөрөг нөлөөллийг арилгахын тулд аюулгүй байдлын арга хэмжээг боловсруулахад шаардлагатай юм.

Соронзон орны ажлын байран дахь зөвшөөрөгдөх хязгаарын нормыг дараах хүснэгт 1.1-д үзүүлэв.

*Хүснэгт 1.1*

*Ажлын байран дахь соронзон орны зөвшөөрөгдөх хязгаарын норм*

Ажлын өдөрт үйлчлэх хугацаа, минут	Үйлчлэлийн нөхцөл			
	Ерөнхий		Хэсэгчилсэн	
	СО-ны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын утга, кА/м	Соронзон индукцийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын утга, мТл	СО-ны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын утга, кА/м	Соронзон индукцийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын утга, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

Хүний биед соронзон орны үүсгэгчид ба багаж төхөөрөмжийн үйлчлэл хавдар үүсгэх нөлөөтэй ижил төстэй байдаг. Энэ үйлчлэл бусад дотоод шүүрлийн, дархлаа, мэдрэлийн болон бэлэг эрхтний системд хүчтэй нөлөөлдөг.

Үйлчлэлийн шинж тэмдэг:

- Их хэмжээгээр ядрах;
- Нойргүй болох;
- Толгой өвдөх;
- Анхаарлаа төвлөрүүлэх чадваргүй болох зэрэг болно.

Эдгээр шинж тэмдэг цацрагийн үргэлжлэх хугацаатай пропорционалаар ихэсдэг. Шинжлэх ухааны судалгаагаар дараах зүйлүүдийг тогтоосон байдаг:

- ЦСО-ны хортой нөлөөлөл эрэгтэй ба эмэгтэйчүүдийн хүүхэдтэй болох чадварт нөлөөлдөг;
- Долгионы үйлчлэлийн оронд албан үүргээ гүйцэтгэж байгаа хүмүүсийн тархины хавдрын өвчлөлөөр илүү өргөн тохиолддог;
- Жирэмсэн үедээ компьютертой их ажилласан эмэгтэйчүүд мэдрэлийн системийн төрөлхийн гажигтай хүүхдүүд төрөх ба зулбах;

Долгионы үүсгэгч нь төхөөрөмжийн дэлгэц (монитор) болон тэжээлийн блок байдаг. Байнгын үйлчлэлийн үр дагавар нь толгой таллаж өвдөх, хавдрын төрлийн өвчлөл, үргүйтэх, мэдрэлийн болон сэтгэлзүйн дарамтанд орох, дархлааны системийн сулрал зэргээр илэрдэг.

Ихэнхи тохиолдолд ЦСО-ны үүсгэгчийг бүр мөсөн устгах боломжгүй юм. Учир нь багаж хэрэгсэл, тоног төхөөрөмжүүд үйлдвэрлэлийн процессын болон ахуйн хэрэгслийн нэг хэсэг байдаг.

### **1.3.1. Цахилгаан соронзон орны түвшинг хэмжих аргачлал**

Цахилгаан соронзон орны түвшний багажийн хяналтыг цацаргагч хэрэгслийг байрлуулах нутаг дэвсгэрт цахилгаан соронзон төлөвийн физик байдлыг тодорхойлох зорилгоор гүйцэтгэдэг ба тооцооны үр дүнгийн үнэмшлийн үнэлгээний хэрэгсэл болдог. Хэмжилтийг явуулахын тулд дараах бэлтгэл ажлыг гүйцэтгэдэг:

- Хэмжилт хийх гэж буй байгууллагатай хэмжилт хийх цаг хугацаа, зорилго, нөхцлийн талаар тохиролцох;
- Хэмжилт хийх газар нутгийг урьдчилан шинжилж судлах;
- Хэмжилтийн талбай болон замын сонголт. Энд замын тоог тухайн байгууллагын нутаг дэвсгэрийн хотгор, гүдгэрийн байрлалаар тодорхойлно;
- Хэмжилт хийх нөхцлийг тухайн байгууллага хангаж өгөх;
- Хэмжилтийг талбайн шаардлагатай цэгт 0.5 м-ээс 2м хүртэлх өндөрт гүйцэтгэдэг.

Тэгэхдээ энэ мужид багажийн заалт хамгийн их байхаар хэмжигч багажийг хэвтээ болон босоо чиглэлээр эргүүлэх замаар өндрийн хэмжээг тодорхойлно. Энэ өндөрт хэмжилтийг гүйцэтгэж хамгийн их утгыг сонгон авна. Талбай тус бүрт хоорондоо хамааралгүй гурван хэмжилтийг хийх шаардлагатай. Эцсийн үр дүнг эдгээр хэмжилтийн утгуудын дундаж арифметик утгыг авна.

Цахилгаан соронзон орны хүчлэгийг хэмжих олон янзын аргууд байдаг ба энд дараах бүтээлийг үзэж болно.

А.Н.Зайцев “Измерение на СВУ и их метрологическое обеспечение”, М:1998г , с.163.

Аль ч аргын мөн чанар нь цахилгаан орны хүчлэгийг, орны хэмжиж буй хүчлэгийн утгыг цахилгаан параметруудтэй холбож өгсөн дараах хамаарлаар тодорхойлоход оршдог:

$$U = E * hg(f) \frac{Z_{ач}(f)}{Z_{ач}(f) + Z(f)} = E * K(f), \quad (1.3)$$

үүнд:  $U$  – багажийн гаралт дээрх хүчдэл, В;  $E$  – цахилгаан орны хүчлэг, В/м;  $hg(t)$  – багажны эквивалент өндөр, м;  $Z_{ач}(f)$  –багажны ачааллын эсэргүүцэл, Ом;  $Z(f)$  –багажны эквивалент эсэргүүцэл, Ом;  $K(f)$  –давтамжаар амплитуд –давтамжийн тодорхойломжийн утга, м.

Энэ аргын гол дутагдал нь тодорхой давтамж дээр үүсгэгчийн бий болгосон орны хүчлэгийг нарийвчлан тодорхойлох боломжгүйд оршино. Учир нь өөр давтамжууд дээр цацруулж буй үүсгэгчдээс бий болох саатлуудын үр дүнд хүчлэгийн утга тогтмол өөрчлөгддөг.

Цахилгаан соронзон орны зөвшөөрөгдөх түвшинг СНиП-д тогтоож өгдөг. Давтамжийн өөр өөр мужид цахилгаан орны хүчлэг болон соронзон урсгалын нягтын норм өөр өөр байдаг. Цахилгаан орны хүчлэг ба соронзон урсгалын нягтын давтамжаас хамаарах зөвшөөрөгдөх нормыг хүснэгт 1.2-д харуулав.

*Хүснэгт 1.2*

*Цахилгаан орны хүчлэг ба соронзон урсгалын нягтын зөвшөөрөгдөх норм*

Давтамжийн муж	Цахилгаан орны хүчлэг E, В/м	Соронзон урсгалын нягт, нТл	Цахилгаан статик орны хүчлэг (компьютерын хувьд) E, кВ/м
5Гц – 2кГц	25	250	15
2кГц – 400кГц	2.5	25	

Хүчтэй цахилгаан соронзон орныг илрүүлэх аргын нэг нь индикаторын заагч юм. Үүний тулд дурын залгаатай төхөөрөмжид заагчийг ойртуулах (мөн энэ багаж хананы цаана угсрагдсан байхад ч)-ад заагчийн гэрэл хэдий чинээ хүчтэй асч байна ЦСО төдий чинээ хүчтэй байна.

Ахуйн цахилгаан хэрэгсэл, ялангуяа компьютерын бага давтамжийн цахилгааны байгуулагчийн ЦСО-ны түвшинг багасгах үр дүнтэй аргуудын нэг бол компьютерыг газардуулах явдал юм.

Цахилгаан соронзон орныг хэмжээний дараа үүсгэгчийн ЦСО-ны хортой нөлөөллийг хязгаарлах арга хэмжээнүүдийг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай.

Үүнд:

- Ажилтны аюултай бүсэд байх хугацааг багасгах;
- Хамгаалалтын хэрэгсэл ашиглах;
- Тусгайлсан хамгаалалтын хэрэгсэл болон албан ёсны хувцас: гутал, маск, нүдний шил гэх мэт хэрэглэх;
- Ажилтнуудыг эмнэлгийн байнгын үзлэгт хамруулах, уртасгасан амралт өгөх.

Үйлдвэрлэлийн байранд ЦСО-ны түвшний байнгын хяналт нь үйлчлэлийн хортой үр дагаврыг урьдчилан сэргийлэх, тухайн цаг хугацаанд хамгаалах арга хэмжээг хэрэгжүүлэх боломж олгодог. Ялангуяа их хэмжээний электрон багаж хэрэгсэлтэй албан байгууллага, сургууль, эмнэлэг болон үйлдвэрийн байранд ЦСО-ны хэмжилтийг тодорхой хугацаанд явуулах нь онцгой ач холбогдолтой юм.

Өнөөгийн түвшинд ашиглагдаж буй ЦСО-ны хэмжилтийн багажууд долгионы давтамжийн бүх мужид ашиглах боломжтой юм. Хэмжилтийн аргачлалыг давтамж ба энергийн урсгалын нягтаас хамааруулан сонгодог.

Хэмжилтийн багаж хэрэгсэл ба ЦСО-ны параметруудийн хоорондын холбоог хүүснэгт 1.3-д үзүүлэв.

*Хүснэгт 1.3*

*Багаж хэрэгсэл, ЦСО-ны параметруудийн холбоо*

ЦСО-ны параметр	Багаж хэрэгсэл
Геосоронзон орон	Авсаархан миллитесла метр, гурван хэмжээст соронзон метр
Тогтмол соронзон орон	Авсаархан миллитесла метр, гурван хэмжээст соронзон метр
50Гц давтамжтай ЦСО	BE-метр
Компьютерын ажлын байрны ЦСО	Соронзон орны энергийн урсгалын нягт хэмжигч, ПЗ-33
Радио давтамжийн бүсийн ЦСО үүсгэгч	Бага оврын хэмжигч НПМ-101М, П-34, П-41, П-43
Цахилгаан статик орон	Матрицын дисплейтэй нийтлэг хэмжигч СТ-01

Одоо бид өндөр хүчдэлийн цахилгааны объектуудын орчны ЦСО-ныг хэмжих аргын талаар авч үзье. Өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын ЦСО-ыг хэмжихдээ шугамын утасны эгц дороос 0, 2, 5, 10, 15, 20 метрийн зайд газраас дээш 2м өндөрт дор хаяж гурван удаа хэмжилт хийж үр дүнг хамгийн их утгаар авна. Харин трансформаторын дэд станцын ЦСО-ыг трансформаторын суурилуулсан хавтгайгаас 0.5 ба 1.5м өндөрт тодорхойлно. Ер нь трансформаторын дэд станцын цахилгаан орон нь өндөр хүчдэлийн оруулга ба трансформаторын гэрийн орчинд харилцан үйлчилдэг тул ЦСО төдийлөн өндөр байдаггүй байна. Харин соронзон орны хүчлэгийг трансформаторын дэд станцаас янз бүрийн зайд өөр өөр чиглэлээр (өнцгөөр) хэмжих хэрэгтэй.

Цахилгаан соронзон аюулгүй байдал нь мэдлэгийн маш өвөрмөц салбар юм. Учир нь энэ асуудал нэг талаас сүүлийн 10 гаруй жилд олон судлаачдын сонирхол татаж байгаа ба нөгөө талаас дэлхийн шинжлэх ухаанд техникийн объектуудын цахилгаан соронзон аюулгүй байдлын үнэлгээний нэгдмэл нийтлэг шинжүүр (критери) –ийг тогтоогоогүй байна.

Энэ нөхцөл байдал янз бүрийн улс орнуудад ЦСО -ны зөвшөөрөгдөх хязгаарын түвшнийг тогтооход зарчмын харилцан адилгүй хандлагуудыг хэрэглэж байна. Гадаад орнуудын эрүүл ахуйн нормчлолын системийг авч үзэж байхад, жишээ нь ОХУ-д дараах гурван үйлчлэлийн хүмүүсийг авч үздэг [8]:

- Өөрсдийн албан үүргийн хүрээнд хянагдаж буй нөхцөл байдалд ЦСО-той үйлчлэх хүмүүс (мэргэжлийн групп );
- Үйлдвэрлэл дээр ЦСО-ны үйлчлэлд орох. Энэ нь тэдгээр хүмүүсийн гүйцэтгэж буй ажилтай шууд холбоогүй болно (мэргэжлийн биш групп);
- Гэр орон ба бусад олон нийтийн үйлчилгээний газар гэх мэт орчинд байгаа хүмүүс ЦСО-ны хяналтгүй үйлчлэлд ордог (энд мэргэжлийн үйл ажиллагаа ЦСО-ыг бий болгодоггүй техник хэрэгсэлтэй харилцан үйлчилгээ холбоогүй байх тохиолдолд ажлын байранд байгаа хүмүүс бас хамрагддаг).

#### **1.4. Цахилгаан соронзон цацрагийн аюулгүй байдлын цомтгосон үнэлгээ**

Сүүлийн жилүүдэд иончлогдоогүй цахилгаан соронзон орны судалгааны хүрээнд мэргэжилтнүүд цахилгаан соронзон цацрагийн хүн ба бусад амьд организмд газар саагүй ихэссэн үйлчилгээтэй уялдан айхтар

сэтгэл зовнилыг илэрхийлж байна. Цахилгаан соронзон төлөв байдлын хяналтын асуудал зөвхөн мэдэгдэж буй ажлын давтамжтай зарим нэгэн үйлдвэрийн цахилгаан технологийн системийн хувьд л шийдэгдсэн байна. Энэ асуудал янз бүрийн үйлдвэрлэлийн хүрээнд болон ахуйд, ялангуяа давтамжийн хэмжээ ба цахилгаан соронзон орны орон зайн тархалтын шинж чанар тодорхой бус байхад илүү хурцадмал байдлаар тавигдаж байна.

Ялангуяа үйлдвэрүүд болон ахуйд орчин үеийн цахилгаан технологийн өргөн хэрэглээтэй холбоотойгоор дийлэнх тохиолдолд цахилгаан соронзон орон бий болгодог цахилгаан соронзон цацрагийн үүсгэгчид нь зөвшөөрөгдөх хязгаарын түвшнээс эрс их байдаг. Энэ тохиолдолд цахилгаан соронзон цацраг (ЦСЦ)-ийн аюул ихэвчлэн дутуу үнэлэгддэг ба тухайн технологи гол төлөв байнгын ажилтан байхыг шаарддаг боловч зайлшгүй шаардлагатай хамгаалалтыг байнга хэрэглэдэггүй байна [17].

Цахилгаан соронзон орон (ЦСО)-ы параметруудийн хяналтын өнөөгийн аргууд хэрэглээний явцуу хүрээтэй байдаг бөгөөд хэмжилтийг зөвхөн тусгайлсан хяналтын цэгүүдэд гүйцэтгэдэг [18-20]. Ийм учраас асуудлын гол нь бүх бүрдүүлэгч орнууд болон байж болох давтамжуудын хувьд хяналтын орон зайн аюултай байдлын бүрэн дүр төрхийг гаргах явдал юм.

[20-22] бүтээлүүдэд аюултай байдлын дүр төрхийг хэмжилтийн хязгаарлагдмал тооны болон цахилгаан соронзон цацрагийн хэд хэдэн үүсгэгчдийн нийлбэр үйлчлэлийн нэгэн нөлөөллийн боломжийг тооцсон цахилгаан соронзон орны загварчлалын үр дүнгээр гарган авсан судлаж буй орон зайн янз бүрийн мужуудад хүний оршин байх зөвшөөрөгдөх хугацааны зураглалын хэлбэрт байгуулах дээр үндэслэгдсэн цахилгаан соронзон төлөв байдлын үнэлгээний хандлагыг санал болгосон байна.

Аюулгүй байдлын зураглалын ЦСЦ-ын параметруудийг цацрагийн үүсгэгчдийн дэргэдэх хэмжилтийн ба ЦСО-ны дараагийн үе шатны



загварчлалын үр дүнгүүдээр байгуулсан байна. ЦСО-ны орон зайн тархалтын энэхүү зураглалыг, цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгийн хэмжээсийн зангилаа утгуудыг аюултай мужуудад хүний оршин байх зөвшөөрөгдөх хугацааны зангилаа утгуудад хувиргах замаар янз бүрийн мужуудад хүний оршин байх зөвшөөрөгдөх хугацааны зураглалыг байгуулахад ашигладаг. Аюултай байдлын ийм зураглалыг цэгэн үнэлгээ гэж нэрлэдэг бөгөөд зөвшөөрөгдөх хугацаанаас хамаарсан янз бүрийн өнгөөр будсан өнгөт мужийн хэлбэрт дүрсэлсэн байна.

Аюултай байдлын цэгэн зураглалыг үйлдвэрлэлийн бус нөхцөлд ашиглахад тохиромжтой байдаг.

ЦСЦ-ын нийлбэр цогцолбор үйлчлэлийн хүчлэгийг тооцсон аюултай байдлын бодит зураглалыг гарган авахын тулд мужуудын огтлолцлын хэсгүүдийг ялгахад үндэслэгдсэн зураглалыг байгуулах аргыг санал болгосон байна [23]. Санал болгосон хандлагын практик хэрэгжилт нь янз бүрийн давтамжийн хэмжээстэй болон янз бүрийн эрчимжилттэй ЦСО-д хүний оршин байх зөвшөөрөгдөх хугацааны утгууд дээр суурилдаг. Загварчлалын үр дүнд гарган авсан цахилгаан ба соронзон орны параметруудийн тархалтын зураглалыг хувиргах аргачлалыг судлаж буй орон зайн янз бүрийн бүсүүдэд хүний оршин байх зөвшөөрөгдөх хугацааг тодорхойлох аргуудын эмхлэн цэгцлэлтийн үр дүнд боловсруулсан болно.

Тухайлбал, давтамжийн 30кГц–300ГГц хэмжээс дэх ЦСЦ-ын зохицуулан нийлүүлэлтийн үед аюултай байдлын бүсийн огтлолцлын мужид оршин байх зөвшөөрөгдөх хугацааг дараах хоёр тохиолдолд тодорхойлж болно: хязгаарын зөвшөөрөгдөх түвшний нэг утгатай хэд хэдэн үүсгэгчдээс бий болох цацраг ба хязгаарын зөвшөөрөгдөх түвшний янз бүрийн утгуудтай хэд хэдэн үүсгэгчдээс бий болох цацраг.

Эхний тохиолдолд үйлдвэрлэлийн нөхцлийн хувьд тооцооны томъёо дараах хэлбэртэй байна:

$$t_{зөв} = 8 \cdot \left( \frac{E_{хзт}}{E_{нийл}} \right)^2, \quad (1.4)$$

үүнд:  $t_{зөв}$ - оршин байх зөвшөөрөгдөх хугацаа;  $E_{хзт}$ - цахилгаан орны хүчлэгийн хязгаарын зөвшөөрөгдөх түвшин, В/м;  $E_{нийл}$ - ЦСО-ны үүсгэгчдийн нийлбэр хүчлэг:

$$E_{нийл} = \sqrt{\sum_{i=1}^n E_i^2}, \quad (1.5)$$

үүнд:  $E_i$  - ЦСО-ны  $i$  дүгээр үүсгэгчээр бий болох цахилгаан орны хүчлэг, В/м;  $n$  - ЦСО-ны үүсгэгчдийн тоо.

Хоёр дахь тохиолдолд аюулгүй байдлын нөхцөл нь [24]:

$$\sum_{j=1}^m \left( \frac{E_{нийлj}}{E_{хзтj}} \right)^2 + \sum_{k=1}^q \left( \frac{\text{ЭУН}_{\Sigma k}}{\text{ЭУН}_{\Sigma хзтk}} \right) \leq 1, \quad (1.6)$$

үүнд:  $E_{нийлj}$  - (1.5) томъёогоор тодорхойлогдох  $j$  дүгээр нормчлосон хэмжээсийн ЦСО-ны үүсгэгчдээр бий болох цахилгаан орны нийлбэр хүчлэг, В/м;  $E_{хзтj}$  -  $j$  дүгээр нормчлосон хэмжээсийн цахилгаан орны хүчлэгийн хязгаарын зөвшөөрөгдөх түвшин, В/м;  $\text{ЭУН}_{\Sigma k}$  - ЦСО-ны  $k$  дугаар үүсгэгчээр бий болох энергийн урсгалын нийлбэр нягт, мкВт/см<sup>2</sup>;  $\text{ЭУН}_{\Sigma хзтk}$  -  $k$  дугаар үүсгэгчээр бий болох нормчлосон хэмжээсийн энергийн урсгалын нягтын хязгаарын зөвшөөрөгдөх түвшин, мкВт/см<sup>2</sup>;  $q$  - энергийн урсгалын нягт нормчлогдох хэмжээсийн тоо;  $m$  - цахилгаан орны хүчлэг  $E$  нормчлогдох хэмжээсийн тоо.

Гэхдээ (1.6) нөхцөл оршин байх зөвшөөрөгдөх хугацааг тодорхойлох боломжгүй юм. Ийм учраас энэ бодлогын шийдэлд дараах илэрхийллээр тодорхойлогдох хандлагыг боловсруулсан байна [23]:

$$t_{\text{зөв}} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{E_{\text{нийл } j}^2}{\text{ЭХҮ}_{Ej}} + \sum_{k=1}^q \frac{\text{ЭУН}_{\Sigma k}}{\text{ЭХҮ}_{\Sigma \text{хязк}}}}, \quad (1.7)$$

үүнд:  $\text{ЭХҮ}_{Ej}$  -  $j$  дүгээр нормчлосон хэмжээсийн хувьд хязгаарын зөвшөөрөгдөх эрчим хүчний үзүүлэлт,  $(\text{В}/\text{м}^2)^2 \cdot \text{ц}$ ;  $\text{ЭХҮ}_{\Sigma \text{хязк}}$  -  $k$  дугаар нормчлосон хэмжээсийн хувьд хязгаарын зөвшөөрөгдөх эрчим хүчний үзүүлэлт,  $(\text{В}/\text{м})^2 \cdot \text{ц}$ .

ЦСЦ-ын аюултай байдлын цомтгосон үнэлгээний техникийн тодорхойломжийг дараах хүснэгт 1.4-д харуулав.

*Хүснэгт 1.4*

*Цомтгосон үнэлгээний техникийн тодорхойломж*

Хянагдаж буй параметр	Давтамжийн утга	Хэмжилтийн утга
Цахилгаан статик орны хүчлэг $E$ , кВ/м	0 Гц	0,3-180 кВ/м
Тогтмол соронзон орны хүчлэг $H$ , А/м	0 Гц	$\pm 0,5 \pm 200$ А/м
Цахилгаан орны хүчлэг $E$ , В/м	45-55 Гц	5-1000 В/м
Энергийн урсгалын нягт $\text{ЭУН}$ , мкВт/см <sup>2</sup>	0,3-40 ГГц	0,26-100000 мкВт/см <sup>2</sup>
Цахилгаан орны хүчлэг $E$ , В/м	0,03-300 МГц	0,5-300 В/м
Соронзон орны хүчлэг $H$ , А/м	0,03-50 МГц	0,05-8 А/м

Цахилгаан соронзон төлөв байдлын үнэлгээний энэхүү санал болгож буй аргачлал нь тооцооны хэд хэдэн үе шатыг агуулдаг.

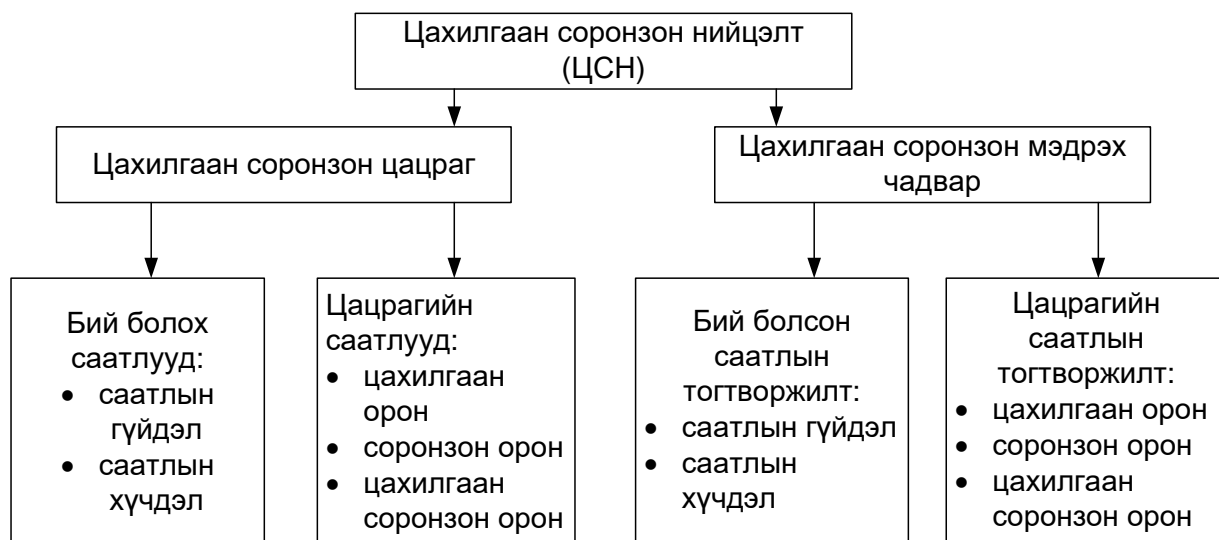
## **ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ**

### **ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН НИЙЦЭЛТ**

#### **2.1. Цахилгаан соронзон нийцэлтийн ерөнхий ойлголт**

Техник хэрэгсэлийн цахилгаан соронзон нийцэлт (ЦСН) нь бусад техник хэрэгслүүдэд зөвшөөрөгдөхгүй цахилгаан соронзон саатал болон хүний биед зөвшөөрөгдөхгүй цахилгаан соронзон үйлчлэлийг бий болгохгүйгээр тодорхой цахилгаан соронзон төлөв байдалд өгөгдсөн чанартай үйл ажиллагаа явуулах техникийн төхөөрөмжүүдийн цогц юм. Цахилгаан соронзон саатал бол техник хэрэгсэлүүдийн үйл ажиллагааны чанарыг бууруулах буюу бууруулж болох цахилгаан соронзон илрэл ба процесс юм.

Цахилгаан соронзон нийцэлтийн үндсэн ойлголтууд агаараар тархах цацраг ба кондуктив саатлын үйлчлэл болон саатлын үйлчлэлд цахилгаан тоног төхөөрөмжийн мэдрэх чадварыг авч үздэг. Цахилгаан станц дээр ЦСН-ийг сахин биелүүлээгүйтэй холбоотой олон маргаантай асуудлууд энэ асуудлын ямар их чухал болохыг харуулж байна. Цахилгаан соронзон нийцэлтийн тодорхойломжуудыг 0-400 ГГц давтамжийн завсарт тодорхойлж болно. Цахилгаан соронзон нийцэлтийн үндсэн ойлголтуудын харилцан холбоог зураг 2.1 дээр харуулав.



*Зураг 2.1. Цахилгаан соронзон нийцэлтийн янз бүрийн төлөв.*

## **2.2. Цахилгаан соронзон саатлын мөн чанар**

Цахилгаан соронзон саатал байгалийн үзэгдэл буюу техникийн процессын үр дүнгийн улмаас бий болдог. Байгалийн саатлын жишээ бол агаар мандалын цэнэг цахилалт (аянгын цохилтын үед бий болох цахилгаан соронзон импульс буюу цахилгаан статик цэнэг цахилалт) юм. Нийцэлтийн түвшин нь системийн бүх элементүүдийн хэвийн харилцан үйлчлэлийг хамгийн их магадлалтайгаар батлаж өгөх саатлын утгыг тогтоох явдал юм. Энэ түвшин нэг талаас саатлын тогтворжилтийн шаардлагыг томъёолоход үндэс болдог ба нөгөө талаас нийцэлтийн зөвшөөрөгдөх түвшинг тогтоохын тулд анхдагч гарааны үндэс болдог [25].

Саатлын тогтворжилт - саатлын үйлчлэлийн үед техникийн элементийн хэвийн ажиллах мэдрэмжийн шинж чанар юм. Авч үзэж буй объектын саатлын тогтворжилт тоон утгаараа импульсын хүчдэлийн амплитут, орны хүчлэг, хязгаарын энерги, стандартчлагдсан туршилтын үйлчлэлийн хэлбэрт зөвшөөрөгдөх үйлчлэлийн хэлбэрээр өгөгддөг. Хэрэв

саатлын тогтворжилтийн хязгаараас дээш гарсан үйлчлэлийн үед объект эвдрэлд ороогүй байвал үйл ажиллагааны урвуу алдаа үүсдэг.

Саатал устасны дараа буюу дахин залгасны дараа авч үзэж буй төхөөрөмж хэвийн ажиллаж байвал түүнийг засвар хийх, эсвэл деталийг солих шаардлагагүй болно [26]. Саатлын тогтворжилтийг үнэн зөв тодорхойлох үндэс болох хэвийн үйл ажиллагааны шинжүүр нь объектын зориулалтаас хамаардаг, ийм учраас эдгээр шинжүүр янз бүрийн объектуудад ямагт өвөрмөц байдалтай байдаг.

Цахилгаан соронзон саатал нь орон зайд буюу дамжуулагч орчинд дурын үүсгэгчээр бий болох, шаардлагатай дохиоллыг хүлээн авч тодорхой хэлбэрт хувиргахад таалалд нийцэхгүй нөлөө үзүүлэх цахилгаан соронзон, цахилгаан ба соронзон үзэгдлийг хэлдэг. Энэ тодорхойлолт хангалттай төгс төгөлдөр болно. Учир нь хэдийгээр энэ нь радиотехникийн ба электрон төхөөрөмжүүдэд баримжаалагддаг ч үйлдвэрийн газрын цахилгаан хэрэглэгчид ба ер нь дурын цахилгаан техникийн объектууд, автоматикийн төхөөрөмжүүд, цахилгаан энергийг үйлдвэрлэх, дамжуулах үйл ажиллагаа явуулдаг цахилгаан тоног төхөөрөмжүүд цахилгаан соронзон төлөв байдалд бүрэн хэмжээгээр хамрагддаг. Нийт цахилгаан тоног төхөөрөмжүүд саатлын үүсгэгчид ба хэрэглэгчид гэж ангилагддаг. Үйлдвэрийн газруудад нэгэн ижил цахилгаан хэрэглэгчид цахилгаан соронзон саатлын үүсгэгчид ба тэдгээрийн хэрэглэгчид ч болдог. Зориудын ба зориудын бус цахилгаан соронзон саатал гэж ангилдаг. Үйлдвэрийн газруудын цахилгаан эрчим хүчний системд зөвхөн зориудын бус цахилгаан соронзон саатлууд гардаг учир бид цаашид энэ хэлбэрийн саатлыг авч үзнэ. Зориудын бус цахилгаан соронзон саатал янз бүрийн төрлийн төхөөрөмж ба цахилгаан хэрэглэгчдийн хэвийн ажлын процесст бий болдог.

Цахилгаан соронзон саатлын маш олон янз төлөв байдаг. Тэдгээрийг дараах шинж тэмдэгүүдээр системчилж болно: гарал үүслээр, саатлын

үүсгэгчээр, тархах орчиноор, давтамжийн шинж тэмдэгээр, эрчим хүчний цацралаар, шаардлагатай тохиолдолд саатлын үйлчлэх шинж чанараар, сааталд хандах хэрэглэгчийн хандлагаар.

Одоо бид эдгээр шинж тэмдэгүүдийг нарийвчлан авч үзье. Гарал үүслээс нь хамаарч байгалийн ба зохиомол саатал гэж ангилдаг. Байгалийн саатлууд байгалийн гаралтай үүсгэгчдээр бий болдог. Эрчим хүчний системийн ба үйлдвэрийн газруудын хувьд ийм үүсгэгчид нь аянгын цахилгаан цахилалт, соронзон гажилт (хазайлт) гэх мэт байж болно. Зохиомол саатал цахилгаан хэрэглэгчид, сэлгэн залгах аппаратууд, өндөр хүчдэлийн шугам ба бусад цахилгаан техникийн ба электрон төхөөрөмжүүд мөн түүнчлэн хэвийн бус ба аваарийн горимуудад үүсдэг. Зохиомол саатлуудыг ихэвчлэн цахилгаан энергийн параметруудад үйлчлэлийн үр дүн байдлаар авч үздэг.

Саатлын хугацаанаас хамаарч илрэл нь цахилгаан соронзон саатлын үйлчлэлийн үргэлжлэх хугацаа ба түүний үечлэлээр тодорхойлогдож болно. Үйлчлэлийн үргэлжлэх хугацаагаар: тодорхой босго утгаас доош түвшинд байх тасралтгүй саатал, үйлчлэх хугацаа нь хянагдаж буй параметрийн гурван тогтмол хугацаанаас их байх урт хугацаатай, үйлчлэх хугацаа нь гурван тогтмол хугацаанаас бага байх түр зуурын (гэхдээ 0,02 с-ээс их), үйлчлэх хугацаа нь 0,02 с-ээс бага байх импульсийн гэж ангилдаг. Цахилгаан соронзон саатлын үечлэлээр нь үе үе болдог (байнгын) ба байнгын бус гэж ангилдаг. Байнгын бус саатлыг санамсаргүй байнгын ба байнгын бус гэж ангилдаг.

Давтамжийн шинж тэмдэгээр саатлыг нам давтамжийн ба өндөр давтамжийн гэж ангилдаг. Ийм ангилал мэдээж харьцангуй ба авч үзэж буй төхөөрөмжийн төрлөөс болон ямар параметр (дохиолол)-ийг авч үзэж байгаагаас хамаардаг. Жишээ нь тэжээлийн хүчдэлийн хэлбэрийн дүн шинжилгээ үндсэн гармоникт харьцах гармоник байгуулагчдийн хэмжээг

тодорхойлдог. Нөгөө талаас өндөр давтамжийн цахилгаан техникийн төхөөрөмжинд түүний ажлын давтамжаас арай бага давтамжтай гаж илрэл үүсдэг. Энэ тохиолдлыг нам давтамжтай саатал гэж нэрлэдэг ч үнэн чанартаа тухайн давтамж хангалттай өндөр байдаг.

Ийм учраас саатлын давтамжийн хуваалт тодорхой тохиолдол бүрт шийдэгдэх ёстой. Зарим тохиолдолд нам давтамжийн, дунд давтамжийн ба өндөр давтамжийн гэсэн гурван зурваст хуваадаг. Дийлэнх үйлдвэрийн цахилгаан хэрэглэгчдэд горимын параметруудийн хугацааны тогтмол үндсэн давтамжаас эрс их байдаг тул давтамжийг нам давтамжийн ба 50 Гц тэнцүү өндөр давтамжийн гэж хуваах нь зүйд нийцдэг.

Үйлдвэрийн тоног төхөөрөмжүүдэд саатлын үндсэн үүсгэгч нь гүйдэл, хүчдэл маш хурдан өөрчлөгддөг цахилгаан хэлхээний сэлгэн залгах процесс байдаг. Ийм процессын үр дүнд байнгын буюу санамсаргүй байж болох цахилгаан соронзон саатлыг бий болгодог. Энэ саатлын үйлчлэл кондуктив буюу цацрагийн шинж чанартай байдаг. Дамжуулагчид үүссэн гүйдэл тэмдэгтэй байх, өөрөөр хэлбэл нэг ижил амплитуттай шууд буюу эсрэг чиглэлд гүйх кондуктив саатлын төрлийг тэгш хэмтэй буюу дифференциал саатал гэж нэрлэдэг.

Саатлын үүсгэгч ба хэрэглэгчийн хооронд цахилгаан соронзон холбоо дараах нөхцөлд үүсдэг:

- тэгш хэмтэй саатлыг бий болгодог гальваник холбоо (хамгийн их тархсан тохиолдол);
- хувьсах цахилгаан орон хийцийн багтаамжид үйлчилсэний үр дүнд бий болох багтаамжийн холбоо;
- хувьсах соронзон оронд гүйдэл дамжуулагчаар гүйсэнээс бий болох индуктив холбоо;



- кондуктив шинж чанар буюу эсвэл цацрагийн замаар тархсан байж болох цахилгаан соронзон холбоо.

### **2.3. Цахилгаан соронзон нийцэлтийн хүрээн дэх ажлын үндсэн зорилго ба агуулга**

Автоматжуулалтын хэрэгсэлийг ашиглах, үйлдвэрлэх, зураг төсөл гүйцэтгэхэд цахилгаан соронзон нийцэлтийн зүй зохистой ажлын цогцолбор зорилго цахилгаан соронзон нийцэлтийн бий болсон байж болох дутагдлуудыг арилгах, өөрөөр хэлбэл техникийн бодит арга хэмжээнүүдийг зохион байгуулалттай хэрэглэх замаар шаардлагатай зардлын үр дүнд хангалттай нийцэлт, түүний зэргийг хэмжих боломж ба нийцэлтийн туршилтанд хүрэх, ингэснээрээ хувилбаруудын бодит харьцуулалтыг баталгаажуулахад оршино [27, 28].

Цахилгаан соронзон нийцэлтийг дээшлүүлэх зарчмын арга хэмжээнүүдэд дараах зүйлүүд байж болно:

- саатлын үүсгэгчид үйлчлэх замаар саатлын үүслийг дарах;
- тархалтын замд саатлыг дарах буюу сулруулах;
- бий болсон саатлын эрчимжилт ба саатлын өргөжилтийн нөхцөлд нөлөөлөх арга хэмжээнүүдийг хэрэгжүүлэх замаар сул хэсгийн тогтворжилт ба саатлын хамгаалалтыг дээшлүүлэх;
- саатлын бий болох ба мэдрэмтгий элементийн үйл ажиллагааны горимын хугацаагаар хэсэгчлэн хуваах.

Бодит байдалд эдгээр боломжуудыг тусгайлан буюу цогцолбор байдлаар ашигладаг. Арга техникийн хувьд боломжтой арга хэмжээнүүд: схемийн, хийцийн, математик хангамж, мөн түүнчлэн зохион байгуулалтын.

### **2.4. Цахилгаан соронзон нийцэлтийн норм ба зөвлөмж**

Цахилгаан соронзон нийцэлтийг бүтээгдэхүүний чанарын үзүүлэлт байдлаар авч үзэж түүний бий болох янз бүрийн үе шатанд (төлөвлөлт, туршилт, чанарын үнэлгээ) цахилгаан соронзон нийцэлтийн тасралтгүй боловсронгуй болгох асуудлуудын цогцыг багтаасан бүхэл бүтэн норм ба зөвлөмжийг сахин биелүүлэх шаардлагатай [29].

Улс орон бүрт цахилгаан соронзон нийцэлтийн үндэсний норм боловсруулах байгууллага (үндэсний зөвлөл (хороо), хүрээлэн г.м) байх шаардлагатай. Тэд их эрчим хүчний системийн олон улсын хурал (СИГРЭ), цахилгаан мэдээний ба телефон утасны албаны олон улсын зөвлөх комисс (ССИТТ), цахилгаан энергийн үйлдвэрлэл ба хуваарилалтын олон улсын холбоо (UNIPEDDE), техникийн хороо ТК 77 ба бусад цахилгаан техникийн олон улсын комисс (МЭК), цахилгаан техникийн салбарын нормчлолын европын хороо (CENELEC), радио саатлын олон улсын тусгай хороо (СИСПР) зэрэг олон улсын байгууллагуудтай нягт холбоотой ажиллах ёстой.

СИГРЭ өндөр хүчдэлийн биологийн нөлөөлөл, хоёрдох сэлгэн залгалт, хуваарилах төхөөрөмжүүд, телемеханик ба холбооны техникийн асуудлуудаар ажилладаг. ССИТТ-ийн үндсэн сэдэв бол холбооны техник юм. Цахилгаан хангамжийн сүлжээнд хэрэглэгчдийн нөлөөллийн асуудал нь UNIPEDDE ба МЭК-ийн эрх мэдлийн асуудал болно. МЭК мөн янз бүрийн цахилгаан техникийн төхөөрөмжүүд ба систем, цахилгаан хангамжийн сүлжээ, өгөгдөл дамжуулах шугамыг авч үздэг. CENELEC ба СИСПР техникийн хороонууд очлолтын асуудлуудад дүн шинжилгээ хийж цахилгаан соронзон нийцэлтийн дэлхийн болон европын норм ба зөвлөмжийг боловсруулдаг.

Одоо бид цахилгаан соронзон нийцэлтийн стандартчлалын ажлын агуулгын талаар авч үзье. Цахилгаан эрчим хүч ба технологийн процессын

автоматжуулалтын техникт хамаарагдах цахилгаан соронзон нийцэлтийн хүрээн дэх ажлын зорилтот объектуудад:

- норм ашиглах ба ухамсартай боловсруулалтанд шаардлагатай нарийн зөв томъёолсон ойлголт ба тодорхойлолтууд, өөрөөр хэлбэл нэр томъёо;
- үйлдвэрийн хэрэгсэлүүдийн саатлын тогтворжилтийн шаардлагыг тогтоох үндэс болох хувиар ба саатлын зөвшөөрөгдөх цацрагийн хэмжээний хувьд үйлчлэх саатлын утга учрын хүрээлэн буй төлөв байдлын ангилал ба цахилгаан соронзон нийцэлтийн түвшин;
- саатлын тархалтын ба тодорхой нарийвчлалтай багажаар өдөөгдсөн буцах үйлчилгээний зөвшөөрөгдөх утгууд;
- тодорхой цахилгаан соронзон үйлчлэлд үйлдвэрийн хэрэгсэлийн саатлын тогтворжилтийн зэрэглэл;
- цахилгаан соронзон нийцэлтэнд хамрагдах саатлууд ба бусад параметруудийн хэмжилтийн төхөөрөмжүүд ба аргууд;
- сорилтын төхөөрөмжүүд ба туршилтын аргууд;
- үйлдвэрийн хэрэгсэлийн саатлын тархалт ба саатал хамгаалагдсан байдал, саатлын техникийн баримт бичигт тусгах;
- электроны бүрдүүлэгчид, детал ба багажуудтай хандах, жишээ нь тэдгээрийг статик цахилгаанжилтын цэнэг цахилалтаас болсон гэмтэлийг арилгах зорилгоор тээвэрлэлт ба хадгалалтын зааврууд;
- цахилгаан соронзон нийцэлтийг тооцож багажуудын хийц ба боловсруулалтыг албан ёсны болгох дүрэм;
- цахилгаан соронзон нийцэлттэй барилга ба төхөөрөмжүүдийг барьж байгуулах ба тоноглох зааврууд;
- цахилгаан соронзон нийцэлтийн ажлын программын агуулга, өөрөөр хэлбэл бүтээгдэхүүний төсөл боловсруулах буюу цахилгаан соронзон

нийцэлтийн асуудлын боловсруулалтын үе шатуудад ажлын үе шат бүрээр зөвлөмжүүд;

- цахилгаан соронзон нийцэлтийн асуудлыг шийдвэрлэхэд ашиглах материалууд ба тусгай деталиудын параметрууд.

Одоо бид гадаадын цахилгаан соронзон нийцэлтийн иргэний нормуудын талаар авч үзье.

E DIN VDE 0839 - Цахилгаан соронзон нийцэлт.

DIN VDE 0843 - Үйлдвэрлэл дэх тохируулагч, удирдлагын ба хэмжилтийн төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон нийцэлт.

DIN VDE 0846 – Цахилгаан соронзон нийцэлтийг тодорхойлох хэмжилтийн төхөөрөмжүүд.

DIN VDE 0847 - Цахилгаан соронзон нийцэлтийн хэмжилтийн аргууд.

DIN VDE 0848 - Цахилгаан соронзон орны аюултай үйлчлэл.

DIN VDE 0870 - Цахилгаан соронзон үзэгдэл.

Цахилгаан соронзон нийцэлтийн европын нормууд [30,31]. Европын эдийн засгийн нийгэмлэгийн хүрээнд Европын дотоод зах зээл дээр цахилгаан ба электрон багажууд болон системийн чөлөөт хөдөлгөөнийг батлахын тулд 1992 оноос цахилгаан соронзон нийцэлтэнд хамаатай бүх орнуудын баталсан хууль эрх зүйн акт хүчин төгөлдөр үйлчилж эхэлсэн. Үүний тулд цахилгаан соронзон нийцэлтийн Европын нормыг бий болгох ба түүнтэй уялдуулан үндэсний нормыг гаргах шаардлагатай болсон.

Европын нормын үндэст 1989 онд харилцан зөвшилцсөн зөвлөмжүүд тавигдсан [31,32]. Эдгээр зөвлөмжүүд европ дахь цахилгаан соронзон нийцэлтийн хүрээн дэх өнөөгийн болон ирээдүйн зохицуулалтын суурь болсон. Тэдгээрийн үйл ажиллагаа саатлыг бий болгодог ба тархаадаг буюу эсвэл үйл ажиллагаа нь саатлаас болж алдагддаг бүх цахилгааны ба электрон багажуудад тархсан.

Эдгээр зөвлөмжүүдийн үндсэн утга санаа нь:

- зах зээл дээр зөвхөн шаардлага хангасан багажууд л нийлүүлэгдэж байгааг нийгэмлэгийн гишүүн бүх орнууд хянах үүрэгтэй;
- саатлын тархалт ба саатлын тогтворжилтонд хамаатай хамгаалах арга хэмжээнүүдийн дүрэм журамтай болгох;
- нормоор зөвшөөрөгдөөгүй бүтээгдэхүүнийг гадаадаас оруулахад хориг тавих ба хаалт хийх;
- цахилгаан соронзон нийцэлтгүй байхад аюулгүй байдлыг арилгахад чиглэгдсэн тусгай зөвшөөрөгдөх арга хэмжээнүүд;
- эд зүйлийн норм хангаж байгааг тодорхойлоход баримтлах шаардлагатай шинжүүрүүд;
- нормыг зөвшилцөхөд маргаантай асуудлыг авч хэлэлцэх;
- шаардлага хангаагүй багаж зах зээлд орохоос урьдчилан болгоомжлох;
- багажуудын ангилал ба тусгай зөвшөөрөл;
- цахилгаан соронзон нийцэлтийн европын нормыг 1992 оноос оруулахын тулд шаардлагатай үндэсний эрх зүйн ба зохицуулах зааврыг хүчингүй болгох хугацаа.

Эдгээр нормыг хангасан эд зүйлс бүх улс орнуудад их хэмжээгээр байж болох ч шаардлага хангаагүй эд зүйлс зах зээлд орж байдаг. Нормын шаардлага хангаж байгааг тодорхойлохын тулд одоо мөрдөж буй нормын үзүүлэлттэй харьцуулах хэрэгтэй [9]. Цахилгаан соронзон нийцэлттэй хамаатай үндсэн нормыг зохицуулахын тулд тусгай ТК 110 техникийн хороог байгуулсан байна. Түүний удирдлагаар дараах гурван стандартыг боловсруулсан [31]:

- бүтээгдэхүүнээс хамаарахгүйгээр цахилгаан соронзон нийцэлтийн хэмжилт, туршилтын асуудал, хүрээлэн буй орчны ангилал,

хамгаалалтын арга хэмжээнүүдийн ерөнхий асуудлуудыг агуулсан суурь стандарт;

- өвөрмөц цахилгаан соронзон төлөвт хэрэглэх цахилгаан соронзон нийцэлтийн багажуудад тавигдах шаардлагыг тодотгох ерөнхий стандарт;
- эд зүйлсийн 50 орчим төрлийг багтаасан 7 төрөлд хуваасан цахилгаан соронзон нийцэлтийн ангид хамаарагдах бүтээгдэхүүний стандарт.

**ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ**  
**ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН НИЙЦЭЛТИЙН**  
**ЭКОЛОГИЙН АСУУДАЛ**

**3.1. Амьд организмуудын үйл ажиллагаанд**  
**цахилгаан процессын нөлөөлөл**

Хүний организмыг багтаасан амьд организмууд, үйл ажиллагаа нь янз бүрийн физик, химийн, биологийн, амьд организмуудын үйл ажиллагааны дотоод нөхцлийг зохицуулах, тэдгээрийн нөхөн үйлдвэрлэл, хүний сэтгэн бодох үйл ажиллагааны процессуудаар хангагдах маш нийлмэл систем юм. Эдгээр процессын үндэс нь молекулын ба эсийн түвшин дэх цахилгаан үзэгдлүүд байдаг.

Бүтцээрээ амьд организм, зүй ёсоор, булчин мах, цус, шингэн, мэдрэл ба бусад системийг үүсгэх эсийн агуулгын цогцоос бүрддэг. Организмын дотоод орчин цахилгаан дамжуулах чадвартай байдаг. Усны цахилгаан уусмал болох түүнд ион, молекулийн тээвэрлэлт явагдаж, бүх амин чухал процессыг сэргээж, тодорхойлж, зохицуулдаг цахилгаан гүйдэл гүйдэг. Гүйдэл, агууламж нь организмд явагдах химийн урвал бодисын солилцооны процессын хэлбэр ба хурдаас хамаардаг ионуудаас бүрдсэн цахилгаан орноор сэргээгддэг.

Булчингийн эд эсийн хөдөлгөгч функц дэх цахилгааны процессын тэргүүлэх үүргийг тэмдэглэх хэрэгтэй. Түүнд, биохимийн нийлмэл процессын төгсгөлийн үе шатанд цахилгаан орны энергийн механик ажилд хувирал явагддаг. Организмын эсийн хэвийн үйл ажиллагаа мембранаар дамжин явагдах бодисын солилцоотой холбоотой юм. Бодисын солилцоо мембран дэх натри, кальци, хлор ба бусад элементүүд дайран өнгөрөх сувгууд нээгдэх замаар явагддаг.

Сувгуудын нээгдэлт, мембраны ханануудын хооронд эсийн доторх ба гаднах ионуудын агууламжийн ялгаанаас болж бий болох хүчдэлийн өөрчлөлтийн үед мембраны уургийн молекулд үйлчлэх цахилгаан статик хүчний үр дүнд явагддаг. Эсийн гаднах ионуудын агууламжийн өөрчлөлт ба потенциалын ялгавар бий болох нь эд эсүүдээр мэдээллийг цахилгаан химийн дамжуулах механизмын салшгүй хэсэг байдаг. Тайван байдалд хүчдэл ойролцоогоор 80 мВ байдаг.

Мембраны сувгууд натрийн ионуудад чөлөөтэй болгохын тулд хүчдэлийг 20 мВ хүртэл багасгах шаардлагатай. Цахилгаан дамжууламж ба мэдрэлийн эд эсийн бүтцийг тооцож энэ байдалд хүний организм дэх цахилгаан орны дундаж хүчлэг 40 В/м ба гүйдлийн нягт 4 А/м<sup>2</sup> нийцдэг. Хүний биеийн дотор дээрх орны хүчлэг ба гүйдлийн нягтыг зохиомолоор бий болговол эрхтэнүүдийн үйл ажиллагааны зүй ёсны процессууд алдагдах болно, жишээ нь мэдрэлийн эд эсүүдийн гаж илрэл бий болдог, эсвэл зүрхний булчингийн агшилтын хэмнэл алдагддаг.

Хэрэв хүн хувьсах цахилгаан оронд буюу эсвэл хувьсах соронзон оронд байх үед индукцлэгдсэн гүйдлийн оронд байвал хүний биеэр шилжилтийн гүйдэл гүйсэний үр дүнд болон гүйдэлтэй дамжуулагчийн хэсэгт хүн шууд хүрэхэд хүний биеийн дотор талд цахилгаан орон бий болдог. Дээр дурьдсан хүний биеийн дотор талд цахилгаан орны хүчлэг буюу гүйдлийн нягтын утгуудад үйлдвэрийн давтамжтай гаднын цахилгаан орны хүчлэг 100мВ/м буюу соронзон орны хүчлэг ойролцоогоор 1мА/м байхад нийцдэг. Энд дээр дурьдсан хүчлэгүүдтэй соронзон ба цахилгаан орон практикт тохиолддоггүй ба хүн үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан оронд буюу соронзон оронд шууд цохигдсон тохиолдол практикт гараагүй гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй.

Гэвч гаднын орны ямар хүчлэгүүдэд, цахилгаан орныг ашигладаг цахилгаан, электрон ба бусад багажуудаар үүсэж бий болох цахилгаан



соронзон цочролууд хүнд сөрөг буюу эерэг нөлөө үзүүлэх вэ? гэдэг асуудал зөв зүйтэй болно. Гаднын цахилгаан соронзон эсвэл цахилгаан соронзон орнуудад байрлах үед хүний организмд өөрийн био гүйдэлд нэмэр болох гүйдэл индукцлэгддэг ба үүний үр дүнд хүний биеийн ердийн процесс өөрчлөгдөх буюу шинэ илрэл бий болж болно.

Харин гадны тогтмол цахилгаан орон хүний организмд гүйдэл бий болгодоггүй байна. Тийм орны үйлчлэлийн ганцхан үр дүн нь биеийн гадаргуу дээр цахилгаан цэнэг бий болж болох явдал юм. Тогтмол соронзон орон организмын дотор өөрчлөлтгүйгээр нэвчиж ордог, учир нь организмд ферро буюу диасоронзон тогтоц байдаггүй.

Хувьсах цахилгаан ба соронзон орнуудад шилжилтийн гүйдэл болон индукцийн гүйдэл бий болгодог. Организмд эдгээр гүйдлүүдийн боломжтой нөлөөллийг үнэлэхийн тулд тэдгээрийн амплитутууд ба давтамжийг ердийн био гүйдлийн ижил төстэй параметруудтэй харьцуулах шаардлагатай. Мөн өндөр давтамжийн цахилгаан соронзон орон организмд гүйдэл индукцлэх чадвартай байдаг. Эдгээр гүйдлүүд бий болох нь организм дэх процесст гарцаагүй нөлөөлөх шинэ хүчин зүйл болно. Учир нь ердийн нөхцөлд өндөр давтамжийн гүйдэл организмд байдаггүй болно.

Нэгэнт цахилгаан, соронзон ба цахилгаан соронзон орнууд хүрээлэн буй орчныг гажуудуулах илүү хүчтэй хүчин зүйл болсон бол хүнд эдгээр орнуудын үйлчлэлийн зарим нэгэн тодорхой механизмууд үнэмшилтэйгээр мэдэгдэж байгаа ба гадаадын хэвлэлүүдэд энэ илрэлийн цахилгаан смог гэдэг шинэ тодорхойлолт гарсан байна. Хүрээлэн буй орчныг үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан ба соронзон орнуудаар бохирдуулахад үндсэн хувь нэмрийг цахилгаан эрчим хүчний объектууд, эхний ээлжинд цахилгаан дамжуулах агаарын шугам ба өндөр хүчдэлийн дэд станцууд, цахилгаан тээвэр, их чадалтай үйлдвэрийн төхөөрөмжүүд, мөн түүнчлэн янз бүрийн ахуйн цахилгаан багажууд оруулдаг.

Хүний эрүүл мэнд ба бие лагшинд сөрөг нөлөө үзүүлэх хүчин зүйл болох цахилгаан соронзон төлөвийн асуудал нийгмийн илүү их анхаарлыг татаж байна. Энд бас энэ асуудлын талаарх мэдлэгийн дутагдал буюу учир шалтгааны бодол санааны улмаас аюултай байдал ихэсдэг. Энд орны буюу төхөөрөмжийн параметруудийг хэмжих ба орнуудын хүчлэгийг сааруулах аргуудын төхөөрөмжүүдийг борлуулах зах зээлийг олох тэмүүлэл гарч ирдэг.

Цахилгаан эрчим хүчний хөгжилтэй, их чадлын цахилгаан техникийн ба электрон төхөөрөмжүүдийн хэрэглээ үйлдвэр, тээвэр ба ахуйд тасралтгүй өргөжиж байгаатай холбогдоод цахилгаан соронзон төлөвийн гажилт илүү их мэдэгдэхүйц болдог ба харин ажлын байранд, жишээ нь цахилгаан эрчим хүчний объектууд дээрх цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгүүд ердийн орнуудын хүчлэгүүдээс эрс ихэсдэг.

Хүний эрүүл мэндийн төлөв байдалд цахилгаан соронзон төлөвийн нөлөөллийн судалгаа сүүлийн жилүүдэд ихээхэн ач холбогдлыг өгч байна. **Энэ нь өндөр хүчдэлийн цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийн ойролцоо удаан хугацаагаар амьдарч байгаа хүмүүс хорт хавдраар өвдөх тохиолдол ихэссэнтэй холбоотой юм.** Үүний учир шалтгааныг өндөр хүчдэлийн агаарын шугамын гүйдлээр бий болох соронзон орон хүний организмд нөлөөллөөр болон ажлын байранд үйдвэрийн давтамжтай цахилгаан ба соронзон орнуудын урт удаан хугацааны үйлчлэлийн үед хүмүүсийн бие лагшин муутгаж байгаа талаар өндөр хүчдэлийн цахилгаан эрчим хүчний объектуудын ажилчдын санал гомдолтой холбон тайлбарладаг.

Судалгаа шинжилгээний бүтээлүүдэд болон өргөн олон нийтийн мэдээллийн хэрэгсэлүүдэд цахилгаан, соронзон ба цахилгаан соронзон, ялангуяа урт хугацаагаар үйлчлэх сул орнууд хүний эрүүл мэндэд аюултай талаар шуугиан тарьсан материалууд илүү ихээр гарч байна. Гэхдээ энэ

асуудалд хандах сонирхол ба ач холбогдол буурахгүй байна. Яагаад гэвэл эрүүл мэндэд дээрх орнуудын аюултай дутуу үнэлгээний ба иончлогдсон цацрагийн аюултай байдлын дутуу үнэлгээний үед бүрэлдэн тогтдог тийм ижил төстэй нөхцөл байдлын давталтын магадлал байсаар байна.

Дээр дурьдсан асуудлууд олон улсын, бүх дэлхийн эрүүлийг хамгаалах байгууллага (ВОЗ), олон улсын цахилгаан техникийн комисс (МЭК), иончлогдсон цацрагаас хамгаалах олон улсын холбоо (IRRA), цахилгаан техникийн салбар дахь нормчлолын европын хороо(CENELEC), Европын холбооны комисс (CEU) гэх мэт хүн ам ажилчдад үйлчилж буй үйлдвэрийн давтамжийг агуулсан янз бүрийн давтамжтай цахилгаан, соронзон ба цахилгаан соронзон орнуудын нормчлолын асуудлуудаар ажилладаг олон байгууллагуудын анхаарлын төвд байна.

**Хүний биед орнуудын үйлчлэлийн олон тооны судалгаа шинжилгээний дагуу 50 Гц давтамжтай байхад гадны орнуудын хүчлэгүүдийн 20 кВ/м ба 4 кА/м утгуудад нийцэж байх, гүйдлийн нягт ойролцоогоор 10 мА/м<sup>2</sup> байвал организмд аюулгүй гэж үздэг.**

Үүнээс их гүйдлийн нягттай үед ионы тэнцвэртэй байдлын, эсүүд дэх идэвхтэй бодис ба солилцооны завсарын бүтээгдэхүүний алдагдалт, эсүүдийн хуваагдлын процессын өөрчлөлт гэх мэт олон сөрөг үр дагавар ажиглагддаг байна.

Гүйдлийн нягт 100-1000 мА/м<sup>2</sup> байхад эсийн ба төв мэдрэлийн системийн эдийн хүчтэй цочрол явагдаж болох ба өвчний мэдрэмж бий болдог, харин үүнээс их гүйдлийн нягттай үед зүрхний лугшилтын хэм өөрчлөгдөх ба ширхэгэнцэр явагдах боломжтой байдаг. Цахилгаан эмчилгээний багажуудаар бий болох орны хүчлэг богино хугацаагаар эмзэг чанар (орны нөлөөгөөр хүний мэдрэх чанар)-ын хязгаараас дээш гарч хүний организмд нөлөөлдөг ба зүрхний булчинд 600 орчим В/м хүчлэгтэй импульсын орон үүсдэг гэдгийг тэмдэглэхэд сонирхолтой болно. Энэ үеийн

гүйдлийн нягт ойролцоогоор 60 А/м<sup>2</sup> болдог байна. Ийм байдлаар цахилгаан ба соронзон орнуудын, тэдгээрийн хүчлэгээс хамаарах боломжтой эерэг ба сөрөг үр дагаваруудыг нарийн ялгаж өгөх хэрэгтэй.

Хүний бие дэх гүйдлийн нягт 10 мА/м<sup>2</sup> байхад ердийн био гүйдлийн түвшинтэй гэж үздэг. Гүйдлийн ийм нягттай үед бүх эсүүд хэвийн үйл ажиллагаатай байна. Био гүйдлийн давтамж 4-1000 Гц мужид байна. Био гүйдэлтэй холбоотой дохиоллын бүртгэл (тэмдэглэл) (зүрхний цахилгаан бичлэг, тархины үрэвслийн бичлэг) хүний организмын төлөв байдлын оношлогооны үр дүнтэй хэрэгсэл байдаг. Ер нь бол гүйдлийн нягтаар биш, харин гараас гар луу чиглэсэн хүний биеэр гүйх гүйдлийг ашиглах нь тохиромжтой байдаг. Хүнд аюулгүй гүйдэл түүний үйлчлэх хугацаанаас хамаардаг. ГОСТ 12.1.038 ёсоор үйлдвэрийн ба ахуйн нөхцөл дэх гүйдлийн зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарыг хүснэгт 3.1-д харуулав.

*Хүснэгт 3.1*

*50 Гц давтамжтай үед хугацаанаас хамаарах хүний биеэр гүйх гүйдлийн зөвшөөрөгдөх дээд хязгаар, мА*

Нөхцөл	Үйлчлэх хугацаа, с											
	0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0-ээс их
Үйлдвэрийн	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Ахуйн	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2

Эдгээр нормчлогдсон гүйдлийг ашиглаж тэдгээрийн бий болгож буй гаднын орны хүчлэгийг үнэлж болно. Үйлчлэх хугацаа 1 с-ээс дээш байх үед хүчлэгийн үнэлгээний утгууд 25 кВ/м ба 4 кА/м байдаг байна. Үйлчлэх хугацаа багасахад орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд утга ойролцоогоор

хоёр оронгоор ихэсдэг ба энэ тохиолдолд цахилгаан орны хүчлэг, агаарт хүний биеэр дамжин цахилгаан нэвт цохилोलт явагддаг хүчлэгээс их болдог.

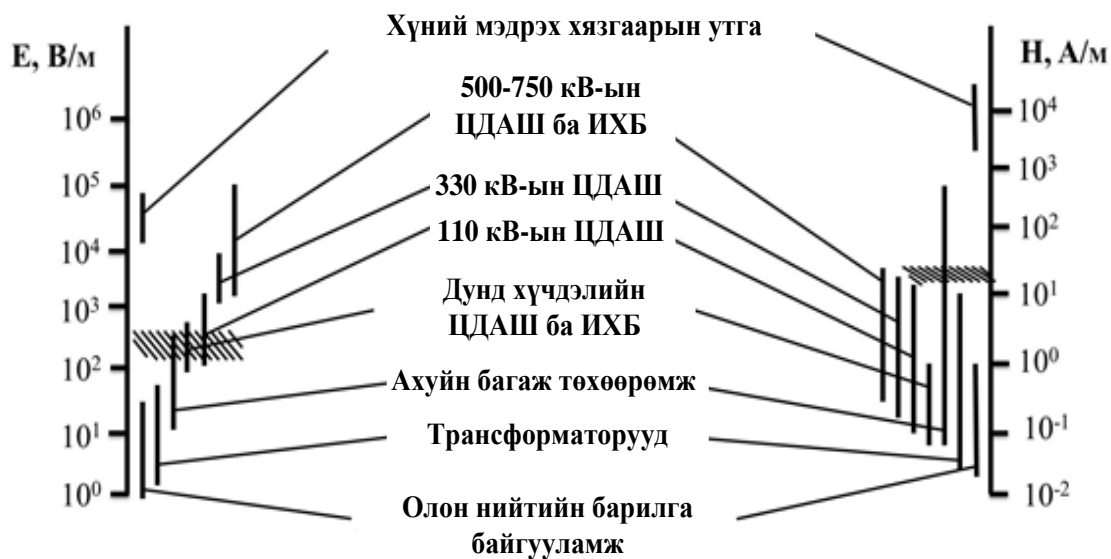
Хүний организмын үйл ажиллагаанд цахилгаан процессын чухал үүрэг, организмд цахилгааны ба цахилгаан эрчим хүчний төхөөрөмжүүдээр бий болох гадны орны боломжийн нөлөөллийг тооцож цаашид бид үйлдвэр ба ахуйд хүний хүрээлэн буй цахилгаан соронзон төлөв, организмд орны үйлчлэх механизм, мөн түүнчлэн зөвшөөрөгдөх хүчлэгүүдийн нормчлолын зарим нэгэн асуудлыг авч үзье.

### **3.2. Ажлын байранд ба ахуй дахь цахилгаан соронзон төлөв**

Цахилгаан соронзон төлөв цахилгаан ба соронзон орнуудын хүчлэгээр тодорхойлогддог. Өндөр давтамжтай үед цахилгаан соронзон орны үйлчлэлийн талаар л асуудал тавигддаг ба энэ тохиолдолд цахилгаан ба соронзон байгуулагчдын энергийн нягт тэнцүү байх хавтгай цахилгаан соронзон долгионы үйлчлэл хамгийн их сонирхолыг татдаг байна.

Байгалийн цахилгаан соронзон төлөв ба цахилгаан энергийг ашигладаг янз бүрийн цахилгааны, цахилгаан эрчим хүчний болон бусад төхөөрөмжүүдийн хүний хэрэглээгээр бий болсон төлөв гэж ангилдаг. Байгалийн ба зохиомол гарал үүсэлтэй орнууд бие биеэндээ харилцан үйлчилж хүчлэгүүдийн векторууд нэмэгддэг.

Дэлхийн байгалийн цахилгаан орон гадаргуугын илүүдэл сөрөг цэнэгээр илэрч ил орон зайд ойролцоогоор 100-500 В/м байдаг (Зураг 3.1-ийн зүүн талын зурааслагдсан хэсэг). Аянгатай бороотой үед орны хүчлэг хэдэн арваар ба бүр зуун кВ/м-ээр ихсэж болно. Энд зөвхөн хэмжээгээр ихсэх төдийгүй мөн чиглэлээ өөрчилдөг ба аянгын нэргэлтийн үед цахилгаан соронзон орны импульс үүсдэг.



*Зураг 3.1. Үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан ба соронзон орнуудын хүчлэгүүд*

Үйлдвэрийн давтамжтай хүчтэй цахилгаан орнууд үндсэндээ цахилгаан эрчим хүчний объект (өндөр хүчдэлийн агаарын шугам)-уудаар үүсдэг. Барилгууд дэлхийн тогтмол цахилгаан орон ба өндөр хүчдэлийн шугам болон бусад объектуудаар бий болох үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан орныг халхавчилдаг. Барилгын дотор бол байгалийн болон зохиомол гарал үүсэлтэй тогтмол цахилгаан орон үндсэндээ, шалны дэвсгэрийн, мебель, хувцас, гутал зэрэг суурь болсон цахилгаанжсан ба нийлэг материалуудаар тодорхойлогддог.

Орон байран дахь цахилгаан статик орны хүчлэг нэг метр квадратад хэдэн арав ба зуун киловольт хүрч болдог. Статик цахилгааны цэнэг цахилгалтын үед маш огцом эргэлттэй цахилгаан соронзон импульс ажиглагддаг. Мөн тусгайлан хамгаалалтгүй ба тогтмол өндөр хүчдэл ашигладаг зарим нэгэн цахилгаан багаж (зурагт, монитор осциллограф г.м.)-уудын ойр орчинд хүчтэй цахилгаан орон бий болдог.

Дэлхийн тогтмол соронзон орон барилгын дотор гүйдлүүдээр бий болдог. Энэ орон соронзон туйлуудтай харьцангуй чиг баримжаатай байна.

Соронзон орны хүчлэг газарзүйн солбилцолоос хамаардаг ба соронзон туйлын хувьд 55,7 А/м ба хүчлэгийн вектор дэлхийн гадаргуутай паралель байдаг. Харин дундаж өргөрөгүүдэд энэ хүчлэг 40 А/м орчим байна.

Дэлхийн тогтмол соронзон орны хүчлэгийн утгуудыг зураг 3.1-ийн баруун талын зурааслагдсан хэсэгт харуулав. Энэ тогтмол соронзон орон дээр давтамжийн өргөн далайцтай, ялангуяа хүчлэгийн 0,1 А/м хүртэлх бүрдүүлэгчтэй нам давтамжийн (100 Гц хүртэлх) соронзон мандал ба ион мандал дахь гүйдлүүдээр үүсгэгдсэн удаан өөрчлөгдөх геосоронзон орон нэмэгддэг. Нарны идэвхжилтийн ихсэлтийн процессын үед бий болох соронзон шуурганы үед нам давтамжийн байгуулагчийн амплитут олон дахин ихэсдэг байна.

Тогтмол ба нам давтамжийн геосоронзон орнууд цахилгаан орноос ялгаатай нь ферро соронзон материалуудаас бусад объектуудаар халхлагдаггүй байна. Яс төмөртэй барилгын дотор талд геосоронзон орны хүчлэг хэд дахин багасдаг. Цахилгаан эрчим хүчний объектуудад цахилгаан ба соронзон орнуудын нийтлэг хүчлэгүүдийн талаарх төсөөллийг зураг 3.1 ба хүснэгт 3.2-т харуулав. Хүснэгтэнд зүрхний булчингийн агшилтын хэмнэлийг алдагдуулахыг бий болгодог хүний хүлээн авах хүчлэгүүдийн хязгаарын утгууд, агаарын завсарын нэвт цохилтонд хүргэдэг цахилгаан орны хүчлэг, мөн түүнчлэн В03, IRRА ба DIN VDE байгууллагуудын өгөгдлөөр зарим нэгэн нормчлогдсон хүчлэгүүдийг харуулсан байна.

## Цахилгаан эрчим хүчний объектууд дээрх цахилгаан соронзон төлөв

Объект буюу параметр	Цахилгаан орны хүчлэг, В/м	Соронзон орны хүчлэг, А/м
330 кВ-ын агаарын шугам	$10^3 \div 5 \cdot 10^3$	10-100
110 кВ-ын агаарын шугам	$10^2 \div 3 \cdot 10^3$	0,1 ÷ 20
6-35 кВ-ын агаарын шугам	$10 - 5 \cdot 10^2$	0,1-2
6 кВ-ын шин	$10^3$	40-100
Хүн суудаг байр орон сууц	1-100	0,01-0,5
Гэр ахуйн цахилгаан багажууд	5-500	0,1-300
Хүн бүрийн мэдрэх чадварын босго	$10^4 - 2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^4$
Зүрхний булчингийн агшилтын хэмнэл алдагдах	$5 \cdot 10^7$	$10^6$
Агаарын завсарын цахилгаан бөх бат	$5 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^6$	-
Организмын эсийн цочролын нөхцлөөр тооцооны ба туршилтын аюулгүй хүчлэгүүд	$5 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$
Организмд үйлчлэх боломжийг тооцсон нормчлогдсон хүчлэгүүд:		
• В03, IRPA-ын өгөгдлөөр	$5 \cdot 10^3$	80
• DIN VDE-ийн өгөгдлөөр	$7 \cdot 10^3$	320

Дээрх зураг ба хүснэгтээс харахад үйлдвэрийн давтамжтай хүчтэй цахилгаан орнууд гол төлөв цахилгаан эрчим хүчний объектуудаар (агаарын шугам, дэд станцын цуглуулагч шин, трансформаторын ба өндөр хүчдэлийн аппаратууд) бий болдог байна. Бусад тохиолдолд цахилгаан орон харьцангуй бага хүчлэгтэй байна. Ийм орнуудын хүчлэгийн талаарх янз



бүрийн эрдэмтдийн бүтээлүүдийн дүнг нэгтгэн дүгнэсний үр дүнд гарган авсан дундаж утгуудыг зураг 3.1 дээр харуулсан байна.

Ахуйн цахилгаан хэрэглэгчид ба цахилгаан тэжээлийн системийн дамжуулагч утаснуудаар үүсгэгдэх цахилгаан орны хүчлэг амплитуд утгаараа ил газарт байх дэлхийн тогтмол орны байгалийн хүчлэгээс бага байдаг. Иймд байшингийн доторх соронзон төлөв гол төлөв дэлхийн тогтмол оронгоор тодорхойлогддог ба үүн дээр хувьсах орон нэмэгддэг. Эдгээр орнуудын амплитуд нь дэлхийн байгалийн соронзон орны хувьсах байгуулагчийн утгатай ойролцоо байдаг.

Барилгын доторх үйлдвэрийн давтамжтай соронзон орны хүчлэг, хэрэв ойролцоо өндөр хүчдэлийн агаарын шугам явж, эсвэл кабель шугам ба их чадалтай цахилгаан техникийн төхөөрөмжүүд байрласан байвал хангалттай их байж болно. Хэдэн зуун метрийн зайд байрласан өндөр хүчдэлийн шугамаас үүсэх соронзон орны хүчлэг хэдэн арван А/м хүрч болдог. Кабель шугмууд агаарын шугамнаас арай их хүчлэгийг бий болгодог ч кабелиас холдоход энэ хүчлэг хурдан буурдаг. 6-10 кВ-ын агаарын болон кабель шугмууд фазуудын хоорондын бага зайнаас болж харьцангуй бага хүчлэгийг бий болгодог тул байшингийн дотор тэдгээрийн нөлөөллийг тооцохгүй байж болно.

Цахилгаан хангамжийн системийн трансформаторуудын соронзон орон зайтай урвуу хамааралтай байдаг ба 10 м-ээс дотогш бол мэдэгдэхүйц байж болно. Мөн нам хүчдэлийн цахилгаан хангамжийн сүлжээ фазуудын ачааллын тэгш хэмээс хамаарсан орон үүсгэдэг. Түүний хүчлэг мөн зайтай урвуу хамааралтай байх ба 20 м хүртэлх зайд мэдэгдэхүйц хэмжээтэй байдаг.

Үйлдвэрийн нөхцөлд ажлын байранд үйлдвэрийн давтамжтай соронзон орны хүчлэг орон сууц ба байшингийнхаас асар их байж болно. Онцгой тохиолдолд, жишээ нь гагнуурын аппарат, цахилгаан нуман зуух,

эсвэл хүчирхэг агаарын шугамын шууд дамжуулагчийн дэргэд ажиллагсдад 1-10кА/м хүчлэгтэй соронзон орны үйлчлэлд орж болно. Энэ хэмжээ дэлхийн соронзон орныхоос хоёр оронгоор их байна.

Байр, байшинд залгагдсан багажуудын чадал, тоо, цахилгааны дамжуулагчдын хийц ба схемээс хамаарч соронзон орны хүчлэг өргөн хязгаарт өөрчлөгдөж болно. Гэхдээ цахилгаан тэжээлийн сүлжээний дамжуулагчид орчин үеийн хийцтэй байхад энэ хүчлэгийн хэмжээ төдийлөн их биш байдаг.

Ийм учраас байр, байшин дэх цахилгаан соронзон төлөв үндсэндээ байгалийн соронзон орноор тодорхойлогддог. Үйлдвэрийн давтамжтай соронзон орны хүчлэг цахилгаан багажуудыг залгахад дэлхийн тогтмол орны хүчлэгийн 1%-иас ихгүй байдаг. Дээр өгүүлсэн бүхнээс үзэхэд байр, байшин дэх соронзон орны хүчлэг хүний организмд багаар нөлөөлдөг ба ахуй дахь цахилгаан соронзон төлвийг цахилгаан смог байдлаар авч үзэж болохгүй юм.

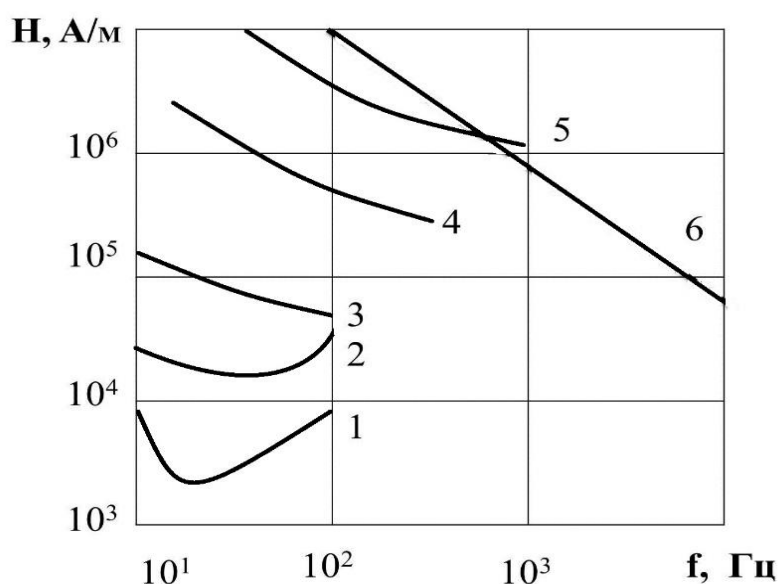
Гэвч цахилгаан эрчим хүчний объект дээр болон ажлын байранд цахилгаан ба соронзон орнуудын хүчлэгүүд байгалийн гарал үүсэлтэй орны хүчлэгт дөхөж очих буюу бүр хэдэн арав дахин их байж болно. Ийм учраас бид тийм орны хүний биед нөлөөлөх нөлөөллийн талаар авч үзье.

### **3.3. Хүний биед цахилгаан ба соронзон орнуудын үйлчлэх механизм**

Өнөө үед хүний биед индукцлагдсэн гүйдлээр бий болох, хүнд цахилгаан, соронзон ба цахилгаан соронзон орнуудын нөлөөллийн хоёр механизмыг тогтоосон байна: хүний эсийн мембраны гадаад ба дотоод гадаргуугын хоорондын потенциалын ялгаварын өөрчлөлт, эд эсийн халалт. Соронзон орны үйлчлэлийн үед эдгээр механизмуудын илрэлийн

давтамжаас хамаарах хамаарлыг зураг 3.2 дээр харуулав. Эхний механизмын бий болохтой холбоотой нөхцөл байдлын талаар бид өмнөх 3.1 дэд бүлэгт товч авч үзсэн. Энд хүн орныг шууд бус шинж тэмдэг (үс хөдлөх буюу хүний арьс ба хувцасны хоорондын хэсэгчилсэн цахилгалтын үед хатгах сэрэл)-ийн нөлөөллөөс гадна орныг ухаарч мэдрэх чадвар чухал юм. Хүний орныг мэдрэх чадвар хүн бүрийн хувьд маш онцлогтой байдаг. Жишээ нь ойролцоогоор хүмүүсийн 5% нь 7 кВ/м хүчлэгээс эхлээд үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан орныг мэдэрдэг байхад, 60% нь 20 кВ/м хүртэлх хүчлэгтэй цахилгаан орныг мэдэрдэггүй байна.

Соронзон орны давтамжаас хамаарсан мэдрэх хязгаарыг зураг 3.2-ын 2-муруйгаар харуулав. Харааны бодит тэмдэглээний алдагдалт, бие чилээрхэх, толгой өвдөлт орны хүчлэг  $10^5$  А/м орчим байхад ажиглагддаг (3-муруй).



*Зураг 3.2. Хүний биед янз бүрийн давтамжтай соронзон орны үйлчлэх нөлөөлөл: 1-харааны тусгалын хязгаарын хэсэгт анивчлал бий болох, 2-орныг мэдрэх, 3-харааны алдагдалт, 4-зүрхний ажиллагааны алдагдалт, 5-мэдрэлийн системийн алдагдалт, 6-4 Вт/кг чадалтай байхад эд эсийн халалт.*

Зураг 3.2-оос 1 ба 2 муруйнууд үйлдвэрийн давтамжийн мужид хамгийн бага утгатай байгааг харж болно. Давтамж ихсэхэд муруйн өсөлт эсийн мембраны хананд сувгуудын нээгдэлтийн системийн инерцлэг чанараар, харин давтамж буурхад индукцлэгдсэн гүйдлийн багасалтаар тайлбарлагдана. Хүний хүлээж авах соронзон ба цахилгаан орнуудын хүчлэгийн утгууд ахуй ба үйлдвэр (Зураг 3.1) дээрхээс дээгүүр байна.

Хүний организмд цахилгаан соронзон орны нөлөөллийн шинжлэх ухааны үндэстэй тогтоосон хоёр дахь механизм бол **багтаамжийн ба индукцлэгдсэн гүйдэл хүний биеэр гүйхэд эд эсийн халалт юм.** Хүний биеийн жингийн 1 кг тутамд ногдох хувийн чадал 4 Вт байхад эд эсийн халалт 10°C байх ба үүнийг организмд аюулгүй гэж үздэг. Ийм чадалтай байх үед организмын дулаан зохицуулалтын систем биеийн дулааныг хүрээлэн буй орчинд хүний дотоод эрхтэнүүдийн температурын ихсэлтийн аюулгүй нөхцлөөр өгөх чадвартай байна.

50 Гц давтамжтай үед дулааны хувийн чадал 4 Вт/м-ыг хангах чадвартай гаднын цахилгаан орны хүчлэг 4 мВ/м орчим байдаг, өөрөөр хэлбэл агаарын цахилгаан бөх батаас их байна. Тэгвэл организмд дээрх дулааныг ялгаруулахын тулд шаардлагатай соронзон орны хүчлэг ойролцоогоор 50 мА/м-тэй тэнцүү байна. Ийм байдлаар температурыг, 1°C-тэй тэнцүү байх аюулгүй утгатай ихэсгэх чадвартай үйлдвэрийн давтамжтай цахилгааны, эсвэл соронзон орны хүчлэг хүний хүлээж авах чадварын орны босго утгыг олон орноор ихэсгэж байна.

Өндөр давтамжтай үед нөхцөл байдал өөр болох ба учир нь давтамж ихсэхэд индукцлэгдсэн гүйдэл ихэсдэг. Хүний организмын дотор ялгарсан дулааны хувийн чадал 4 Вт/кг байх үеийн давтамжаас соронзон орны хүчлэгийн хамаарлын талаарх тоон өгөгдлийг зураг 3.2 дээр (6-муруй) харуулсан. **Ийм байдлаар үйлдвэрийн давтамжтай үед хүний организмд үйлчлэх шинжлэх ухааны үндэстэй тогтоосон ганц механизм бол**

**индукцлэгдсэн гүйдлээр бий болох үйлдэлийн потенциалын өөрчлөлт болно.**

Өнөө үед, дэлхийн нам давтамжийн гео соронзон орны хүчлэгтэй харьцуулж болохуйц ойролцоогоор  $10^{-1}$  А/м хүчлэгтэй 50 Гц давтамжтай хэт сул соронзон орон хүртэлх сул орнуудын хүний эрүүл мэндэд боломжтой нөлөөллийн талаарх асуудал нээлттэй үлдэж байна. Нөлөөллийн механизмыг илрүүлэх ба нөлөөллийн баримтыг тогтоохын тулд янз бүрийн эмнэлэг-биологийн туршилтуудыг тавьж үйлдвэрийн давтамжийн орны үйлчлэлд урт хугацаагаар байх хүмүүсийн ямар нэгэн өвчлөлтийн давтамжийн корреляцийг тогтоох зорилгоор тахал судлалын судалгааг явуулдаг.

Биологийн объектуудад сул соронзон орны боломжит нөлөөллийн талаарх бараг бүх таамаглалын гол дутагдал нь организмын эсүүдтэй харилцан үйлчлэх орны нам эрчим хүчний түвшингээс болж нөлөөллийн ямар нэгэн механизмын физик үндсийн шууд баталгаа байхгүй байгаад оршдог. Ийм учраас нөлөөллийн механизмыг авч үзэж байх үед анхаарлаа орны хүчлэгийн хэсэгчилсэн ихсэлт, эсвэл өндөр давтамжийн орны үйлчилгээтэй биологийн объектуудад бий болох янз бүрийн резонансын нөлөөллийн үйлчлэлийг нэмэгдүүлэх ба орны урт удаан үйлчлэлийн нөлөөлөлд хандуулдаг.

Олон судлаачид солилцооны процессууд ба хүний янз бүрийн эрхтэнүүдийн эсийн үржил нам давтамжийн соронзон оронтой байхад хурдасдаг ба энэ нөлөөлөл хэд хэдэн кА/м хүчлэгтэй үед сэргээгддэг гэж тэмдэглэсэн байна. Энэ нөлөөлөл сул илэрдэг ба түүний бий болох шалтгаан нь өөр хүчин зүйл, жишээ нь температурын бага хэмжээний өөрчлөлт байж болно. Хэдий ийм боловч соронзон орон дахь эсийн амьдралын циклийн багасалт нь эсийн хорт хавдарын хувиралын шалтгаан байж болно, учир нь

нөхөх механизмыг хэрэгжүүлэх хугацаа бага байдаг. Гэхдээ эрүүл эсүүдийн үржил организмд бүхэлдээ амжилттай явагддаг гэж тооцож болохгүй юм.

Хүний организмд соронзон орны нөлөөллийн механизм ба, тухайлбал, хавдрын өвчлөлийн эрсдэлийн ихсэлт дараах хоёр нөхцөл шалтгаантай холбоотой байдаг: нойрсолтын үед мелатолиний гаргалтын удаашрал ба соронзон оронтой үед хавдрын эсийн үржлийг дарах шинж чанарын хохирол. Эхний нөхцөл байдлыг туршилтаар шалгасан байдаг. Үйлдвэрийн давтамжтай сул ба хүчтэй соронзон орнуудын үйлчлэлд ажлын байран дээрээ орсон мэргэжилтнүүдийн цусан дахь мелатолины агуулга хяналтын групп хүмүүсийн цусны агуулгаас мэдэгдэхүйц ялгагдахгүй байсан. Хоёр шөнийн турш 1600 А/м орчим хүчлэгтэй соронзон оронд байгаа хүмүүсийн цусанд мелатоны агууламжийн багасалт илрээгүй ба бүр эсрэгээр ихсэх хандлагатай байсан. Иймд соронзон оронд байгаа хүнд мелатолины гаргалтын удаашралын талаарх таамаглал батлагдаагүй болно.

Хоёр дахь нөхцөл байдал болох соронзон оронд байгаа хүний организмд хавдрын эсийн хөгжилд мелатолины тоормозлох үйлдлийн сулралыг шууд туршилтаар шалгах боломжгүй ба харин организмын гаднах амьд эсүүдтэй ба бүр туршлагийн амьтадтай туршилтын үндсэн дээр хүний эрүүл мэндэд орны нөлөөллийн талаар үндсэн дүгнэлт өгөх нь үндэслэлгүй болно. Энэ бүхнээс үзэхэд хүний организмд сул орнуудын үйлчлэлийн нэгдмэл механизмын хайлт ирээдүй багатай юм. Учир нь ийм механизмууд маш олон байж болох ба механизм тус бүр аль нэг нөхцөлд байж болно. Ийм учраас тахал судлалын судалгаа чухал ач холбогдолтой байдаг.

Өнөө үед хүн амын эрүүл мэндэд үйлдвэрийн давтамжтай сул соронзон орны хортой нөлөөллийн талаар батлах хангалттай үндэслэл байхгүй юм. Яагаад гэвэл янз бүрийн нөхцөлд гүйцэтгэсэн судалгааны үр дүнгүүд эрс өөр, түүгээрч барахгүй бие биенээ үгүйсгэсэн үр дүнгүүд гарч байна.

Биологийн объектуудад соронзон, цахилгаан ба цахилгаан соронзон орнуудын нөлөөллийн гүнзгий ба янз бүрийн судалгааг сүүлийн 30 орчим жилийн турш Германы профессор К.Бринманы удирдлагаар судлаачдын баг явуулж байна. Энэ баг эмнэлэг, биологи, хими, физик, цахилгаан техник болон бусад салбаруудын мэргэжилтнүүдийг багтаасан байна. Энэ багийн ажилд томоохон их сургуулиудын 20 гаруй лабораториуд оролцож байна. Багийн судалгааны үр дүнд ENV-50166 нормоор хязгаарлагдсан хүчлэгтэй үед хүний эрүүл мэндэд үйлдвэрийн давтамжтай сул соронзон орны аюултай байдлын үнэмшилтэй баталгаа байхгүй, гэвч асуудал байхгүй гэх батлах боломжгүй гэсэн дүгнэлт хийсэн байна.

Эрүүл мэндэд сул соронзон орны аюултай байдалд шинжлэх ухааны хандлага өөрчлөгдөж байдаг гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй. Жишээ нь “EMC JOURNAL”-ийн 1997 оны 2-р хэвлэлд эрдэмтэн В.Кеммер Германд хавдарын өвчлөлийн шалтгааны талаар дараах өгөгдлүүдийг гаргасан байна. Хавдарын өвчлөлтийн 35 орчим хувь нь хоол тэжээлийн бүтээгдэхүүнээр, 30% - тамхи таталттай, 10% - халдвараар, 7% - бэлгийн харьцаагаар, 4% - ажлын байран дахь химийн бодисын үйлчлэлээр, 4% - байгалийн цацраг идэвхитээр, 3% -архины хэрэглээгээр, 2% - хүрээлэн буй орчны химийн бохирдолтоор, 1,5%- нарны хэт ягаан туяаны үйлчлэлээр, 1%- хоолны нэмэгдэлээр, 0,5 % -эмийн хордлогоор, 0,01 ÷ 0,05% -Чернобылийн АЦС-ын аваарын нөлөөгөөр, 0,003%- ажлын байран дахь цацраг идэвхит цацрагаар, 0,001% хүртэл цахилгаан соронзон орноор тус тус эзэлж байна.

Ийм харьцаатай байхад ямарч төрлийн судалгаа утгагүй бөгөөд эдгээр судалгаа үнэмшилтэй үр дүнг зарчмын хувьд өгч чадахгүй болно. **Иймд зөвхөн боломжтой хоёр механизмыг л шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тогтоосон болно: эсийн мембран дахь потенциалын ялагаврын өөрчлөлт ба эд эсийн халалт.** Эхнийх нь өндөр хүчлэгтэй нам давтамжийн оронтой үед, хоёр дахь нь их чадалтай өндөр давтамжийн оронд байж болно.

Хүний эрүүл мэндэд сул соронзон орны нөлөөлөл өнөө үед үнэмшилтэйгээр батлагдаагүй болно.

### **3.4. Цахилгаан соронзон орнуудын хүний биед аюулгүй хүчлэгийн нормчлол**

#### **3.4.1. Гадаад орнуудын нормчлолын хэм хэмжээт үндэс**

Олон орнуудад хүмүүсийн эрүүл мэндэд цахилгаан ба соронзон орнуудын аюулгүй хүчлэгүүд болон өндөр давтамжийн орны чадлын урсгалын нормчлолыг боловсронгуй болгох процесс явагдаж байна. Сүүлийн жилүүдэд нормын үндэслэл илүү их тулгамдсан асуудал болж байна. Энд хоёр чиг хандлага байдаг: хүний эрүүл мэндэд нөлөөлөх механизмуудын илрэлийн их нөөцийн коэффициентийг тооцсон илүү хатуу нормыг тогтоох эрмэлзлэл, ба хүний эрүүл мэндэд орнуудын бодит аюултай бадлыг үнэлэх, үүний үндсэн дээр орнуудын зөвшөөрөгдөх хүчлэгүүдийн шинэ нормыг үндэслэх эрмэлзлэл.

Эдгээр хоёр чиг хандлагын илрэл эдийн засгийн асуудалтай нягт холбоотой юм. Учир нь орнуудын зөвшөөрөгдөх хүчлэгүүдийн эрүүл ахуйн ба барилгын нормыг сахих, өндөр хүчдэлийн агаарын шугамын хаалттай нормчлогдсон бүсийг хангах нь ихээхэн зардал шаарддаг.

Өнөө үед соронзон ба цахилгаан орнуудын зөвшөөрөгдөх хүчлэгүүдийн нормчлолын үндэст хүний организмд нөлөөллийн шинжлэх ухааны тогтоосон механизм суурилсан байдаг. Давтамжийн утга 4-1000 Гц мужид байхад хүний организмын эд эсэд аюулгүй байх гүйдлийн нягт 100 мА/м<sup>2</sup> ба 10 кГц давтамжаас их байхад аюулгүй байх хувийн энерги 4 Вт/кг байдаг. 50 Гц давтамжтай үед дээр дурьдсан гүйдлийн нягтад гаднын



орнуудын хүчлэгүүд харгалзан 20 кВ/м ба 4 кА/м байдаг. Ийм хүчлэгтэй орнуудын аюулгүй байдлыг туршилтаар олон дахин шалгасан байдаг. Жишээ нь И.Ралле, С.Эггерт ба К.Хеникл нарын ажилд хүмүүсийн эрүүл мэнд ба үйл ажиллагаанд 50 Гц-ийн давтамжтай соронзон орны нөлөөллийн судалгааны үр дүнг харуулсан байна. Тав хоногийн турш өдөрт 3 удаа тус бүр 10 минутаар 4 кА/м хүртэлх хүчлэгтэй соронзон орноор үйлчилгээ үзүүлэхэд 20 залуу хүмүүс эрүүл гарсан байна. Энд ямар нэгэн мэдэгдэхүйц зүрхний цохилт, амьсгалын зам, биеийн температурын өөрчлөлт тогтоогдоогүй байна.

Гэвч урт хугацааны үйлчлэлийн үед 1,6÷4 кА/м хүчлэгтэй соронзон орны нөлөөллийг үгүйсгэхгүй болно. Энэ ажилд хүчлэгийн босго утга ба хүнд хортой нөлөөлөл бий болох орны үйлчлэлийн хугацааг тогтоох зорилгоор намэлт туршилтуудыг гүйцэтгэх шаардлагатай гэж заасан байна. Орны зөвшөөрөгдөх хүчлэг ба ажлын байран дахь тэдгээрийн үйлчлэх хугацааг нормчлоход өнөө үед нөөцийн коэффициентийг оруулж өгдөг. Жишээ нь өндөр давтамжийн орны дулааны үйлчлэлийн үед нормыг аюулгүйн утгаас 10 дахин бага хувийн энергиэр, өөрөөр хэлбэл 0,4 Вт/кг энергиэр тогтоодог. Нам давтамжтай үед мөн нөөцийн коэффициентийг 2,5-аас 10 хүртэл тогтоодог.

**ОХУ-д байшингийн дотор эрүүл ахуйн нормыг 0,5 кВ/м гэж тогтоодог ба агаарын шугамын нутаг дэвсгэрийн хязгаарт цахилгаан орны хүчлэг 1 кВ/м-ээс ихгүй байх ёстой.** Энэ утгатай ойролцоо нормыг бусад орнуудад мөрддөг байна. Жишээ нь АНУ-д өндөр хүчдэлийн объектын нутаг дэвсгэрийн хязгаарт цахилгаан орны хүчлэгийг 1 кВ/м-ээс 3 кВ/м хүртэлх мужид нормчилсон байна. Ажлын байр болон хүн амын хувьд үйлдвэрийн давтамжтай соронзон орны зөвшөөрөгдөх хүчлэгийн нормчлолыг ижил төстэйгээр хийгддэг.

Янз бүрийн олон улсын байгууллага ба улс орнуудын норм ба зөвлөмжүүд өөр хоорондоо зохицуулагдаагүй байдаг ба тэдгээрт байгаа хүчлэгийн утгууд хэд дахин ялгагддаг. Зарим нэгэн орнуудад, ялангуяа ОХУ-д хүн амын хувьд үйлдвэрийн давтамжтай соронзон орны зөвшөөрөгдөх хүчлэг байхгүй байна.

Өнөө үед арай илүү үндэслэлтэй ба бүрэн норм бол дээр авч үзсэн 1995 оноос үйлчилж буй CENELEC техникийн хорооны санал болгосон түр норм ENV-50166 болно. Энэ нормын хүчинтэй хугацаа 3 жил гэж тодорхойлсон, харин хугацаа өнгөрөхөд, эсвэл үндсэн нормоор үлдэх, эсвэл татан буугдах ёстой. Одоо бид ENV-50166 нормын агуулгыг авч үзье. Урт хугацааны үйлчлэлтэй үед цахилгаан орны хүчлэгийн суурь утга: тогтмол орон - 42 кВ/м, (0.1-4) Гц давтамжтай хувьсах орон - 30 кВ/м. 4-1000 Гц давтамжийн мужид суурь утгыг, 20 кВ/м ба 4 кА/м хүчлэгийн утгуудад харгалзах гүйдлийн нягт  $10 \text{ мА/м}^2$  гэж үздэг.

Илүү нам давтамжтай байхад эсийн мембран дахь потенциалын ялгаварын өөрчлөлтийн механизмын өвөрмөц онцлогийг тооцож гүйдлийн суурь нягтыг давтамжийн урвуу хамааралтайгаар, харин илүү өндөр давтамжтай үед шууд хамааралтай авдаг. Тогтмол соронзон орны хүчлэгийн суурь утгыг 1,6 мА/м гэж авдаг.

Үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан оронд байгаа объекттой холбогдоход хүний биеэр гүйх гүйдлийг анх удаа нормчилсон: ажлын байранд 3,5 мА ба хүн амын хувьд 1,5 мА. Ажлын байран дахь үйлдвэрийн давтамжтай орны хүчлэгийн нормыг 3 категорт хуваадаг.

**Нэгдүгээр категори – 6,1 кВ/м ба 159 А/м – орны талаар ажиллагсадын зайлшгүй мэдээлэл, хоёрдугаар категори – 123 кВ/м, 320 А/м ба үүнээс дээш оронд байхыг хязгаарлах зайлшгүй арга хэмжээ, гуравдугаар категори – 19,6 кВ/м ба 480 А/м – оронд байхыг хязгаарлахын зэрэгцээ**

**“аюултай ажил” сануулга заавал хэрэгтэй. Хүн амын хувьд суурь утгыг ажлын байрныхаас 2,5 дахин багаар авдаг.**

Нам давтамжийн мужид ENV 50166 норм нь ажлын байранд IRPA нормоос илүү өндөр хүчлэгийг өгдөг гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй. Нормчлолын үед хүчлэгийн хязгаарлалыг сулруулах чиг хандлага хадгалагдах ба цаашид, хэрэв хүний биед орны хортой нөлөөллийн аюултай байдал батлагдвал ихсгэж болох магадлалтай юм.

ОХУ-д мөрдөж буй хамгийн сүүлийн үеийн эрүүл ахуйн хэм хэмжээт СанПиН 2.2.4.119105 нормыг авч үзье. Энэ нормд ажлын байран дахь цахилгаан соронзон орны зөвшөөрөгдөх дээд түвшинг тогтоосон байна. Анх удаа нэг ээлжийн туршид геосоронзон орны сулралын түр хугацааны (3-н жил) зөвшөөрөгдөх түвшинг 2 дахин гэж тогтоосон. Тогтмол соронзон орны зөвшөөрөгдөх дээд түвшин: ажлын өдөрт 10 минут хүртэлх үйлчлэх хугацаатай үед 24 кА/м; 11-60 мин үйлчлэх хугацаатай бол- 16 кА/м; 61-480 мин үйлчлэх хугацаатай – 8 кА/м болно. Хэсэгчилсэн үйлчилгээтэй орны зөвшөөрөгдөх түвшин ойролцоогоор 1,5 дахин их байна (хүснэгт 3.4).

**Бүх ээлжийн туршид үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан орны хүчлэг 5 кВ/м болно. Үйлчлэх хугацаа багасахад зөвшөөрөгдөх хүчлэг 20 кВ/м хүртэл ихэсдэг. Зөвшөөрөгдөх хүчлэг 20-25 кВ/м байхад цахилгаан оронд байх хүний зөвшөөрөгдөх хугацаа 10 минут, харин 25 кВ/м-ээс дээш бол хамгаалалтын хэрэгслийг хэрэглэхгүйгээр хүний байх хугацааг зөвшөөрдөггүй болно.**

**Хүний бүх биед үйлчлэх үйлдвэрийн давтамжтай соронзон орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд түвшин: нэг ээлжинд нэг цаг хүртэл байх хугацаатай байхад -1600 А/м; 4 цаг хүртэл хугацаагаар байхад – 400 А/м; 8 цаг хүртэл хугацаатай байхад 80 А/м (хүснэгт 3.3).**

Хэсэгчилсэн үйлчилгээтэй үед хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд түвшин соронзон оронд хүний байх хугацаанаас хамаарч 4-10 дахин ихэсдэг. 50 Гц

давтамжтай импульсийн орон үүсгэгчийн горим ба үйлчлэх хугацаанаас хамаарч 6000 А/м-ээс 1400 А/м хүртэл, өөрөөр хэлбэл тасралтгүй үйлчлэлтэй байхаас хэд дахин их байдаг. СанПиН 2.2.4-119103 норм чадлын урсгал, өндөр давтамжийн цахилгаан соронзон орны хөтөлбөр ба хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх түвшинг нормчилсон байна.

*Хүснэгт 3.3.*

*Соронзон орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд түвшин  
(СанПиН 2.2.4-98)*

Хүний байх хугацаа, цаг	≤ 1	2	4	8
Ерөнхий үйлчлэлтэй үед, <i>H</i> , А/м	1600	800	400	80
Хэсэгчилсэн үйлчлэлтэй үед, <i>H</i> , А/м	6400	3200	1600	800

### **3.4.2. Ажиллагсадын ажлын байр болон өндөр хүчдэлийн агаарын шугам ба дэд станцын нөлөөллийн бүсэд хүмүүсийн амьдрах нөхцлийн нормчлол**

Цахилгаан орны үйлчлэлд урт хугацаагаар тогтмол оршин байх өндөр хүчдэлийн агаарын шугам ба дэд станцын ажиллагсадын хувьд орны зөвшөөрөгдөх хүчлэг ба тэдгээрийн үйлчлэлийн хугацаа хүснэгт 3.4-т заасан хэмжээнээс хэтрэхгүй байх ёстой гэдгийг судалгаа харуулж байна.

Хүснэгт 3.4.

Үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан оронд ажиллагсадын  
зөвшөөрөгдөх хугацаа

Цахилгаан орны хүчлэг, $E$ , кВ/м	Хоногийн турш ажиллагсадын оршин байх зөвшөөрөгдөх хугацаа, мин.
5	Хязгаарлалтгүй (ажлын өдрийн туршид)
10	180
15	80
20-25	10

Эдгээр нөхцөлүүдийг биелүүлэхэд организмын физиологийн төлөв байдлын өөрөө сэргээлт хоногийн туршид үлдэгдэл урвал ба үйл ажиллагааны буюу эмгэгийн хэмжилтгүйгээр хангагддаг. Хүснэгт 3.4 дэх хэм хэмжээт өгөгдлүүд, хэрэв хүн ажлын өдрийн бусад хугацаанд цахилгаан орны хүчлэг 5 кВ/м-ээс бага ба түүнд цахилгаан цохилтын үйлчлэл байхгүй байх байранд байрлаж байвал хүчин төгөлдөр болно. Энэ тохиолдолд хүчлэг хүний толгойн түвшинд (газрын түвшинээс 1,8 м) тодорхойлогддог.

Хүснэгт 3.4-ийн өгөгдлүүдийг, орныг хүлээн авах динамик хэвшилээс хүн 1-2 сарын дараа гарсан байх цахилгаан оронд хүний тогтмол ба урт хугацаагаар байх нөхцөлд гарган авсан гэдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй. Цахилгаан орны их хэмжээний түр зуурын үйлчлэлийг нэг удаа зөвшөөрдөг. Дэд станцын зураг төсөл боловсруулахад тойруу замын маршрут, засварын ба бусад ажлын үед сэлгэн залгалтын хэлбэрүүдийг тодорхойлж, загварт буюу компьютерийн программаар эдгээр газрууд дахь цахилгаан орны хүчлэг ба ажлын үргэлжлэх боломжтой хугацааг тооцоолж хүснэгт 3.4-ийн өгөгдлүүдтэй харьцуулна.

Хүснэгт 3.4-ийн нөхцөлүүд биелэгдэхгүй байвал ажлын байрыг халхавчтай болгох, зам дээр төмөр татлагын хаалт хийх, фазуудын хооронд

босоо халхавч хийх зэрэг арга хэмжээг хэрэглэдэг. Дэд станцын ил хуваарилах байгууламжийн хувьд тооцооны зэрэгцээ, түүнийг ашиглалтанд өгсөний дараа янз бүрийн цэгүүдэд орны хүчлэгийн хэмжилтийг гүйцэтгэж үүний дараа шаардлагатай бол халхавчийн хамгаалалтынг хэрэглэдэг. Ил хуваарилах байгууламжийн бүрэлдүүлэгт тодорхой шаардлага тавигддаг, жишээ нь таслуурууд дээр тэдгээрийн аюулгүй засварын боломжийг хангахын тулд цуглуулагч шинийг байрлуулахыг зөвшөөрдөггүй.

**Гадны байгууллагын ажиллагсадын оршин байх газар ба орон нутгийн хүн амын ойролцоох шугамын хувьд тусгай судалгааны үндсэн дээр оронд байх зөвшөөрөгдөх хугацааг тодорхойлохгүйгээр шугам дор зөвшөөрөгдөх хүчлэгийн дараах хэм хэмжээт нормыг тогтоосон: хүрэхэд бэрхтэй газруудын хувьд 20 кВ/м, хүн ам сийрэг газрын хувьд 15 кВ/м, замын огтлолцлын хувьд-10 кВ/м, хүн ам ихтэй газарт – 5 кВ/м. Үүнээс гадна орон сууцны барилгажилтын орон зайд зөвшөөрөгдөх хүчлэгийг 0,5 кВ/м гэж нормчилдог ба ингэснээрээ цахилгаан оронд хүний байх хугацааг хязгааргүй байхаар зөвшөөрдөг.**

Цахилгаан орны хүчлэг шугамын дор хамгийн их утгатай байх ба түүнээс холдох тусам хурдан багасдаг. Үүнтэй харгалзан утасны унжилтаас болж орны хамгийн их нөлөөллийн бүс алгаслалтын дунд байдаг, харин хамгийн бага утга утасны бэхлэлтийн өндөр хамгийн их байдаг тулгуурын дэргэд байна. Ийм учраас зам, мал бэлчих зам, явган хүний зам, харьцангуй нам хүчдэлийн агаарын шугам ба холбооны шугамыг тулгуурын ойролцоо байрлуулахыг зөвлөдөг.

Агаарын шугамын хамгаалалтын бүсэд байнгын ба түр хугацааны орон сууцны ба үйлдвэрийн барилга байгууламж байрлуулахыг зөвшөөрдөггүй. Хэрэв өндөр хүчдэлийн шугам замтай огтлолцоход хүчлэгийг багасгах шаардлагатай ба агаарын шугамыг фаз тус бүрийн дор төмөр бетон сууринд татагдсан ба төгсгөлүүдийг нь газардуулсан нэг буюу хоёр төмөр таталгаар

халхавч хийдэг. Татлагын халхавчийг орон сууцны байгууламжийн нутаг дэвсгэрт цахилгаан орны хүчлэгийг бууруулах зорилгоор хэрэглэж болно.

Хамгаалалтын бүсэд ажлын нөхцөлд эрс нөлөө үзүүлэх хоёр дахь хүчин зүйл нь тусгаарлагдсан объектод хүрэхэд түүгээр гүйх гүйдэл байдаг. Энэ гүйдлийн хэмжээ орон нутгийн хүн амын хувьд аюулгүй байх ёстой ба бас энэ объектод зөвхөн эрэгтэй хүн төдийгүй эмэгтэйчүүд ба хүүхдүүд хүрэх боломжийг тооцсон байх шаардлагатай. Ийм тохиолдолд эрэгтэйчүүдийн хувьд гүйдэл 9 мА, эмэгтэйчүүдийн хувьд 6,5 мА, хүүхдүүд 4,5 мА аюулгүй байх америкийн өгөгдлүүдийг ашигладаг.

Хүн хүрэхэд гүйх гүйдэл шугамын хүчдэл, хүний бодит эсэргүүцэл ба объектын эзэлхүүний параметруудээр тодорхойлогдох объектын шугамтай харьцангуй багтаамжаар тодорхойлогддог. Энэ гүйдлийг туршилгын аргаар илэрхийлж болно.

$$I_{\text{хүр}} = k_{\text{хэл}} \cdot VE, \quad (3.1)$$

үүнд:  $k_{\text{хэл}}$  – объектын хэлбэрийн коэффициент,  $V$  - объектын эзэлхүүн,  $E$  - газраас дээш 1,8 метр түвшин дэх орны хүчлэг.

Иймд гүйх гүйдэл орны хүчлэг ба объектын эзэлхүүнтэй шууд хамааралтай байна. Агаарын цахилгаан дамжуулах шугамын дорх орны хүчлэгийг хязгаарлах үр дүнтэй хэрэгсэл бол ургамалын ой хөвч байдаг. 3-4 метр өндөртэй ургамалын шигүү ой хөвчийн бүсэд шугамын дорх орны хүчлэг цэлмэг өдрийн газрын орны хүчлэгээс ялгагдахгүй байсан гэдгийг гүйцэтгэсэн хэмжилт харуулж байна. Моднуудын хооронд 6-8 метр зайтай байх жимсний цэцэрлэгийн бүсэд байх агаарын шугамын дорх орны хүчлэг хээрийн нөхцөлд шугамын дайрах тохиолдолтой харьцуулахад 2-3 дахин багасдаг байна. Модны үзүүр (оройд)-т орны хүчлэг цэлмэг өдрийн газрын орны хүчлэгээс ялгагдахгүй байдаг.

### 3.5. Цахилгаан соронзон орныг тодорхойлох тооцооны аргачлал

Ерөнхий тохиолдолд хугацаанаас хамааран өөрчлөгдөх цэнэгүүд ба цэнэглэгдсэн буюу соронзлогдсон биеийн гүйдэл, гүйдэлтэй хөдөлж буй хүрээний хувьд тэдгээрийн хүрээлэн буй орон зайд хувьсах цахилгаан соронзон орон оршин байна. Цахилгаан соронзон долгион орон зайд дараах хурдтай тархдаг байна.

$$V = \frac{1}{\sqrt{\mu_a \varepsilon_a}}, \quad (3.2)$$

Үүнд:  $\mu_a$  - орчны үнэмлэхүй соронзон нэвтрүүлэх чадвар;

$\varepsilon_a$ -орчны үнэмлэхүй диэлектрик нэвтрүүлэх чадвар.

Энэ хурд зөвхөн орчны соронзон ба цахилгаан шинж чанараас хамаардаг гэдэг нь харагдаж байна. Цахилгаан ба соронзон орнуудын хүчлэгийн үнэмлэхүй утгууд шууд ба урвуу долгионд дараах харьцаагаар холбогдоно [34].

$$H = \sqrt{\frac{\varepsilon_a}{\mu_a}} E, \quad (3.3)$$

Эндээс дараах илэрхийллийг гарган авна.

$$\frac{\mu_a H^2}{2} = \frac{\varepsilon_a E^2}{2}, \quad (3.4)$$

Иймд хэрэв шууд буюу урвуу долгион оршин байвал цахилгаан соронзон орнуудын энерги өөр хоорондоо тэнцүү байна. Үнэмлэхүй диэлектрик соронзон нэвтрүүлэх чадварыг дараах байдлаар тодорхойлж болно.

$$\varepsilon_a = \varepsilon \varepsilon_0; \quad \mu_a = \mu \mu_0, \quad (3.5)$$



үүнд:  $\epsilon_0$  ба  $\epsilon$  – вакуум ба орчин дахь харьцангуй диэлектрик нэвтрүүлэх чадварууд,  $\mu_0$  ба  $\mu$  - вакуум ба орчин дахь харьцангуй соронзон нэвтрүүлэх чадварууд. Орчны шинж чанараас хамаарах эдгээр  $\epsilon$  ба  $\mu$  хэмжигдэхүүнүүд тогтмол байх ба тэдгээрийн утгууд лавлахад өгөгдөнө, харин агаарын хувьд  $\epsilon = \mu = 1$  байна. Вакуумд эдгээр хэмжигдэхүүн  $\mu_0$  ба  $\epsilon_0$  тогтмол байх ба тэдгээрийг:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м},$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{Гн/м}$$

гэж тодорхойлно. Хэрэв авч үзэж буй орчин вакуум буюу агаар байвал (3.3) илэрхийллийг дараах хэлбэрт бичиж болно.

$$E = H \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = H \sqrt{\frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{8.8542 \cdot 10^{-12}}} = 377 \text{ Н}, \quad (3.6)$$

Ийм учраас цахилгаан ба соронзон орныг тодорхойлохын тулд зарчмын хувьд  $H$  ба  $E$  хүчлэгүүдийн аль нэгийг хэмжихэд хангалттай юм. Хоёр дахийг (3.6) томъёогоор тодорхойлно.

Цахилгаан соронзон орны хэмжилтийг түүний эрчимжилтийг тодорхойлохын тулд явуулах нь үр дүнтэй байдаг. Учир нь дурын хүн түүний эрчимтэй үйлчлэлд л өртөдөг шүү дээ. Цахилгаан соронзон цацрагийн хэмжилт үйдвэрийн тоног төхөөрөмжийн ажиллаж буй системийн орчинд бий болох цахилгаан ба соронзон орнуудын цочролын зэргийг үнэлэх боломж олгодог. Цахилгаан соронзон цацрагийн хэмжилт маш чухал агшин болно. Учир нь энэ цацраг бүрэн судлагдаагүй боловч тэрээр амьд организмд нөлөөлдөг ба их ядаргаа, сулрал ба эрүүл мэндтэй холбоотой бусад олон тааламжгүй байдлын нөлөөллийн шалтгаан болдог гэдгийг эрдэмтэд баталсан байна.

Биологийн объектуудад нөлөөллийн зэргийг тодорхойлох чухал үзүүлэлт бол газрын түвшин дэх цахилгаан орны хүчлэг байдаг. Олон судлаачдын гүйцэтгэсэн туршилтуудад туршлагын амьтадын эсрэг үйлчлэлийн хүчтэй хэмжигдэхүүн бий болох цахилгаан орны хүчлэгийн тодорхой босго утгыг илрүүлсэн байна. Энэ утга 100 кВ/м-тэй тэнцүү байна.

220 кВ ба түүнээс дээш хүчдэлтэй дэд станц ба цахилгаан дамжуулах шугамын ашиглалтын ажиллагсадад цахилгаан орны нөлөөллийн судалгаанууд тааламжгүй үйлчлэлийг илрүүлсэн байна: 220 кВ ба түүнээс бага хүчдэлд энэ үйлчлэл сул илэрдэг байна [35]. Бүх хүчдэлд орны үйлчлэл түүнд оршин байх хугацаанаас хамаардаг. Энэ нь үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан орны хувьд дээр заасан (3.4) хэм хэмжээт нормыг зөвлөмж болгох боломж олгож байна. Гэхдээ янз бүрийн улс орнуудад цахилгаан ба соронзон орнуудын хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх утгыг нормчлоход янз бүрийн хандлага байдаг. Эдгээр ялгааны үндэст зөвшөөрөгдөх дээд утгыг ойлгох янз бүрийн тодорхойлолтоос цахилгаан соронзон орны аюулыг танин мэдэх амжилт бага хэмжээгээр суурилсан байдаг.

Давтамжийн 10-30 кГц мужид (маш бага давтамжтай) ажлын байран дахь цахилгаан соронзон орнуудын хүчлэг дараах зөвшөөрөгдөх дээд хязгаараас хэтрэхгүй байх ёстой: ажлын өдрийн туршид үйлчлэлийн үед 500 В/м ба 50 А/м; ажлын өдрийн 2 хүртэл цагийн туршид үйлчлэлтэй байхад 1000 В/м ба 100 А/м. Давтамжийн 30-60 кГц мужид (нам давтамжтай) үйлчлэх хугацаанаас хамаарч цахилгаан ба соронзон орнуудын хүчлэг:

$$E_{ЗДТ} = \sqrt{\frac{2000}{T}}; \quad H_{ЗДТ} = \sqrt{\frac{200}{T}}, \quad (3.7)$$

үүнд:  $E_{ЗДТ}$  ба  $H_{ЗДТ}$  - цахилгаан ба соронзон орнуудын зөвшөөрөгдөх дээд түвшингүүд (В/м, А/м);  $T$  - үйлчлэх хугацаа, цаг.

Үйлчлэх хугацаанаас нь хамааруулан цахилгаан ба соронзон орнуудын хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд түвшин (ЗДТ)-г тодорхойлж болно (хүснэгт 3.5).

*Хүснэгт 3.5.*

*Үйлчлэх хугацаанаас хамаарсан цахилгаан ба соронзон орнуудын хүчлэгийн ЗДТ*

<i>T</i> ,ц	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	0,25	≤ 0,08
<i>E</i> <sub>ЗДТ</sub> , В/м	50	53	58	63	71	82	100	141	200	283	500
<i>H</i> <sub>ЗДТ</sub> , А/м	5	5,3	5,8	6,3	7,1	8,2	10	14,1	20	28,3	50

*Тайлбар:* Соронзон индукцийн хэмжилтийн нэгжийг соронзон орны хүчлэгийн хэмжилтийн нэгжид (А/м) шилжүүлэхийн тулд дараах коэффициентийг ашиглана:

$$1 \text{ Тл} = 8,1 \text{ А/м ба } 1 \text{ мкТл} = 0,81 \text{ А/м}$$

**ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ**  
**УЛААНБААТАР ХОТЫН НИЙТИЙН ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ**  
**ГАЗРУУД ДАХЬ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫ**  
**ПАРАМЕТРУУДИЙН СУДАЛГАА**

**4.1. Нийтийн үйлчилгээний газрууд дахь цахилгаан  
соронзон орны параметруудийн хэмжилт**

Бидний судалгааны гол зорилго бол Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны нөлөөллийг 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 хэмжилтийг гүйцэтгэхдээ аль болох олон хүн зорчиж байдаг нийтийн үйлчилгээний газруудыг сонгон авч эдгээр газруудад хэмжилт хийсэн болно. Нийтийн үйлчилгээний гол объектүүдэд: 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 орчинг сонгон авсан юм.

Эдгээр үйлчилгээний газруудыг сонгохдоо Улаанбаатар хотын зургаан дүүрэг тус бүрт орших газруудыг хамруулан авч үзсэн юм. Нөгөө талаас цаг уурын нөхцөл байдлыг тооцох зорилгоор зун, намар, өвөл, хаврын хэмжилтийг гүйцэтгэсэн ба харин хэмжилт хийх цагийг бид өглөө, өдөр, оройн бүх цагуудад хийсэн болно. Цахилгаан соронзон орны параметруудийг хэмжихдээ үүнтэй нэгэн зэрэг орчны агаарын чанарын

үзүүлэлтүүд болох агаарын даралт, температур, агаарын чийгшилт мөн нүүрс хүчлийн хийн хэмжилт хийсэн болно. Цахилгаан ( $E$ ) ба соронзон ( $H$ ) орны хүчлэгийг Тайван улсын ELECTROMAGNETIC FIELD METER 480823 маркийн багажаар, харин орчны агаарын чанарын үзүүлэлтүүдийг Америкын нэгдсэн улсын Q-trak 7565 маркийн багажаар тус тус гүйцэтгэсэн болно. Хэмжилтийг тухайн цэгт гурван удаа гүйцэтгэж судалгаанд хамгийн их утгыг авсан болно. Хэмжилтийн үр дүнг дүүрэг тус бүрээр хүснэгт 4.1 - хүснэгт 4.6-д харуулав. Нийтийн үйлчилгээний газруудад цахилгаан соронзон орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утга нь цахилгаан орны хувьд  $E_{зху} = 500$  В/м, соронзон орны хүчний хувьд  $H_{зху} = 50$  мА/м

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд нийтийн үйлчилгээний газруудад цахилгаан орон ( $E$ ) ба соронзон орны хүчлэг ( $H$ )-ийн утгууд бүгд зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байгаа нь харагдаж байна.

## СБД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
1	100-н айл Bus stop	2019.02.17	16:50	3.77	0.01	0.008	-3.1	16.9	86.7	682	0.682
2	32-р тойрог	2019.02.17	18:22	7.54	0.02	0.016	-4.6	24.5	86.9	621	0.621
3	МУИС 1-р байр дотор	2019.01.28	14:24	7.54	0.02	0.016	3.4	39.4	88	503	0.503
4	МУИС 1-р байр гадна	2019.01.28	14:44	3.77	0.01	0.008	-13.4	16.4	87.8	469	0.469
5	11-р хороолол 5 байр гадна	2019.1.19	17:48	354.38	0.94	0.752	-12	62	87.8	520	0.52
6	11-р хороолол 6 байр гадна	2019.1.19	17:50	595.66	1.58	1.264	-11.5	62.1	87.8	608	0.608
7	11-р хороолол 1 байр дотор	2019.1.19	17:55	143.26	0.38	0.304	16.4	6.4	87.1	676	0.676
8	11-р хороолол 1 байр гадна	2019.1.19	17:58	11.31	0.03	0.024	-11.7	61	87.8	520	0.52

Хүснэгт 4.1 (Үргэлжлэл)

СБД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
9	ШУТИС II байр дотор	2019.1.19	17:24	64.09	0.17	0.136	20.2	9.9	88.2	701	0.701
10	ШУТИС II байр гадаа	2019.1.19	17:34	22.62	0.06	0.048	-10.6	45.3	88.1	504	0.504
11	64-р дэлгүүр гадаа	2019.1.19	17:36	3.77	0.01	0.008	-11	51.9	88.1	677	0.677
12	64-ийн автобусны буудал	2019.1.19	17:37	49.01	0.13	0.104	-11	54.2	88	680	0.68
13	ХБ коллеж зүүн талд	2019.1.19	17:41	79.17	0.21	0.168	-12	57.8	87.9	581	0.581
14	2-р сургуулийн гадна	2019.1.19	17:46	49.01	0.13	0.104	-11.9	62.4	87.8	515	0.515
15	Номин 32 ХТ дотор	2019.02.17	17:40	7.54	0.02	0.016	1.6	22.7	86.9	787	0.787
16	Номин 32 ХТ гадна	2019.02.17	17:46	7.54	0.02	0.016	-7.4	31.6	86.8	514	0.514

БЗД *Electromagnetic field Meter 480823* багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
1	Оффицер 119А байр дотор	2019.02.17	13:02	3.77	0.01	0.008	1.1	8.8	87.6	560	0.56
2	Оффицер 119А байр гадна	2019.02.17	12:38	3.77	0.01	0.008	23.3	17.8	87.4	707	0.707
3	Оффицер 2/6 байр дотор	2019.02.17	15:22	7.54	0.02	0.016	5.9	28.1	86.8	1333	1.333
4	Оффицер 2/6 байр гадна	2019.02.17	15:31	7.54	0.02	0.016	-5.1	16.7	86.7	500	0.5
5	Шархад, СЭМҮТөв дотор	2019.02.17	16:15	3.77	0.01	0.008	7.4	42.8	86.1	2899	2.899
6	Шархад, СЭМҮТөв гадна	2019.02.17	15:54	3.77	0.01	0.008	-4.2	15.4	86.7	495	0.495
7	Дүнжингарав төв дотор	2019.02.17	11:18	3.77	0.01	0.008	2.5	11.1	87.7	504	0.504
8	Дүнжингарав төв гадна	2019.02.17	11:30	3.77	0.01	0.008	-9.2	31.8	87.5	360	0.36
9	Техникийн зах дотор	2019.02.17	16:45	11.31	0.03	0.024	4.6	41.2	86.1	1357	1.357



## БЗД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
10	Техникийн зах гадна	2019.02.17	16:29	11.31	0.03	0.024	-4.2	18.7	86.1	484	0.484
11	Дүнжингарав Bus stop	2019.02.17	10:53	7.54	0.02	0.016	7.9	10.8	87.6	475	0.475
12	Офицеруудын ордон Bus stop	2019.02.17	14:35	3.77	0.01	0.008	-10.8	13	86.9	795	0.795
13	Шархад, гудамж дунд 1	2019.02.17	16:18	3.77	0.01	0.008	-1.6	18.1	86.2	512	0.512
14	Шархад, гудамж дунд 2	2019.02.17	16:29	3.77	0.01	0.008	-4.2	18.7	86.1	484	0.484
15	Оффицер 14-р сургууль дотор	2019.02.17	13:21	7.54	0.02	0.016	4.2	18.8	87.3	1069	1.069
16	Оффицер 14-р сургууль гадна	2019.02.17	13:16	3.77	0.01	0.008	-2.3	15.5	87.4	516	0.516
17	ШУА-ын 1-р байр дотор	2019.02.17	10:04	3.77	0.01	0.008	2.5	3.7	87	480	0.48
18	ШУА-ын 1-р байр гадна	2019.02.17	14:54	3.77	0.01	0.008	-7.1	30.2	86.9	521	0.521
19	Офицеруудын ордон гадна	2019.02.17	15:04	3.77	0.01	0.008	6.1	63.2	86.7	1338	1.338

БГД *Electromagnetic field Meter 480823* багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
1	17-р хороо, 73-р байр дотор	2019.01.29	11:13	7.54	0.02	0.016	-6.2	40.6	87.7	707	0.707
2	17-р хороо, 73-р байр гадна	2019.01.29	12:42	3.77	0.01	0.008	-13.2	17.7	87.7	513	0.513
3	19-р хороо, 58-р байр дотор	2019.01.31	14:04	3.77	0.01	0.008	-4.1	43.7	87.7	653	0.653
4	19-р хороо, 58-р байр гадна	2019.01.31	14:19	3.77	0.01	0.008	-14	17.7	87.8	456	0.456
5	ЭМ-ийн 7-р төв дотор	2019.01.29	14:17	3.77	0.01	0.008	4.6	57.6	87.9	895	0.895
6	ЭМ-ийн 7-р төв гадна	2019.01.29	14:11	3.77	0.01	0.008	-14.6	15.5	88	482	0.482
7	ЭХЭМҮТөв дотор	2019.01.29	13:43	11.31	0.03	0.024	8.6	51.1	87.5	855	0.855
8	ЭХЭМҮТөв дотор	2019.01.29	13:37	7.54	0.02	0.016	-16.1	16.6	87.6	524	0.524

Хүснэгт 4.3 (Үргэлжлэл)

БГД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
9	ГССҮТөв дотор	2019.01.31	17:32	3.77	0.01	0.008	3.9	46.1	88	873	0.873
10	ГССҮТөв гадна	2019.01.31	17:24	3.77	0.01	0.008	-13.3	16.7	87.9	574	0.574
11	Махmall ХТ дотор	2019.01.29	16:53	135.72	0.36	0.288	1.2	42.3	88	735	0.735
12	Махmall ХТ гадна	2019.01.29	16:46	75.4	0.2	0.16	-14.5	15	87.9	596	0.596
13	Номин ХТ дотор	2019.01.31	15:37	11.31	0.03	0.024	8.9	54.3	88	852	0.852
14	Номин ХТ гадна	2019.01.31	15:24	3.77	0.01	0.008	-13.4	16.2	88	578	0.578
15	Е-Mart ХТ дотор	2019.01.31	16:56	3.77	0.01	0.008	4.3	42.2	88	852	0.852
16	Е-Mart ХТ гадна	2019.01.31	16:48	3.77	0.01	0.008	-14.1	16.7	88	457	0.457
17	Дүүхээ төв дотор	2019.01.31	16:24	7.54	0.02	0.016	4.9	53.2	88	986	0.986
19	Хар хорин зах дотор	2019.02.16	16:00	11.31	0.03	0.024	-4.1	15.5	88.1	506	0.506

Хүснэгт 4.3 (Үргэлжлэл)

БГД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
20	Хар хорин зах гадна	2019.02.16	16:14	7.54	0.02	0.016	-5.6	26.9	88	588	0.588
21	Гандангын гудамжууд	2019.01.29	16:32	11.31	0.03	0.024	-14	15.3	87.9	622	0.622
22	ТБД андууд Bus stop	2019.01.29	15:19	3.77	0.01	0.008	-12.4	16.6	88	594	0.594
23	Хорооллын эцэс Bus stop	2019.01.31	17:13	3.77	0.01	0.008	-12.3	19.6	88	459	0.459
24	3, 4-р хорооллын Bus stop	2019.01.29	13:01	7.54	0.02	0.016	-13.3	21.3	87.8	578	0.578
25	4-р хорооллын гол замын Bus stop	2019.01.31	14:34	3.77	0.01	0.008	-10.4	17.9	88	438	0.438
26	Ц87-р цэцэрлэг дотор	2019.01.29	10:48	7.54	0.02	0.016	6.9	47.2	88	686	0.686
27	Ц87-р цэцэрлэг гадна	2019.01.29	10:31	3.77	0.01	0.008	-15.9	16.5	88	491	0.491

Хүснэгт 4.3 (Үргэлжлэл)

БГД *Electromagnetic field Meter 480823* багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
28	108-р сургууль дотор	2019.01.29	10:21	3.77	0.01	0.008	3.8	43.1	88	584	0.584
29	108-р сургууль гадна	2019.01.29	10:14	3.77	0.01	0.008	-16.6	17.1	87.9	470	0.47
30	47-р сургууль дотор	2019.01.31	15:12	3.77	0.01	0.008	2.6	31.4	87.8	543	0.543
31	47-рсургууль гадна	2019.01.31	15:06	3.77	0.01	0.008	-12.2	19.4	87.8	453	0.453
32	Өргөө-1 кино театр дотор	2019.01.31	16:03	3.77	0.01	0.008	6.3	47.3	88	958	0.958
33	Өргөө-1 кино театр гадна	2019.01.31	15:55	3.77	0.01	0.008	-12.6	15.7	88	569	0.569

## ЧД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
1	Dragon center дотор	2019.02.16	16:30	7.54	0.02	0.016	12.9	37.3	88	1401	1.401
2	Dragon center гадна	2019.02.16	16:40	11.31	0.03	0.024	-1.4	9.7	88	503	0.503
3	5 шар Bus stop	2019.02.16	17:03	3.77	0.01	0.008	-5.8	24.8	88	471	0.471
4	Бөмбөгөр зах гадна талбай	2019.03.19	12:01	4.34	0.012	0.009	0.8	23.5	86.9	463	0.463
5	Бөмбөгөр зах 1-р байр дотор	2019.03.19	12:03	2.13	0.006	0.005	10.4	47.8	86.9	1113	1.113
6	Компьютер ланд ХТ дотор	2019.03.19	12:11	4.76	0.013	0.010	16.4	49.4	86.9	1622	1.622
7	Компьютер ланд ХТ гадаа	2019.03.19	12:13	4.07	0.011	0.009	3.8	16.6	86.9	460	0.46
8	23-р сургууль гадаа	2019.03.19	12:32	2.74	0.007	0.006	7.7	11.8	86.9	452	0.452

## ЧД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
9	23-р сургууль дотор	2019.03.19	12:33	2.13	0.006	0.005	15.2	25.8	86.9	782	0.782
10	Занбазарын музей гадна	2019.03.19	12:39	5.96	0.016	0.013	6.2	12.4	86.9	521	0.521
11	Занбазарын музей дотор	2019.03.19	12:40	1.87	0.005	0.004	14.6	32.7	86.9	1014	1.014
12	Төв голомт банк гадна	2019.03.19	12:52	1.90	0.005	0.004	5.2	13.9	86.9	482	0.482
13	Татварын ерөнхий газар гадна	2019.03.19	13:00	2.22	0.006	0.005	4.5	16	86.8	504	0.504
14	Тэнгис кино театр гадна	2019.03.19	13:06	5.52	0.015	0.012	1.3	14.3	86.9	451	0.451
15	Тэнгис кино театр дотор	2019.03.19	13:11	3.83	0.010	0.008	10	39	86.8	994	0.994
16	5-р хороо, 15-р байр гадна	2019.03.19	13:16	23.43	0.062	0.050	1.4	27.3	86.8	458	0.458

## ЧД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
17	5-р хороо, 15-р байр дотор	2019.03.19	13:21	9.91	0.026	0.021	5.7	24.2	86.7	832	0.832
18	Нисдэг машин ХТ дотор	2019.03.19	13:29	8.07	0.021	0.017	6.8	23.5	86.8	616	0.616
19	Нисдэг машин ХТ гадна	2019.03.19	13:32	2.23	0.006	0.005	4.7	15.7	86.8	475	0.475
20	Чингэлтэй тойрог гадаа	2019.03.19	13:36	11.09	0.029	0.024	14.2	22.6	86.8	920	0.92
21	9-р хороо, гэр хороолол дунд	2019.03.19	13:39	10.10	0.027	0.021	3.5	13.1	86.8	469	0.469
22	9-р хороо, гэр хороололын дэлгүүр	2019.03.19	13:45	12.60	0.033	0.027	3.3	15.4	86.7	502	0.502



## ЧД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
23	39-р сургууль гадна	2019.03.19	13:51	1.01	0.003	0.002	4.4	19.6	86.6	455	0.455
24	39-р сургууль дотор	2019.03.19	13:53	1.65	0.004	0.004	12.8	50	86.6	1129	1.129
25	Нарлаг дэнж зах гадна	2019.03.19	14:02	3.79	0.010	0.008	8	13.5	86.4	730	0.73
26	Нарлаг дэнж зах дотор	2019.03.19	14:09	1.84	0.005	0.004	10.4	20.6	86.3	619	0.619
27	10-р хороо, гэр хороолол дунд	2019.03.19	14:14	8.66	0.023	0.018	3.3	15.1	86.3	449	0.449
28	Нарантуул 2 зах гадна	2019.03.19	14:25	7.02	0.019	0.015	6.8	13.8	86.7	568	0.568
29	Нарантуул 2 зах дотор	2019.03.19	14:26	8.16	0.022	0.017	14.5	27.6	86.8	1477	1.477

## СХД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
1	Dragon center дотор	2019.02.16	16:30	7.54	0.02	0.016	12.9	37.3	88	1401	1.401
2	Dragon center гадна	2019.02.16	16:40	11.31	0.03	0.024	-1.4	9.7	88	503	0.503
3	5 шар Bus stop	2019.02.16	17:03	3.77	0.01	0.008	-5.8	24.8	88	471	0.471
4	Сэлэнгэ зах гадна	2019.03.19	15:07	1.58	0.004	0.003	7.3	5.2	87.3	454	0.454
5	Сэлэнгэ зах дотор	2019.03.19	15:08	2.35	0.006	0.005	10.6	17.5	87.3	639	0.639
6	Агрим хийд гадна	2019.03.19	15:27	7.14	0.019	0.015	13.2	6.5	87.3	458	0.458
7	Агрим хийд дотор	2019.03.19	15:35	2.83	0.008	0.006	5.2	11.2	87.2	502	0.502
8	МТ, Петро колонкуудтай тойрог	2019.03.19	15:39	3.12	0.008	0.007	4	8.6	87.2	450	0.45
9	2-р хороо, гэр хороолол	2019.03.19	15:47	4.92	0.013	0.010	3.6	10.5	87.2	450	0.45
10	1-27-р орон сууц дотор	2019.03.19	15:53	3.30	0.009	0.007	11.1	12.3	87.1	614	0.614

Хүснэгт 4.5 (Үргэлжлэл)

СХД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кПа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
11	1-27-р орон сууц гадна	2019.03.19	15:58	8.76	0.023	0.019	11	12.5	87.1	459	0.459
12	Номин "Hyper market" гадна	2019.03.19	16:04	0.13	0.000	0.000	4.6	11.9	86.8	451	0.451
13	Номин "Hyper market" дотор	2019.03.19	16:13	12.16	0.032	0.026	5.5	12.3	87.1	438	0.438
14	Ач АУИС гадаа	2019.03.19	16:34	8.73	0.023	0.019	23.7	13.2	87.2	1146	1.146
15	BSB Superstore гадна	2019.03.19	17:04	5.89	0.016	0.012	6.1	6	87.2	447	0.447
16	BSB Superstore дотор	2019.03.19	17:09	6.47	0.017	0.014	4.1	13.1	87.1	911	0.911
17	Сонгинхайрхан Bus stop	2019.03.19	17:17	8.35	0.022	0.018	11	5.4	87.1	570	0.57
18	Miraj худалдааны төв гадна	2019.03.19	17:22	4.32	0.011	0.009	10.4	7.1	87.1	567	0.567
19	Miraj худалдааны төв дотор	2019.03.19	17:26	6.48	0.017	0.014	22.7	10.9	86.9	1044	1.044

## ХУД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
1	3-р хороо, 52-р байр дотор	2019.01.28	17:14	7.54	0.02	0.016	-3.6	18.1	87.8	543	0.543
2	3-р хороо, 52-р байр гадна	2019.01.28	17:58	3.77	0.01	0.008	-15.7	44.4	87.6	740	0.74
3	Viva city байр дотор	2019.02.16	13:14	7.54	0.02	0.016	-6.5	15	87.9	496	0.496
4	Viva city байр гадна	2019.02.16	11:35	3.77	0.01	0.008	-13.2	48.5	87.5	535	0.535
5	Нисэх орон сууц дотор	2019.02.16	17:41	11.31	0.03	0.024	5.2	29.3	87.8	545	0.545
6	Нисэх орон сууц дотор	2019.02.16	17:28	15.08	0.04	0.032	-7	21.7	87.9	490	0.49
7	Зайсан орон сууц дотор	2019.02.16	20:13	7.54	0.02	0.016	3.7	49.8	87.8	627	0.627
8	Зайсан орон сууц гадна	2019.02.16	19:57	7.54	0.02	0.016	-14.2	23.4	87.7	489	0.489
9	Улаанбаатар сувилал дотор	2019.01.28	18:18	7.54	0.02	0.016	-3.4	43.5	87.8	614	0.614
10	Улаанбаатар сувилал гадна	2019.01.28	18:05	3.77	0.01	0.008	-16	19.2	87.7	489	0.489

Хүснэгт 4.6 (Үргэлжлэл)

ХУД Electromagnetic field Meter 480823 багажийн хэмжилтийн үр дүн

№	Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн огноо	Хэмжилт хийсэн цаг	Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
				В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
11	Нисэх онгоцны буудал дотор	2019.02.16	18:42	18.85	0.05	0.04	1.1	32.1	87.7	545	0.545
12	Нисэх онгоцны буудал гадна	2019.02.16	18:22	3.77	0.01	0.008	-2.7	21	87.9	598	0.598
13	Хүннү малл дотор	2019.02.16	14:15	7.54	0.02	0.016	3.2	45.9	87.5	813	0.813
14	Хүннү малл гадна	2019.02.16	14:21	7.54	0.02	0.016	-3.3	22.9	87.4	589	0.589
15	Яармаг Bus stop	2019.02.16	19:08	7.54	0.02	0.016	-11	33.5	87.3	514	0.514
16	Зайсан Bus stop	2019.02.16	20:24	3.77	0.01	0.008	-13.4	26.2	87.7	468	0.468
17	ХААИС гадна	2019.02.16	20:41	3.77	0.01	0.008	-13.8	17.4	87.9	497	0.497
18	КФС 10-р салбар дотор	2019.01.28	16:53	3.77	0.01	0.008	11.2	53.3	87	824	0.824
19	КФС 10-р салбар гадна	2019.01.28	16:47	3.77	0.01	0.008	-14.1	15.7	86.8	476	0.476

## **4.2. Өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугам болон трансформаторын дэд станцын орчны цахилгаан соронзон орны хэмжилт**

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 станцуудаас бид төлөөлөл болгон 110 кВ, 35 кВ-ын шугам, 110/35/10 кВ-ын “Туул” дэд станц ба 35/10 кВ-ын “Цэлмэг” дэд станцууд, мөн троллейбусны цахилгаан дамжуулах шугамыг сонгон авсан юм. Шугам, дэд станцын сонголтыг хийхдээ агаарын ил задгай байрлах цахилгаан дамжуулах шугам, мөн ил задгай байрлах цахилгаан дэд станцуудыг авсан ба далд байрлах кабель шугам болон хаалттай трансформаторын дэд станцуудыг сонгоогүй болно.

Манай орны хувьд төв суурин газруудын 110, 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах шугам нь агаарын шугам, 110/35/10, 35/10 кВ-ын дэд станцууд бүгд ил хуваарилах дэд станц тул нийслэл хотод мөн адил ил байрлалтай байна. Харин хотын 10, 6 кВ-ын шугамууд ихэвчлэн кабель шугамаар хийгдэж зуслан орчмын цөөхөн шугам агаарын шугам байна. Хотын төвийн 10/0.4 ба 6/0.4 кВ-ын бүх трансформаторууд хаалттай дэд станц болно.

Ингээд бид 110/35/10 кВ-ын “Туул” дэд станц, 35/10 кВ-ын “Цэлмэг” дэд станцуудын орчинд хэмжилт хийсэн болно. Трансформаторын дэд станцын орчинд хэмжилт хийх аргачлалын дагуу дэд станцын эргэн тойронд хэд хэдэн чиглэлээр хэмжилт хийхдээ чиглэл тус бүрт 2, 5, 10 метрын зайд хэмжилтийг гурав гурван удаа хийж судалгааны үр дүнд хамгийн их утгыг авсан болно. Трансформаторуудын дэд станцын орчинд хийсэн хэмжилтийн үр дүнг хүснэгт 4.7, хүснэгт 4.8-д харуулав.

Хүснэгт 4.7

110/35/10 кВ-ын Туул 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	<i>E</i>	В/м	<b>528</b>	<b>709</b>	<b>1024</b>	113	7	8.4
	<i>H</i>	мА/м	<b>166</b>	<b>420</b>	<b>525</b>	21	13	12
5	<i>E</i>	В/м	<b>583</b>	<b>855</b>	<b>739</b>	119	9.5	12.4
	<i>H</i>	мА/м	<b>141</b>	<b>488</b>	<b>361</b>	27	25	10.3
10	<i>E</i>	В/м	<b>635</b>	417	406	119	14.8	12.2
	<i>H</i>	мА/м	<b>134</b>	<b>175</b>	<b>133</b>	16	9.9	9.7

Хүснэгт 4.8

35/10 кВ-ын Цэлмэг 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	<i>E</i>	В/м	1.92	4.73	0.93	1.35
	<i>H</i>	мА/м	<b>263</b>	<b>122</b>	15	16
5	<i>E</i>	В/м	2.15	4.5	0.81	1.23
	<i>H</i>	мА/м	<b>174</b>	<b>150</b>	13	11
10	<i>E</i>	В/м	1.33	2.65	0.96	1.0
	<i>H</i>	мА/м	<b>73</b>	24	14	12

110/35/10 кВ-ын дэд станцын орчны цахилгаан болон соронзон орны утгууд нь зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утгуудаас нилээд 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-н дэд станцын хувьд цахилгаан орны хүчлэг зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утгаас эрс бага, соронзон орны хүчлэг нь их гарч байна.

Дээрх дэд станцуудыг тэжээж буй 110 ба 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамд хэмжилт хийхдээ шугамын эгц дор болон түүнээс 2, 5, 10 метрийн зайд хэмжилт хийсэн ба хэмжилтийн үр дүнг хүснэгт 4.9-д үзүүдэв. Хэмжилтийг хийхдээ газрын түвшингээс дээш 1.5м болон 2 метрийн өндөрт тус бүр гурав гурван удаа хэмжиж судалгааны үр дүнд хамгийн их утгыг авсан юм.

*Хүснэгт 4.9*

*110, 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын орчинд*

*хийсэн хэмжилтийн үр дүн*

Хэмжилт хийсэн зай, м	Орны хүчлэг	Хэмжих нэгж	110кВ		35кВ	
			Хэмжилт хийсэн өндөр, м		Хэмжилт хийсэн өндөр, м	
			1.5	2	1.5	2
0	<i>E</i>	В/м	<b>2923</b>	<b>5550</b>	<b>1477</b>	<b>939</b>
	<i>H</i>	мА/м	29	<b>135</b>	<b>257</b>	<b>578</b>
2	<i>E</i>	В/м	<b>5023</b>	<b>3677</b>	<b>3200</b>	<b>1487</b>
	<i>H</i>	мА/м	<b>74</b>	<b>45</b>	<b>140</b>	<b>156</b>
5	<i>E</i>	В/м	<b>3285</b>	<b>5383</b>	<b>1230</b>	391
	<i>H</i>	мА/м	<b>101</b>	<b>96</b>	<b>133</b>	<b>665</b>
10	<i>E</i>	В/м	-	-	<b>2943</b>	<b>672</b>
	<i>H</i>	мА/м	-	-	<b>302</b>	<b>91</b>



Троллейбусны агаарын шугамын орчинд хэмжилт хийхдээ мөн шугамын эгц дор ба түүнээс 2, 5, 10 метрийн зайд цэг тус бүрт 1, 5 болон 2 метрийн өндөрт гурав гурван удаа хэмжилт хийж судалгааны үр дүнд хамгийн их утгыг авсан болно. Хэмжилтийн үр дүнг хүснэгт 4.10-д харуулав

*Хүснэгт 4.10*

*Троллейбусны 600 В-ын хүчдэлтэй шугамын орчинд  
хийсэн хэмжилтийн үр дүн*

Хэмжилт хийсэн зай, м	Орчны хүчлэг	Хэмжих нэгж	Хэмжилт хийсэн өндөр, м	
			1,5	2
0	<i>E</i>	В/м	9,13	6,7
	<i>H</i>	мА/м	24	24
2	<i>E</i>	В/м	12,6	19
	<i>H</i>	мА/м	14	12,4
5	<i>E</i>	В/м	8,55	14,7
	<i>H</i>	мА/м	25	44
10	<i>E</i>	В/м	14	35
	<i>H</i>	мА/м	18	33

Цахилгаан дамжуулах 110 ба 35 КВ-ын агаарын шугамын орчны цахилгаан орны болон соронзон орны хүчлэг нь зөвшөөрөгдөх хязгаарын утгаас эрс их гарсан ба харин троллейбусны 600 В-ын агаарны шугамын орчны цахилгаан болон соронзон орны хүчлэгүүд зөвшөөрөгдөх хязгаарын утгаас эрс бага гарч байна.

### **4.3. Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны параметруудийн математик боловсруулалт**

#### **4.3.1. Орчны цахилгаан соронзон орны параметрууд болон агаарын үзүүлэлтүүдийн хоорондын корреляци хамаарлын дүн шинжилгээ**

Нийслэл хотын орчны цахилгаан соронзон орны параметрууд болох цахилгаан орны хүчлэг ( $E$ ), соронзон орны индукци ( $B$ ), болон соронзон орны хүчлэг ( $H$ ), агаарын температур ( $C$ ), даралт ( $AD$ ), чийгшилт ( $ACH$ ), ба нүүрс хүчлийн хий ( $CO_2$ )-н хэмжилтийн утгуудаар цахилгаан соронзон орны параметрууд агаарын үзүүлэлтүүдээс хамаарах зүй тогтол байгаа эсэхийг шалгахын тулд тэдгээрийн хоорондын математик илэрхийлэлийг математик статистикийн аргуудыг ашиглаж регрессын загварыг байгуулж улмаар байгуулсан загваруудын үнэмшил (нарийвчлал)-ийг холбогдох онолын математик шинжүүрүүдээр шалгах асуудал чухал ач холбогдолтой байдаг. Ингэж регрессийн загварын үл хамаарах хувьсахуудыг сонгох, эдгээр хувьсахууд цахилгаан соронзон орны параметруудийн хоорондын харилцан уялдаа холбоог судлахын тулд корреляцын шинжлэлийг гүйцэтгэдэг.

Регрессийн шинжлэлийн эхний шат бол эх олонлогоос анхны өгөгдлийн үл хамаарах параметруудийн түүвэр олонлогыг сонгон тэдгээрийн харилцан үл хамаарах нөхцлийг шалгадаг. Регрессийн шинжлэлийн аргыг эрчим хүчний тооцоонд хэрэглэхэд гардаг хамгийн хүндрэлтэй асуудлын нэг бол анхдагч өгөглөл болох  $X$  параметрууд өөр хоорондоо их бага хэмжээгээр хамааралтай байдагт оршино. Математик статистикт үл хамаарах параметрууд хир зэрэг харилцан хүчтэй ба сул хамааралтай болохыг шалгадаг олон янзын аргууд байдаг. Практикт

түгээмэл хэрэглэдэг арай хялбар арга бол корреляцын матрицыг байгуулсаны үндсэн дээр хамгийн их хос корреляцын коэффициентийг тогтоох арга юм. Иймд олон хэмжээст корреляцын шинжлэлд түүвэр олонлогыг хувьсахуудын корреляцын матрицыг байгуулах үе шат чухал юм. Харилцан хамаарлын гол үзүүлэлт нь хамгийн их хос корреляцын коэффициент болно.

$$\max(r_{ij}) \quad (4.1)$$

Энэ хэмжигдэхүүн туйлын утгаараа нэгтэй тэнцүү буюу бага байдаг. Хос корреляцын коэффициент хичнээн л бага байна, төдийчинээ харилцан бага хамааралтай байна. Чухам хэдээс бага байвал харилцан хамааралгүй гэж үзэх вэ? гэдэг талаар тогтсон журам байхгүй ба судалгаа тооцооноос үзэхэд  $r_{ij} < 0.4$  байвал харилцан хамааралгүй гэж болно. Регрессийн шинжлэлийн өөр нэг гол асуудал нь сонгож авсан харилцан үл хамаарах параметруудийн түүвэр олонлогоос олонлогын параметруудийн тоог сонгоход эсрэг тэсрэг хоёр шинжүүдыг авч үздэг [36].

1. Цахилгаан соронзон орны параметруудийг илүү нарийвчлалтай тодорхойлох, үнэмшил сайтай регрессийн загвар гарган авахыг тулд аль болох олон параметруудийг оруулах хэрэгтэй.
2. Олон параметруудийг тооцохын тулд их хэмжээний мэдээллийг боловсруулахад ихээхэн хөдөлмөр, цаг хугацаа шаарддаг тул аль болох цөөн тооны параметруудийг оруулах шаардлагатай болдог.

Энэ хоёр эсрэг тэсрэг зөрчлийг аль болохоор зохицуулах зорилгын үүднээс хамгийн сайн дэд олонлогийг буюу хамгийн оновчтой тэгшитгэлийг сонгох хэрэгтэй.

Корреляцын шинжлэлийг олон хэмжээст санамсаргүй хэмжигдэхүүнүүд өөр хоорондоо харилцан ямар уялдаа холбоотой байна гэдгийг судлах зорилгоор хэрэглэхийн зэрэгцээ регрессийн шинжлэлийн

үед өгөгдсөн санамсаргүй хэмжигдэхүүн  $Y$ -д нөлөөлөх үндсэн хувьсах хэмжигдэхүүнийг сонгож авахад өргөн ашигладаг. Энд юуны өмнө  $Y$ -д нөлөөлөх  $X_1, X_2, \dots, X_n$  хувьсахууд нь өөр хоорондоо харилцан үл хамаарах хэмжигдэхүүн байх шаардлагатай. Гэвч бодит амьдралд эдгээр хувьсах хэмжигдэхүүний нилээд хэсэг нь өөр хоорондоо хамааралтай байдаг. Ийм учраас эдгээр хэмжигдэхүүнээс  $Y$ -д хамгийн их нөлөө үзүүлэх ба хоорондоо хамааралгүй тийм хэмжигдэхүүнийг сонгож авах шаардлагатай. Үүний тулд корреляцын шинжлэлийг  $X_1, X_2, \dots, X_n$ -ийн хувьд явуулдаг. Энэ зорилгын үүднээс  $X_1, X_2, \dots, X_n$  хувьсахуудын хос корреляцын коэффициентуудаар тодорхойлогдох корреляцын коэффициентын матрицийг байгуулна.

Корреляцын коэффициентын матриц нь чухам ямар хувьсахууд хоорондоо харилцан хамааралтай байна, ямар хувьсахууд хамааралгүй болохыг үнэлэлт өгөх боломж олгоно.

$$R_n = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

**Корреляцын коэффициентын матриц нь ямагт тэгш хэмтэй байна.** Нөгөө талаас зөвхөн  $X_1, X_2, \dots, X_n$  хувьсахуудын хоорондын уялдаа холбоог судлах нь өрөөсгөл талтай юм. Учир нь бид хэдийгээр хоорондоо үл хамаарах хувьсахуудыг үнэн зөв сонгож авч чадсан ч гэсэн  $Y$ -д эдгээр үл хамаарах хувьсахууд хир зэрэг нөлөөтэй болохыг хувьсах тус бүрээр шинжилгээ хийх хэрэгтэй. Үүний тулд  $Y$  хэмжигдэхүүн нь  $X_1, X_2, \dots, X_n$  хэмжигдэхүүн тус бүртээ ямар хамааралтайг харуулах хос корреляцийн коэффициентийг олох хэрэгтэй.

Иймд дараах корреляцийн коэффициентүүдийн өргөтгөсөн матрицийг байгуулна.

$$R_{n+1} = \begin{pmatrix} 1 & r_{yx_1} & r_{yx_2} & \dots & r_{yx_n} \\ r_{x_1y} & 1 & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_ny} & r_{x_nx_1} & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

Энэ матрицын эхний мөрний элементүүд нь  $X_1, X_2, \dots, X_n$  хувьсахууд болон  $Y$ -ын хоорондын хос корреляцийн коэффициент байна. Эдгээр коэффициентуудаас  $Y$ -д хамгийн их нөлөө үзүүлэх хувьсахуудыг сонгон авч төдийлөн их нөлөө үзүүлэхгүй хувьсахуудыг судалгаанаас хасах боломж олгоно.

Корреляцийн матрицын элементүүд хос корреляцийн коэффициентуудаас бүрдэх ба энэ коэффициентийг дараах аргаар тодорхойлно.

$$r_{x_j, x_i} = \frac{\sum_{k=1}^N (X_{jk} - \bar{X}_j)(X_{ik} - \bar{X}_i)}{N \left\{ \sum_{k=1}^N (X_{jk} - \bar{X}_j)^2 \cdot \sum_{k=1}^N (X_{ik} - \bar{X}_i)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}, \quad (4.4)$$

үүнд:  $X_{ik}$  -  $i$  дүгээр хувьсахын  $k$  дугаар утга;  $\bar{X}_i$  -  $i$  дүгээр хувьсахын дундаж утга;  $N$  - түүврийн тоо.

Одоо бид энэ бүлгийн хүснэгт 4.1-ээс хүснэгт 4.6-д өгөгдсөн дүүргүүдийн нутаг дэвсгэрийн хэмжилтийн үр дүнгүүдээр цахилгаан соронзон орны хүчлэгүүд болон орны агаарын үзүүлэлтүүдийн хоорондын харилцан хамаарлын корреляцийн шинжлэлийн үр дүнгүүдийн талаар авч үзье. Бид нийслэлийн 6 дүүргийн ЦСО-ны болон орчны агаарын үзүүлэлтүүдийг нилээд олон хэрэглэгч тус бүрээр хэмжилт хийсэн ба тэдгээрийн хоорондын харилцан хамаарлын судалгааг дээрх аргачлалын дагуу гүйцэтгэж корреляцын матрицыг байгуулсан юм.

СБД-ийн хэмжилтийн үр дүнгээр байгуулсан корреляцын коэффициентийн матрицыг хүснэгт 4.11-д, БЗД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын матрицыг хүснэгт 4.12-д, БГД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын матрицыг хүснэгт 4.13-д, Чингэлтэй дүүргийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын матрицыг хүснэгт 4.14-д, СХД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын матрицыг хүснэгт 4.15-д, ХУД-ын хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын матрицыг хүснэгт 4.16-д тус тус харуулав.

*Хүснэгт 4.11*

*СБД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын  
коэффициентын матриц*

		Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
Е,	В/м	1							
В,	мкТ	1	1						
Н,	А/м	1	1	1					
Агаарын температур,	°С	-0.12408	-0.12408	-0.12408	1				
Агаарын чийгшил,	%	0.37516	0.37516	0.37516	-0.72750	1			
Агаарын даралт,	кРа	0.15700	0.15700	0.15700	-0.17447	0.50290	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	-0.03076	-0.03076	-0.03076	0.50351	-0.38406	-0.29956	1	
	кг/м <sup>3</sup>	-0.03076	-0.03076	-0.03076	0.50351	-0.38406	-0.29956	1	1

Хүснэгт 4.12

БЗД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын  
коэффициентын матриц

		Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
Е,	В/м	1							
В,	мкТ	1	1						
Н,	А/м	1	1	1					
Агаарын температурь	°С	0.06775	0.06775	0.06775	1				
Агаарын чийгшил,	%	0.08664	0.08664	0.08664	0.14256	1			
Агаарын даралт,	кРа	-0.32065	-0.32065	-0.32065	0.17132	-0.39955	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	0.07712	0.07712	0.07712	0.37128	0.62420	-0.39916	1	
	кг/м <sup>3</sup>	0.07712	0.07712	0.07712	0.37128	0.62420	-0.39916	1	1

Хүснэгт 4.13

БГД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын  
коэффициентын матриц

		Е,	В,	Н,	Агаарын температурь	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
Е,	В/м	1							
В,	мкТ	1	1						
Н,	А/м	1	1	1					
Агаарын температурь	°С	0.08458	0.08458	0.08458	1				
Агаарын чийгшил,	%	0.08403	0.08403	0.08403	0.92818	1			
Агаарын даралт,	кРа	0.07630	0.07630	0.07630	0.04140	-0.08851	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	0.11910	0.11910	0.11910	0.80964	0.86776	-0.02517	1	
	кг/м <sup>3</sup>	0.11910	0.11910	0.11910	0.80964	0.86776	-0.02517	1	1

Хүснэгт 4.14

ЧД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын  
коэффициентын матриц

		Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
Е,	В/м	1							
В,	мкТ	1	1						
Н,	А/м	1	1	1					
Агаарын температур,	°С	-0.25544	-0.25544	-0.25544	1				
Агаарын чийгшил,	%	-0.1449	-0.1449	-0.1449	0.57313	1			
Агаарын даралт,	кРа	0.09682	0.09682	0.09682	-0.27092	0.07379	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	-0.10097	-0.10098	-0.10098	0.79079	0.79845	0.10992	1	
	кг/м <sup>3</sup>	-0.10097	-0.10098	-0.10098	0.79079	0.79845	0.10992	1	1

Хүснэгт 4.15

СХД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын  
коэффициентын матриц

		Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
Е,	В/м	1							
В,	мкТ	1	1						
Н,	А/м	1	1	1					
Агаарын температур,	°С	0.170166	0.170166	0.170166	1				
Агаарын чийгшил,	%	0.039416	0.039416	0.039416	-0.0424562	1			
Агаарын даралт,	кРа	0.237467	0.237467	0.237467	-0.4078295	0.606841	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	0.223498	0.223498	0.223498	0.6069617	0.599255	0.18381	1	
	кг/м <sup>3</sup>	0.223498	0.223498	0.223498	0.6069617	0.599255	0.18381	1	1



*ХУД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцын  
коэффициентын матриц*

		Е,	В,	Н,	Агаарын температур,	Агаарын чийгшил,	Агаарын даралт,	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°С	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
Е,	В/м	1							
В,	мкТ	1	1						
Н,	А/м	1	1	1					
Агаарын температур,	°С	0.37235	0.37235	0.37235	1				
Агаарын чийгшил,	%	-0.06048	-0.06048	-0.06048	0.43632	1			
Агаарын даралт,	кРа	0.30047	0.30047	0.30047	-0.03441	-0.23660	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	-0.14824	-0.14824	-0.14824	0.58867	0.73710	-0.27245	1	
	кг/м <sup>3</sup>	-0.14824	-0.14824	-0.14824	0.58867	0.73710	-0.27245	1	1

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд дүүргүүдийн нутаг дэвсгэр дээрх үйлчилгээний олон нийтийн байгууллагуудын орчны ЦСО-ны параметрууд болон агаарын үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарлын талаарх тодорхой зүй тогтол харагдахгүй байна. Учир нь үзүүлэлтүүдийн хоорондын хос корреляцын коэффициентүүд ихэнх тохиолдолд 0.4-өөс бага гарсан нь тэдгээрийн хооронд харилцан хамаарлын зүй тогтол илрэхгүй байна. Иймд бид ямар ч гэсэн орчны агаарын үзүүлэлтүүдээс хамаарсан ЦСО-ны параметруудийн регрессын математик загварыг байгуулж үр дүнд дүгнэлт хийх шаардлагатай юм.

### **4.3.2. Регрессийн загварыг байгуулах үе шат, тавигдах шаардлага**

Цахилгаан соронзон орны хүчлэгийн параметрууд болон орчны агаарын үзүүлэлтүүд нь олон хүчин зүйлүүдээс хамаарсан санамсаргүй хэмжигдэхүүн байдаг. Аливаа санамсаргүй хэмжигдэхүүний өөрчлөлт болон хамаарлын ерөнхий зүй тогтолыг орчин үеийн математик статистикын аргуудыг ашиглаж судлах түгээмэл хандлагын нэг бол регрессийн шинжлэл юм. Орчны цахилгаан соронзон орны параметруудэд хамгийн их нөлөөлөх орчны агаарын физик үзүүлэлтүүдийг сонгон авч тэдгээрээс хамаарсан шугаман ба шугаман бус регрессийн загварыг байгуулах нь хамгийн их ирээдүйтэй юм [37].

Байгуулсан загварын үнэмшлэлийг математик статистикийн аргын статистик таамаглалыг шалгах шинжүүрүүдээр шалгах шаардлагатай. Ийм статистик таамаглалыг шалгах шинжүүрт судалгаа шинжилгээнд түгээмэл хэрэглэгддэг Р.Фишерийн шинжүүр болон олон хэмжээст корреляцын коэффициентын аргууд багтдаг.

Олон хэмжээст регрессийн шинжлэлийн аргыг регрессийн загвар байгуулахад хэрэглэхийн тулд дараах үндсэн асуудлуудыг тодорхой үе шаттайгаар шийдвэрлэх шаардлагатай [37].

- 1. ЦСО-ны параметруудийн регрессийн загварыг байгуулах процессыг төлөвлөх.** Энэ асуудалд үл хамаарах параметруудийн олонлогыг сонгох, сонгосон өгөгдлүүдийн хэмжээ, үнэмшилийн талаар дүн шинжилгээ хийх, корреляцийн бүрэн матрицыг байгуулах, параметруудийн харилцан үл хамаарах нөхцөлүүдийг шалгах асуудлууд ордог.
- 2. Цахилгаан соронзон параметруудийн регрессийн загварыг байгуулах.** Энд загварын хэлбэрийг сонгох, регрессийн загварыг

байгуулах аргыг сонгох, загварын үл хамаарах параметруудийн өмнөх коэффициентуудыг (регрессийн загварын параметр гэж нэрлэдэг) тодорхойлох, тэгшитгэлийн бусад статистик тодорхойломжуудыг олох зэрэг асуудлууд ордог.

3. **Байгуулсан регрессийн загварыг статистик шинжүүрүүдээр шалгах.** Энэ тохиолдолд байгуулсан загварын статистик тогтворжилт ба түүний коэффициентуудыг шалгах, загварын үнэмшлийг шалгах, сонгосон загварын хамгийн сайн загварыг сонгож тэдгээрийг хэрэглэх мужийг тогтоох асуудлууд ордог.

Регрессийн загварыг байгуулахын тулд дараах урьдчилсан нөхцөлүүдийг хангасан байхыг шаарддаг Үүнд

1. Хэмжилтийн үр дүн болох  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$  нь үл хамаарах хэвийн тархалттай санамсаргүй хэмжигдэхүүн байна.
2. Санамсаргүй хэмжигдэхүүний дисперси  $\sigma^2\{Y_i\}, i = \overline{1, n}$  өөр хоорондоо тэнцүү байна.
3. Үл хамаарах  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  параметруудийг тодорхойлоход бий болох алдааг нь санамсаргүй хэмжигдэхүүн  $Y$ -ийг тодорхойлоход гарах алдаанаас харьцангуй бага байна. Ийм учраас  $X$ -ийг олоход гарах алдааг тооцохгүй байж болно.

#### **4.3.3. Регрессийн загварыг байгуулах алгоритм**

ЦСО-ны параметруудийн регрессийн загварыг байгуулах дараагын үе шат бол загварын хэлбэрийг сонгож авахад оршино. Олон судлаачдын үзэж байгаагаар бол макро үзүүлэлтүүдийн параметруудээс ЦСО-ны шугаман хамааралтай байх регрессийн загвар хангалттай нарийвчлалтай үр дүн өгдөг байна. Гагцхүү энд үл хамаарах хувьсахын сонголтыг л зөв хийх хэрэгтэй юм. Бид энэ дүгнэлтийг эцсийн байдлаар шууд хуулбарлан сонгохгүйгээр

шугаман ба шугаман бус хамааралтай байх тохиолдлуудыг тус тусад нь авч үзье.

ЦСО-ны параметруудийн үл хамаарах параметруудээс хамаарах шугаман загварыг ерөнхий хэлбэрт бичдэл доорх хэлбэртэй болно:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m + \varepsilon = \tilde{Y} + \varepsilon, \quad (4.5)$$

үүнд:  $\tilde{Y} - Y$  - ийн үнэлгээ;  $\varepsilon$  – санамсаргүй хэмжигдэхүүн;  $a_0$  – регрессийн тэгшигтэлийн сул гишүүн;  $a_j - x_j$  - параметрийн коэффициент.

Регрессийн загварыг байгуулах асуудал нь эцсийн дүндээ дээрх (4.5) тэгшитгэлийн коэффициентуудын үнэлгээг олоход л чиглэдэг. Эдгээр коэффициентууд тухайн параметр зохих хэмжээгээр өөрчлөгдөхөд ЦСО ямар хэмжээгээр өөрчлөгдөх вэ? гэдгийг тодорхойлдог. Регрессийн загварын коэффициентуудыг үнэлэх хамгийн үнэний хувь бүхий арга, хамгийн бага квадратын арга гэсэн хоёр үндсэн арга байдаг. Энэ хоёр арга өөр өөрийн онцлогтой ба зарим онцгой тохиолдолд давхцах явдал ч гардаг. Энэ талаар [36]-д дэлгэрэнгүй авч үзсэн тул бид практикт арай түгээмэл хэрэглэгддэг хамгийн бага квадратын аргын талаар авч үзье.

Дээрх (4.5) тэгшитгэлийг түүврийн дурын ЦСО-ны хувьд бичвэл доорх хэлбэртэй болно.

$$Y_i = a_{i0} + a_{j1}x_{ij} + a_{j2}x_{2j} + \dots + a_{im}x_{im} + \varepsilon_i = \tilde{Y}_i + \varepsilon_i; \quad i = 1 \dots n \quad (4.6)$$

Энэ тэгшитгэлийн  $x_{ij}$  нь агаарын үзүүлэлтүүдийн анхдагч олонлогийн элементүүд болох тогтмол хэмжигдэхүүнүүд байна. Санамсаргүй хэмжигдэхүүнүүдийн квадратын нийлбэрийг олбол доор хэлбэртэй болно.

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)^2 \rightarrow \min \quad (4.7)$$

Энэ илэрхийлэл хамгийн бага квадратын аргын нөхцөл болох ба  $a_j$  коэффициентуудын үнэлгээг олох хотгор функц байна. Коэффициентуудын

үнэлгээг олохын тулд (4.7) илэрхийллээс  $a_j$  хувьсахуудаар тухайн уламжлал авч тэгтэй тэнцүүлснээс гарах тэгшитгэлийн системийг бодно.

$$\frac{\partial \left( \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \right)}{\partial a_j} = 0; \quad i = 1 \dots n; \quad j = 1 \dots m \quad (4.8)$$

Хэрэв (4.6) илэрхийллийг матрицын хэлбэрт бичвэл, түүнд дүн шинжилгээ хийх коэффициентуудыг олох аргачлал ил тод болохын зэрэгцээ тооцооны хэмжээ эрс багасдаг байна.

$$Y = X \cdot A + \varepsilon, \quad (4.9)$$

үүнд:  $Y$  – хамаарах  $y_i$  параметрийн вектор;  $X$  –  $n$  мөртэй,  $m$  баганатай үл хамаарах  $x_{ij}$  параметруудийн матриц;  $A$  – үнэлэх гэж буй  $a_j$  коэффициентуудын вектор;  $\varepsilon$  – санамсаргүй хэмжигдэхүүний вектор.

Матрицын хэлбэр дэх  $S$  хэмжигдэхүүнийг  $\varepsilon$  векторын скаляр үржвэр байдлаар илэрхийлбэл:

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon^T \varepsilon = (Y - XA)^T \cdot (Y - XA) = Y^T Y - 2Y^T XA + A^T X^T XA \rightarrow \min \quad (4.10)$$

$S$  функцээс аргумент  $A$  вектороор авсан градиентийг (4.10) илэрхийллээс дифференциал авах замаар олно.

$$\nabla S = 2 \cdot X^T (Y - XA) = 0 \quad (4.11)$$

Энэ илэрхийллийн хаалтыг задалбал дараах хэлбэрийн хэвийн тэгшигэлийн систем гарна.

$$X^T XA = X^T Y, \quad (4.12)$$

үүнд:  $X^T$  – хөрвүүлсэн матриц.

Сүүлийн тэгшитгэлийн системийн матрицыг урвуулах аргаар бодож регрессийн загварын коэффициентийг олно:

$$A = (X^T X)^{-1} X^T Y, \quad (4.13)$$

Тэгшитгэлийн коэффициентуудын оновчтой утгыг дараах томъёогоор бодно:

$$a_i = \sum_{j=1}^m c_{ij} \sum_{i=1}^n Y_i X_{ij}, \quad (4.14)$$

үүнд:  $c_{ij}$  – (4.13) илэрхийлэл дэх урвуу матрицын элементүүд.

Ингэж гарсан коэффициентуудын үнэлгээ нь цэгэн үнэлгээ болох ба математик дундаж нь коэффициентуудын жинхэнэ утгатай тэнцүү байх санамсаргүй хэмжигдэхүүн байна.

#### 4.3.4. Регрессийн загварын үнэмшлийг шалгах шинжүүр

Коэффициентуудын оновчтой утгуудыг тодорхойлсны дараа байгуулсан (4.5) регрессийн загвар хир зэрэг ЦСО-ны параметрүүдийг бүрэн илэрхийлж байна вэ? гэдэг нөхцлийг шалгах хэрэгтэй. Үл хамаарах параметрүүд ЦСО-ны параметрүүд хоёрын хоорондох хамаарлын үнэмшлийн зэргийг тодорхойлох нэг үзүүлэлт бол олон хэмжээст корреляцын коэффициент байдаг.

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (4.15)$$

Энэ коэффициентын утга нэг рүү хэдий чинээ ойртоно, ЦСО-ны параметрийг үл хамаарах параметрүүд төдий чинээн бүрэн дүүрэн илэрхийлдэг. Тухайн загварыг зөвхөн хязгаарлагдмал түүвэр олонлогийн хувьд л байгуулсан ба энэ загварыг ерөнхий тохиолдолд хүчин төгөлдөр байж чадах уу? үгүй юу? гэдгийг регрессийн тэгшитгэлийн коэффициент

тус бүрийн хувьд тусгай шалгуураар шалгадаг. Коэффициентуудын үр ашигтай байх чанарыг Стьюдентийн ( $t$  - шинжүүр) шинжүүрээр шалгана.

$$t_{ai} = \frac{a_j}{S_{Yl}^2 \sqrt{c_{ii}}}, \quad (4.16)$$

үүнд:  $c_{ii}$  – (4.16) хэвийн тэгшитгэлийн урвуу матрицын диагоналийн элемент;  $S_{Yl}^2$  – үлдэгдэл дисперси.

Үлдэгдэл дисперси ЦСО-ны хэмжилтийн бодит утга  $Y$  регрессийн тэгшитгэлээр гарсан тооцооны утга  $\tilde{Y}$  –аас хир зэрэг хазайх хазайлтын зэргийг тодорхойлох ба түүнийг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$S_{Yn}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)^2}{n - m - 1}, \quad (4.17)$$

(4.16) томъёогоор гарсан тооцооны утгыг  $v$  – чөлөөний зэрэг, өгөгдсөн ач холбогдлын  $\alpha$ –түвшин хоёроос хамааруулан лавлахад өгөгдсөн хүснэгтийн утга ( $t_{хүс}$ )- тай харьцуулан шалгадаг. Энд чөлөөний зэрэг  $v = n - m - 1$  ба ач холбогдлын түвшин  $\alpha$ -г өөрсдөө тооцооны нарывчлалаас хамааруулан сонгож авна. Инженерийн тооцоонд ихэвчлэн  $\alpha = 0.01; 0.05; 0.1$  гэж авдаг. Хэрэв тооцооны утга хүснэгтийн утгаас бага  $t_{ai} < t_{хүс}$  байвал энэ коэффициент ЦСО-ыг төдийлөн нөлөө үзүүлэхгүй ба түүнийг тооцохгүй байж болно. Хэрэв эсрэг тохиолдолд  $t_{ai} > t_{хүс}$  регрессийн  $\alpha_i$  коэффициент ач холбогдолтой байна. Өөрөөр хэлбэл энэ хувьсахыг агуулсан үл хамаарах хувьсах ЦСО-д нөлөөлөх чадвартай байгааг гэрчилнэ. Ингэж корреляцын шинжлэлийн үндсэн дээр сонгож авсан түүвэр олонлогын параметруудээс чухам ямар ямар параметрууд ЦСО-ны параметруудэд илүү нөлөөлж, ямар нь бага нөлөөлөх вэ? гэдгийг тодорхой шинжүүрээр шалгах замаар үл хамаарах параметруудын эцсийн сонголтыг хийдэг.

Регрессийн загварыг байгуулах хамгийн сүүлийн үе шат нь гаргаж авсан загварын үнэмшлийг шалгах асуудал юм. Регрессийн загварын

үнэмшил ба сонгож авсан үл хамаарах параметруудийн тусламжтайгаар байгуулсан регрессийн тэгшитгэл нь бидний авч үзэж буй ЦСО-ны параметруудийн ерөнхий дундаж түвшинг хир зэрэг үнэн зөв тодорхойлох вэ? гэдгийг тогтооно. Энэ үнэмшлийг Фишер ( $F$  шинжүүр)-ийн шижүүрээр шалгадаг. Үүний тулд Фишер ( $F$  шинжүүр)-ийн шинжүүрийн тооцооны утгыг дараах томёогоор олно.

$$F = S_Y^2 / S_{Y_L}^2, \quad (4.18)$$

үүнд:  $S_{Y_L}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)^2}{n - m - 1}$  ЦСО-ны параметруудийн бодит утгын дисперси.

Дараа нь  $y_1 = n - 1$ ;  $y_2 = n - m - 1$  гэсэн хоёр чөлөөний зэрэг ба өгөгдсөн ач холбогдолын  $\alpha$  – түвшнээс хамаарах хүснэгтийн  $F_{ХҮС}$  бодит утгийг лавлахаас олно. Хэрэв тооцооны утга хүснэгтийн утгаас их байвал  $F > F_{ХҮС}$  бидний байгуулсан загвар үнэмшилтэй байх ба эсрэг тохиолдолд энэ загвар үнэмшил муутай байх ба бидний шаардлагыг хангаж чадахгүй тул нэг бол үл хамаарах хувьсахын түүвэр олонлогийг өөрчлөх, нэг бол загварын хэлбэрийг өөрчлөх хэрэгтэй. Зарим судлаачдын [36] үзэж байгаагаар хангалттай үнэмшилтэй регрессийн загварыг гарган авахын тулд Фишерын шинжүүрийн тооцооны утга хүснэгтийн утгаас зөвхөн их байх төдийгүй дор хаяж 4 дахин их байхыг тэмдэглэсэн байдаг.

Энд бид ЦСО-ны параметруудийг тодорхойлох регрессийн загварыг байгуулах математик аппарат болон корреляцын шинжлэл, регрессийн шинжлэлийн ерөнхий аргачлал, түүний дарааллын талаар товч авч үзлээ. Эдгээр аргачлалын онолын болон физик мөн чанарын талаар [38] эх зохиолоос нарийвчлан танилцаж болно.



#### **4.3.5. Цахилгаан соронзон орны параметруудийн регрессийн загварууд**

Регрессийн загварын үл хамаарах параметруудэд агаарын температур ( $C$ ), агаарын чийгшилт ( $ACH$ ), агаарын даралт ( $AD$ ), нүүрс хүчлийн хий ( $CO_2$ )-г сонгон авч эдгээрээс цахилгаан орны хүчлэг ( $E$ ), соронзон орны хүчлэгийн хамаарах регрессийн шугаман ба шугаман биш загваруудыг дүүрэг тус бүрийн нутаг дэвсгэр дэх олон нийтийн үйлчилгээний газаруудын хувьд байгуулж холбогдох үнэмшлийн шинжүүрүүдээр шалгасан болно.

Байгуулсан шугаман загварууд ба тэдгээрийн үнэмшлийн шинжүүрүүдийн утгуудыг хүснэгт 4.17-д харуулав. Харин регрессийн шугаман биш загваруудыг хүснэгт 4.18-д үзүүлэв. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд бидний байгуулсан цахилгаан соронзон орны параметруудийн шугаман загваруудын үнэмшил фишерын болон олон хэмжээст корреляцын коэффициентын шинжүүрүүдээр хангалтай үр дүн өгөхгүй байна. Харин шугаман биш загварууд олон хэмжээст корреляцын коэффициентын шинжүүрээр хангалтай үнэмшилтэй гарч байгаа ба фишерын шинжүүрээр төдийлөн үнэмшилтэй үр дүн өгөхгүй байна.

Иймд бид цаашид шугаман биш загваруудыг ашиглах боломжтой юм.

Дүүргүүдийн ЦСО-ны параметруудийн регрессийн  
шугаман загварууд

№	Олон хэмжээст шугаман регрессийн загварууд	Фишерийн шинжүүр, $F$		Олон хэмжээст корреляцын коэффициент, $R$
		$F$	$F_{хүс, \alpha=0.05}$	
<b>Хан-Уул дүүрэг</b>				
1	$E = -167.78 + 0.2702 \cdot C + 0.0303 \cdot ACH + 2.102 \cdot AD - 0.0175 \cdot CO2$	2.18	3.11	0.620
2	$H = -0.445 + 0.00072 \cdot C + 0.00008 \cdot ACH + 0.00558 \cdot AD - 0.00005 \cdot CO2$	2.184	3.11	0.619
<b>Баянгол дүүрэг</b>				
3	$E = -993.55 - 0.0646 \cdot C - 0.04262 \cdot ACH + 11.266 \cdot AD + 0.02128 \cdot CO2$	0.153	2.71	0.146
4	$H = -2.64 - 0.00017 \cdot C - 0.00011 \cdot ACH + 0.0299 \cdot AD + 0.00006 \cdot CO2$	0.153	2.71	0.1462
<b>Баянзүрх дүүрэг</b>				
5	$E = 139.76 + 0.0535 \cdot C - 0.00172 \cdot ACH - 1.554 \cdot AD - 0.00055 \cdot CO2$	0.551	3.06	0.3689
6	$H = 0.3707 + 0.000142 \cdot C - 0.000005 \cdot ACH - 0.004122 \cdot AD - 0.000001 \cdot CO2$	0.5512	3.06	0.3689
<b>Сүхбаатар дүүрэг</b>				
7	$E = 2728.11 + 4.467 \cdot C + 4.481 \cdot ACH - 32.289 \cdot AD + 0.0304 \cdot CO2$	0.6912	3.36	0.4482
8	$H = 7.236 + 0.0118 \cdot C + 0.0119 \cdot ACH - 0.0856 \cdot AD - 0.000081 \cdot CO2$	0.6912	3.36	0.4482

Дүүргүүдийн ЦСО-ны параметруудийн регрессийн  
шугаман загварууд

№	Олон хэмжээст шугаман регрессийн загварууд	Фишерийн шинжүүр, $F$		Олон хэмжээст корреляцын коэффициент, $R$
		$F$	$F_{хус, \alpha=0.05}$	
	<b>Сонгино хайрхан дүүрэг</b>			
9	$E = -354.08 + 0.0844 \cdot C - 0.1459 \cdot ACH + 4.107 \cdot AD + 0.0022 \cdot CO2$	0.902		0.453
10	$H = -0.9392 + 0.000224 \cdot C - 0.000387 \cdot ACH + 0.01089 \cdot AD + 0.000006 \cdot CO2$	0.902		0.453
	<b>Чингэлтэй дүүрэг</b>			
11	$E = 101.98 - 0.4417 \cdot C - 0.0934 \cdot ACH - 1.117 \cdot AD + 0.00705 \cdot CO2$	0.863		0.355
12	$H = 0.271 - 0.00117 \cdot C - 0.00025 \cdot ACH - 0.00296 \cdot AD + 0.000019 \cdot CO2$	0.863		0.355

Дүүргүүдийн ЦСО-ны параметруудийн  
шугаман бус загварууд

№	Олон хэмжээст шугаман бус регрессийн загварууд	Фишерийн шинжүүр, $F$		Олон хэмжээст корреляцын коэффициент, $R$
		$F_T$	$F_{хүс}, \alpha=0.05$	
<b>Хан-Уул дүүрэг</b>				
1	$E = -3168.25 - 33.82 \cdot C - 7.464 \cdot ACH + 22.57 \cdot AD + 8.294 \cdot CO2 +$ $+ 0.0342 \cdot C \cdot ACH + 0.41 \cdot C \cdot AD - 0.0053 \cdot C \cdot CO2 +$ $+ 0.1095 \cdot ACH \cdot AD - 0.00261 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.0993 \cdot AD \cdot CO2 -$ $- 0.0344 \cdot C^2 - 0.0052 \cdot ACH^2 + 0.1692 \cdot AD^2 + 0.00036 \cdot CO2^2$	1.02	5.87	0.883
2	$H = -8.404 - 0.0897 \cdot C - 0.0198 \cdot ACH + 0.0599 \cdot AD + 0.022 \cdot CO2 +$ $+ 0.0001 \cdot C \cdot ACH + 0.0011 \cdot C \cdot AD - 0.00001 \cdot C \cdot CO2 +$ $+ 0.00029 \cdot ACH \cdot AD - 0.000007 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.00026 \cdot AD \cdot CO2 -$ $- 0.00009 \cdot C^2 - 0.00001 \cdot ACH^2 + 0.00045 \cdot AD^2 + 0.000001 \cdot CO2^2$	1.019	5.87	0.883
<b>Баянгол дүүрэг</b>				
3	$E = 1669459 + 2407.13 \cdot C - 2489.32 \cdot ACH - 37545.43 \cdot AD +$ $+ 72.58 \cdot CO2 - 0.6969 \cdot C \cdot ACH - 27.38 \cdot C \cdot AD + 0.03398 \cdot C \cdot CO2 +$ $+ 28.19 \cdot ACH \cdot AD - 0.0132 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.8082 \cdot AD \cdot CO2 +$ $+ 0.1324 \cdot C^2 + 0.2612 \cdot ACH^2 + 211.03 \cdot AD^2 - 0.00067 \cdot CO2^2$	0.496	2.29	0.527
4	$H = 4428.27 + 6.38 \cdot C - 6.6 \cdot ACH - 99.59 \cdot AD + 0.1925 \cdot CO2 -$ $- 0.0018 \cdot C \cdot ACH - 0.0726 \cdot C \cdot AD + 0.00009 \cdot C \cdot CO2 +$ $+ 0.07478 \cdot ACH \cdot AD - 0.00004 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.00214 \cdot AD \cdot CO2 +$ $+ 0.00035 \cdot C^2 + 0.00069 \cdot ACH^2 + 0.5598 \cdot AD^2 - 0.000002 \cdot CO2^2$	0.496	2.29	0.527

Дүүргүүдийн ЦСО-ны параметруудийн  
шугаман бус загварууд

№	Олон хэмжээст шугаман бус регрессийн загварууд	Фишерийн шинжүүр, $F$		Олон хэмжээст корреляцын коэффициент, $R$
		$F_T$	$F_{хүс, \alpha=0.05}$	
	<b>Баянзүрх дүүрэг</b>			
5	$E = 23016.88 - 77.07 \cdot C - 36.39 \cdot ACH - 529.61 \cdot AD + 1.026 \cdot CO2 - 0.0442 \cdot C \cdot ACH + 0.8839 \cdot C \cdot AD + 0.00103 \cdot C \cdot CO2 + 0.4122 \cdot ACH \cdot AD + 0.00121 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.0116 \cdot AD \cdot CO2 - 0.00697 \cdot C^2 - 0.0088 \cdot ACH^2 + 3.046 \cdot AD^2 - 0.00002 \cdot CO2^2$	0.507	4.64	0.7996
6	$H = 61.05 - 0.2044 \cdot C - 0.0965 \cdot ACH - 1.405 \cdot AD + 0.00272 \cdot CO2 - 0.00012 \cdot C \cdot ACH + 0.00234 \cdot C \cdot AD + 0.000003 \cdot C \cdot CO2 + 0.00109 \cdot ACH \cdot AD + 0.000003 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.000031 \cdot AD \cdot CO2 - 0.000018 \cdot C^2 - 0.000023 \cdot ACH^2 + 0.00808 \cdot AD^2 + 0.0000001 \cdot CO2^2$	0.5067	4.64	0.7996
	<b>Сүхбаатар дүүрэг</b>			
7	$E = 65896107 + 70036.75 \cdot C + 90801.48 \cdot ACH - 1560743.9 \cdot AD + 4081.64 \cdot CO2 - 14.15 \cdot C \cdot ACH - 728.04 \cdot C \cdot AD - 10.27 \cdot C \cdot CO2 - 1027.15 \cdot ACH \cdot AD - 1.685 \cdot ACH \cdot CO2 - 47.66 \cdot AD \cdot CO2 + 47.95 \cdot C^2 + 0.1267 \cdot ACH^2 + 9232.88 \cdot AD^2 + 0.08804 \cdot CO2^2$	4.217	19.44	0.9916
8	$H = 174790.7 + 185.77 \cdot C + 240.85 \cdot ACH - 4139.9 \cdot AD + 10.83 \cdot CO2 - 0.0375 \cdot C \cdot ACH - 1.931 \cdot C \cdot AD - 0.0272 \cdot C \cdot CO2 - 2.725 \cdot ACH \cdot AD - 0.00447 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.1264 \cdot AD \cdot CO2 + 0.1272 \cdot C^2 + 0.00034 \cdot ACH^2 + 24.49 \cdot AD^2 + 0.00023 \cdot CO2^2$	4.2173	19.44	0.9916

Дүүргүүдийн ЦСО-ны параметруудийн  
шугаман бус загварууд

№	Олон хэмжээст шугаман бус регрессийн загварууд	Фишерийн шинжүүр, $F$		Олон хэмжээст корреляцын коэффициент, $R$
		$F_T$	$F_{хус, \alpha=0.05}$	
	<b>Сонгино хайрхан дүүрэг</b>			
9	$E = -86680.34 + 258.43 \cdot C + 94.91 \cdot ACH + 1990.62 \cdot AD - 6.732 \cdot CO2 - 0.0562 \cdot C \cdot ACH - 2.932 \cdot C \cdot AD - 0.00038 \cdot C \cdot CO2 - 1.0612 \cdot ACH \cdot AD - 0.00239 \cdot ACH \cdot CO2 + 0.076 \cdot AD \cdot CO2 - 0.0986 \cdot C^2 - 0.0251 \cdot ACH^2 - 11.427 \cdot AD^2 + 0.00011 \cdot CO2^2$	0.589	5.87	0.821
10	$H = -229.92 + 0.6855 \cdot C + 0.2517 \cdot ACH + 5.28 \cdot AD - 0.0179 \cdot CO2 - 0.00015 \cdot C \cdot ACH - 0.00778 \cdot C \cdot AD - 0.000001 \cdot C \cdot CO2 - 0.0028 \cdot ACH \cdot AD - 0.0000063 \cdot ACH \cdot CO2 + 0.0002 \cdot AD \cdot CO2 - 0.0003 \cdot C^2 - 0.00007 \cdot ACH^2 - 0.0303 \cdot AD^2 + 0.0000003 \cdot CO2^2$	0.589	5.87	0.821
	<b>Чингэлтэй дүүрэг</b>			
11	$E = 24125.03 - 126.74 \cdot C + 137.72 \cdot ACH - 559.4 \cdot AD - 2.0441 \cdot CO2 - 0.1813 \cdot C \cdot ACH + 1.45 \cdot C \cdot AD + 0.00418 \cdot C \cdot CO2 - 1.588 \cdot ACH \cdot AD + 0.00191 \cdot ACH \cdot CO2 + 0.0239 \cdot AD \cdot CO2 + 0.0739 \cdot C^2 - 0.00315 \cdot ACH^2 + 3.242 \cdot AD^2 - 0.000056 \cdot CO2^2$	1.222	2.48	0.742
12	$H = 63.99 - 0.3362 \cdot C + 0.3653 \cdot ACH - 1.484 \cdot AD - 0.00542 \cdot CO2 - 0.00048 \cdot C \cdot ACH + 0.00385 \cdot C \cdot AD + 0.000011 \cdot C \cdot CO2 - 0.00421 \cdot ACH \cdot AD + 0.000005 \cdot ACH \cdot CO2 + 0.00006 \cdot AD \cdot CO2 + 0.000196 \cdot C^2 - 0.000008 \cdot ACH^2 + 0.0086 \cdot AD^2 - 0.0000002 \cdot CO2^2$	1.222	2.48	0.742

#### 4.4. Цахилгаан эрчим хүчний объектуудын цахилгаан соронзон орныг тодорхойлох аргачлал

Энд бид цахилгаан эрчим хүчний үндсэн объектуудад цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ), трансформаторын дэд станц ба троллейбусны 600 В-ын шугамыг авч үзсэн болно. Цахилгаан дамжуулах шугамыг олон утастай шугам байдлаар авч үзэж фаз хоорондын ба хоёр хэлхээт шугамуудын хоорондын зай ажиглалтын цэг хүртэлх зайнаас эрс бага байна.

Үйлдвэрийн  $f = 50$  Гц давтамжтай ЦДАШ-ын нэгж урттай  $i$  дүгээр утаснаас  $r$  зайд байрлах цэгт  $i$  дүгээр утасны үүсгэх цахилгаан орон  $E_i$  ба түүний толин тусгалын оронг  $E_i'$  дараах байдлаар тодорхойлно [7]:

$$E_i(r) = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0 r} ; \quad E_i'(r) = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0(2h_i - r)}, \quad (4.19)$$

үүнд:  $q_i$  –  $i$  дүгээр дамжуулагчийн эквивалент цахилгаан цэнэг;  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – агаарын цахилгаан тогтмол;  $h_i$  – тулгуурын газрын гадаргуугаас дээд талын траверс хүртэлх зай, м.

Энэхүү (4.19) илэрхийлэлд төгсгөлөг урттай цилиндр хэлбэртэй жигд тархсан цэнэглэгдсэн биеийн цахилгаан орон гэж төсөөлөгдөнө. ЦСО-ны тооцоонд дээрх хоёр орны хүчлэгийг хоёуланг тооцох хэрэгтэй. Тэгвэл нийлбэр цахилгаан орон  $r$  координатын цэгт дээрх хоёр тэгшитгэлийн алгебр нийлбэрээр тодорхойлогдоно:

$$E_{i\Sigma} = E_i + E_i' = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0} \left[ \frac{1}{r} + \frac{1}{2h_i - r} \right], \quad (4.20)$$

Хэрэв энэ илэрхийллээс  $[a; 2h_i - a]$  мужид интеграл авбал  $r$  цэг дэх потенциалын ялгавар гарна:

$$U_i = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0} \int_a^{2h_i-a} \left[ \frac{1}{r} + \frac{1}{2h_i-r} \right] dr, \quad (4.21)$$

үүнд:  $a$  – утасны радиус, мм.

Зохих математик өөрчлөлт хийсний дараа

$$U_i = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0} \left[ \int_a^{2h_i-a} \frac{dr}{r} - \int_a^{2h_i-a} \frac{d(2h_i-r)}{2h_i-r} \right] = \frac{q_i}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_i-a}{a}, \quad (4.22)$$

Энэ илэрхийллийг тооцон ЦДАШ-ын газартай харьцангуй багтаамжийг олбол:

$$C_i = \frac{q_i}{U_i} = \frac{\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2h_i-a}{a}}, \quad (4.23)$$

Эсвэл ЦДАШ-ын утасны бэхлэлт (траверс)-ийн өндөр түүний радиусаас олон дахин их  $h_i \gg a$  гэдгийг тооцвол дээрх илэрхийлэл дараах хэлбэртэй болно:

$$C_i = \frac{\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2h_i}{a}}, \quad (4.24)$$

Энд бид гурван фазын системийн зөвхөн нэг фазын утасны хувьд авч үзсэн ба бүх фазын хувьд нийлбэр цахилгаан оронг утас тус бүрийн бий болгосон цахилгаан орны геометр нийлбэр байдлаар тодорхойлно:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N (\vec{E}_i + \vec{E}'_i), \quad (4.25)$$

үүнд:  $E_i$  –  $i$  дүгээр утасны үүсгэх цахилгаан орон;  $E'_i$  – түүний толин тусгалын цахилгаан орон;  $N$  – фазын тоо.

Газрын гадаргуу дээрх  $i$  дүгээр утасны цахилгаан орныг дараах байдлаар олно [40]:

$$\vec{E} = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0 R_i} = \frac{C_i \cdot U_\phi \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{2\pi\epsilon_0 R_i}, \quad (4.26)$$



үүнд:  $R_i = \sqrt{(x - d_i)^2 + (h_i - z_0)^2}$ ;  $z_0$  – ажиглалтын цэгийн өндөр, м.

Энд (4.26) илэрхийлэлд (4.24) илэрхийллийг тооцвол дараах хэлбэртэй болно:

$$E_i = \frac{U_\phi \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{\ln \frac{2h_i}{a} \sqrt{(x - d_i)^2 + (h_i - z_0)^2}}, \quad (4.27)$$

Үүнтэй төстэйгөөр утасны толин тусгалын цахилгаан оронг олно:

$$E'_i = \frac{U_\phi \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{\ln \frac{2h_i}{a} \sqrt{(x - d_i)^2 + (h_i + z_0)^2}}, \quad (4.28)$$

үүнд:  $d_i$  – фазуудын утасны бэхлэлтийн траверсын тулгуурын тэнхлэгээс бэхлэлтийн цэг хүртэлх зай, м.

Цахилгаан орны векторын модулийг косинусын теоремыг ашиглаж олно:

$$|\vec{E}_i + \vec{E}'_i| = \sqrt{(E_i)^2 + (E'_i)^2 + 2E'_i E_i \cos \psi}, \quad (4.29)$$

үүнд:  $\psi$  –  $E_i$  ба  $E'_i$  векторуудын хоорондын өнцөг:

$$2 \cos \psi = \frac{R_i}{R'_i} + \frac{R'_i}{R_i} - \frac{4h_i^2}{R_i R'_i}, \quad (4.30)$$

Дээрх (4.25) томъёоны геометр нийлбэрийг ЦДАШ-ын тулгуурын өгөгдсөн хэв маягт харгалзах утаснуудын харилцан байрлал ба хэлбэр дүрсийн онцлогоос үндэслэн тодорхойлно. Энд (4.29) томъёонд (4.27), (4.28) томъёонуудыг орлуулбал дараах хэлбэртэй болно:

$$|\vec{E}_i + \vec{E}'_i| = \frac{U_\phi \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{\ln \frac{2h_i}{a}} \sqrt{\frac{1}{R_i^2} + \frac{1}{(R'_i)^2} + \frac{2}{R_i R'_i} \cos \psi} \quad (4.31)$$

Олон дамжуулагчтай утасны соронзон орны хүчлэгийн тооцоог дамжуулагчийн гүйдлүүдийн эерэг чиглэлийн сонголтоос эхэлж хийнэ. Учир нь тэдгээрийн толин тусгалд дамжуулагчийн гүйдлүүд хугацааны

агшин бүрд эсрэг чиглэлд чиглэгддэг тул гүйдлүүдийн эерэг чиглэлүүдийг эсрэг чиглэлтэйгээр сонгоход тохиромжтой ба соронзон орны хүчлэгийн тооцоо энэ тохиолдолд тогтмол гүйдэлтэй байх үеийн тооцооноос ямар ч ялгаагүй байдаг [15].

Дамжуулагч, түүний толин тусгалын бий болгох соронзон орны хүчлэгийг (4.27), (4.28) илэрхийллүүдийн адил тодорхойлно:

$$H_i = \frac{I \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{2\pi\sqrt{(x-d_i)^2 + (h_i - z_0)^2}} \gamma, \quad (4.32)$$

$$H'_i = \frac{I \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{2\pi\sqrt{(x-d_i)^2 + (h_i + z_0)^2}} \gamma, \quad (4.33)$$

үүнд:  $\gamma = \frac{1}{2}(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$  – дамжуулагчийн төгсгөлөг уртыг тооцсон коэффициент;

$$\alpha_1 = \arctg \frac{R_i}{h_i}; \quad \alpha_2 = \arctg \frac{R'_i}{l - h_i},$$

үүнд:  $l$  – тулгуурын тэнхлэгээс ажиглалтын цэг хүртэлх зай, м.

Соронзон орны векторын модуль:

$$\vec{H} = |\vec{H}_i + \vec{H}'_i| = \frac{I \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{R_i^2} + \frac{1}{(R'_i)^2} + \frac{2}{R_i R'_i} \cos \psi} \quad (4.34)$$

Энд  $2 \cos \psi$  – ийг (4.30) томъёогоор олно.

#### 4.4.1. 35 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны тооцоо

35 кВ-ын ЦДАШ У-35-1 маягийн тулгуур дээр байрласан гэж үзвэл тулгуурын геометр параметрууд:  $h_1 = h_3 = 10$  м,  $h_2 = 13$  м,  $d_1 = d_2 = 2.8$  м,  $d_3 = 3.5$  м болно. Фазын утас АС-35/6.2 гэвэл утасны радиус  $a = 8.4$  мм болно. ЦСО-ны хүчлэгийн тооцоог ажиглагчийн цэгт газрын гадаргуугаас  $z_0 = 0, 1, 2, 4$  метрийн өндөрт гүйцэтгэнэ.

Нэгдүгээр фазын утасны бодит болон толин тусгалын үүсгэх нийлбэр цахилгаан орон:

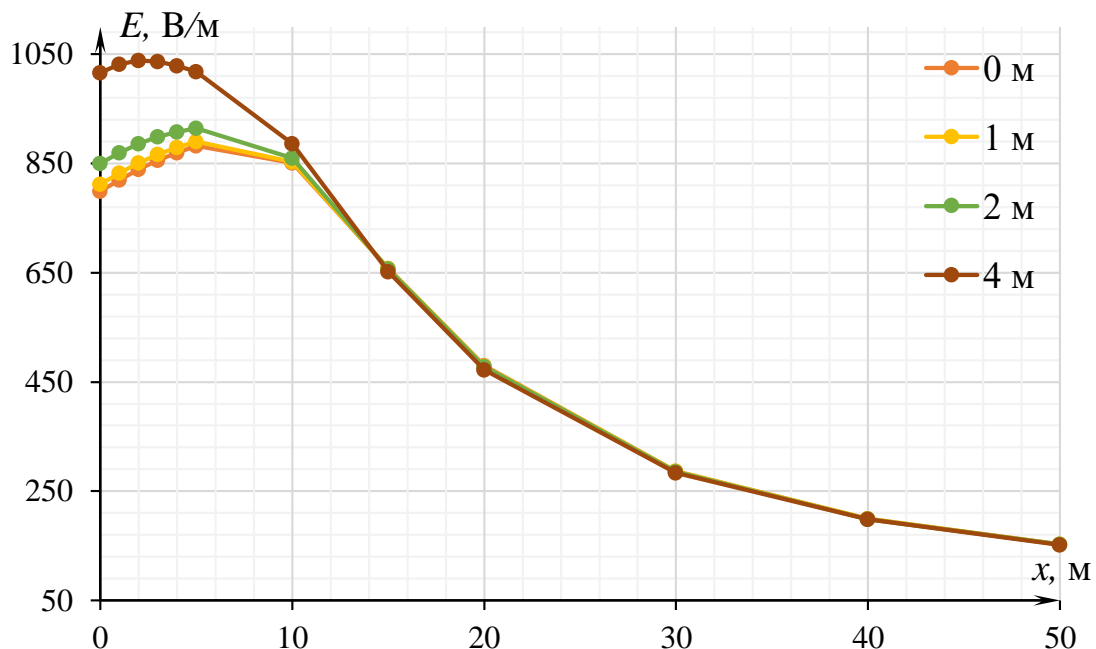
$$|\vec{E}_i + \vec{E}'_i| = \sqrt{(E_i)^2 + (E'_i)^2 + 2E'_i E_i \cos \psi},$$

болох ба  $2 \cos \psi$  – ийг (4.30) томъёогоор орлуулж мөн  $E_i, E'_i$  утгуудыг (4.27), (4.28) томъёогоор олж зохих математик хувиргалт хийвэл:

$$E_{i\Sigma} = \frac{U_\phi \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{\ln \frac{2h_i}{a}} \sqrt{\frac{(x - d_i)^2 + z_0^2}{(x - d_i)^4 + 2(x - d_i)^2(h_i^2 + z_0^2) + (h_i^2 - z_0^2)^2}} \quad (4.35)$$

гэсэн тооцооны томъёо гарч байна.

Одоо бид энэ томъёонд 35 кВ-ын шугамын параметруудийг тавьж  $x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20$  м зайд  $z_0$  –ын бүх утгад бодож үр дүнг график байдлаар зураг 4.1 –д үзүүлэв.

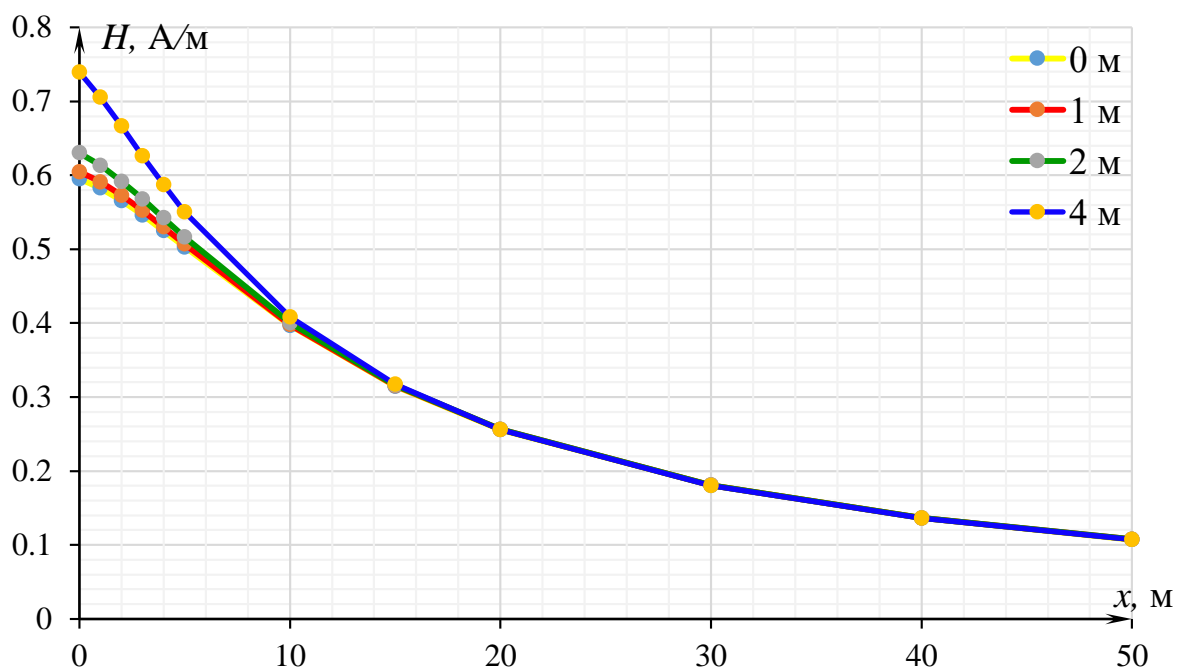


Зураг 4.1. 35 кВ-ын ЦДАШ-ын цахилгаан орны хүчлэгийн график

Одоо бид соронзон орны хүчлэгийн тооцоог гүйцэтгэе. Дээр бид ЦДАШ-ын соронзон орны хүчлэгийг тодорхойлох томъёог (4.34) хэлбэрт гарган авсан. Энд  $R_i, R'_i, 2 \cos \psi$  – ийн утгуудыг орлуулж зохих математик хувиргалт хийсний дараа дараах хэлбэртэй болно.

$$H_{i\Sigma} = \frac{I \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{\pi} \sqrt{\frac{(x - d_i)^2 + z_0^2}{(x - d_i)^4 + 2(x - d_i)^2(h_i^2 + z_0^2) + (h_i^2 - z_0^2)^2}} \quad (4.36)$$

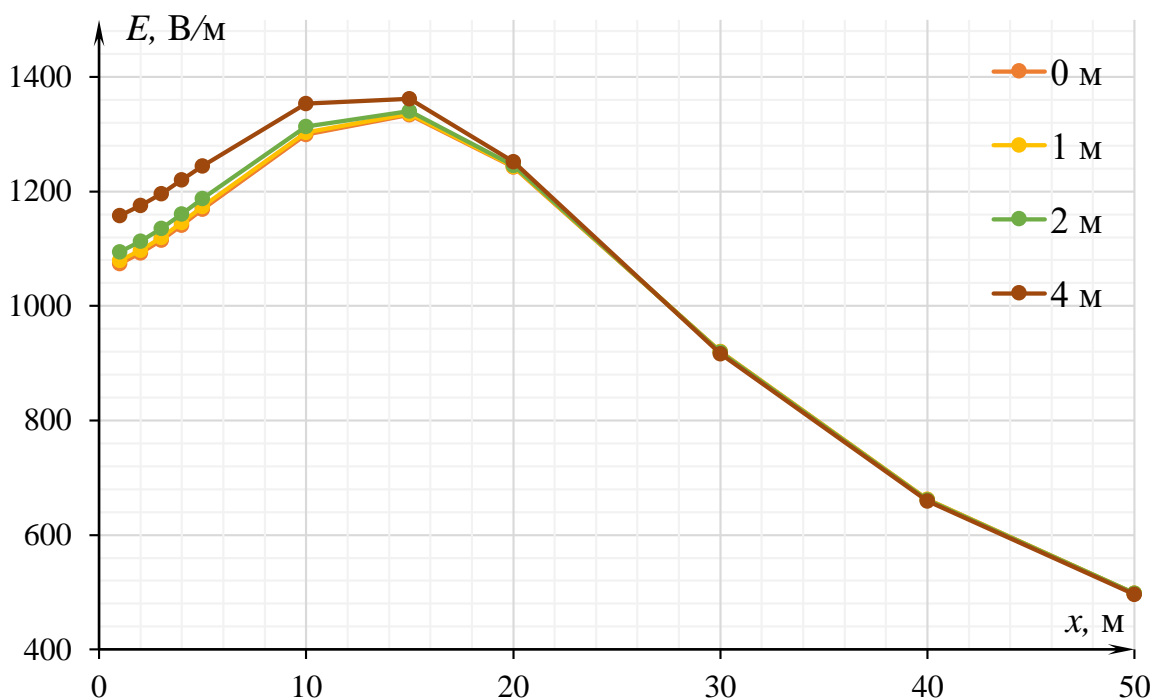
Энэ томъёонд 35 кВ-ын шугамын параметруудийг тавьж, гүйдлийн тодорхой утгад  $z_0 = 0, 1, 2, 4$  метрийн өндөрт  $x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20$  м зайд бодолт хийж үр дүнг зураг 4.2 –д харуулав.



Зураг 4.2. 35 кВ-ын ЦДАШ-ын соронзон орны хүчлэгийн график

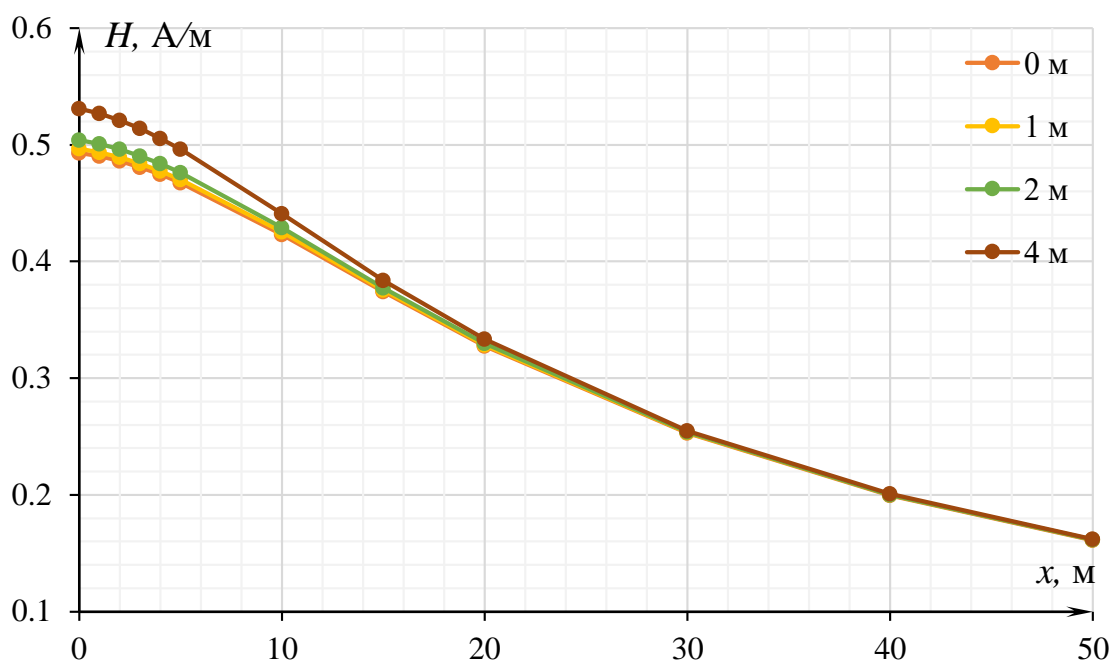
#### 4.4.2. 110 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны тооцоо

110 кВ-ын ЦДАШ У-110-1+9 маягийн тулгуур дээр байрласан гэж үзвэл тулгуурын геометр параметрууд:  $h_1 = h_3 = 19.5$  м,  $h_2 = 23.5$  м,  $d_1 = d_2 = 3.5$  м,  $d_3 = 5$  м байх ба фазын утас АС-120/19 гэвэл утасны радиус  $a = 15.2$  мм болно. ЦСО-ны хүчлэгийн тооцоог  $z_0 = 0, 1, 2, 4$  метрийн өндөрт тус бүрээр  $x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20$  метрийн зайд бодож үр дүнг зураг 4.3 –д үзүүлэв.



Зураг 4.3. 110 кВ-ын ЦДАШ-ын цахилгаан орны хүчлэгийн график

Соронзон орны хүчлэгийн утгыг (4.36) томъёогоор  $z_0 = 0, 1, 2, 4$  метрийн өндөрт тус бүрийн хувьд  $x = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20$  метрийн зайд бодож үр дүнг зураг 4.4 –д харуулав.



Зураг 4.4. 110 кВ-ын ЦДАШ-ын соронзон орны хүчлэгийн график

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд 110 кВ ба 35 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны хүчлэгийг тооцооны утгууд, хэмжилтийн утгуудтай ойролцоо гарч байгаа нь бидний хэмжилт болон тооцооны аргачлалын утгууд үнэн зөв болохыг харуулж байна.

**ТАВДУГААР БҮЛЭГ**  
**ЦАХИЛГААН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН НУТАГ ДЭВСГЭР**  
**ДЭЭРХ ХҮРЭХ ХҮЧДЭЛИЙН СУДАЛГАА**

**5.1. Ерөнхий зүйл**

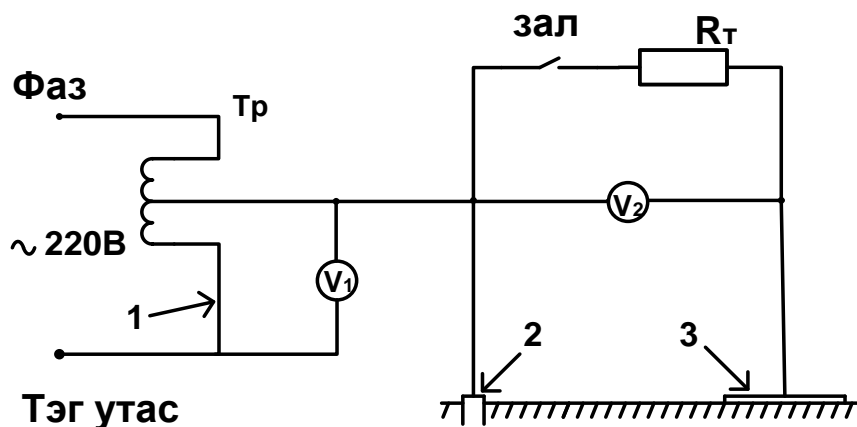
Хүрэх хүчдэл нь хүн ба амьтад хүрэхэд ил дамжуулагч хэсгүүдийн хоорондын хүчдэл, мөн түүнчлэн хүн ба амьтад хүрэх ил дамжуулагч хэсэг ба хүний зогсож буй газрын гадаргуугын хоорондын хүчдэл болно. Тоног төхөөрөмжийн их бие ба хийцэд бий болох хүчдэл тухайн тоног төхөөрөмжийн цахилгаан хөндийрүүлэгчийн бүрэн ба хэсэгчилсэн эвдрэлийн үед буюу энэ төхөөрөмжийг тэжээх кабель ба агаарын шугамын эвдрэлийн үед илэрч гардаг.

Жишээ нь хүн газрын хөрсөн дээр зогсож байхад хүчдэлтэй байгаа төхөөрөмжийн газардуулсан их биед хүрэхэд хүрэх хүчдэл тоон утгаараа хүний хөл байгаа газрын цэг ба их биеийн потенциалын ялгавартай тэнцүү байна. Хүрэх хүчдэл газардуулгын цэгээс алслагдах тусам ихэсдэг ба гүйдэл гүйх бүсийн гадна газартай харьцангуй төхөөрөмжийн их бие дээрх хүчдэлтэй тэнцүү байна. Гүйдэл гүйх бүс гэж гүйдэл дамжуулах хэсэг газартай холбогдсоноос бий болох цахилгаан потенциал тэгтэй тэнцүү байх хязгаар доторх газрын бүс юм.

**5.2. Хүрэх хүчдэлийн хэмжилт**

Хүрэх хүчдэлийг технологийн төхөөрөмжийн цехийн байранд хэмждэг. Хэмжилтийг гүйцэтгэхэд аюулгүй ажиллагааг хангахын тулд, тэглэх системд энэ хүчдэл 12 В-оос ихгүй байх ба харин хяналтын төхөөрөмжийн газардуулагч дээрх хүчдэл 36 В байхаар туршилтын хүчдэлийг сонгож

авдаг. Хэмжилтийг дараах дарааллаар гүйцэтгэдэг. Тэжээлийн сүлжээний тэг утсыг хүчний щитээс салгаж байрны оруулга дээр цахилгаан төхөөрөмжийн газардуулгын  $R_{газ}$  эсэргүүцлийг хэмжих ба сүлжээний тэг эсэргүүцэл ( $R_{мэг}$ )-ийг хэмжинэ. Хүчдэлийг салгасан үед хэмжилтийн схем (зураг 5.1)-ийг цуглуулна.



Зураг 5.1. Хүрэх хүчдэл хэмжих схем:

- 1-автотрансформатор; 2-цахилгаан төхөөрөмжийн газардуулагч;  
 3-хүний биеийн түвшинг орлох электрод (зэс ялтасын хэлбэрт хийгдсэн);  
 $R_T$ -хүний эсэргүүцлийг орлох резистор,  $R_T = 1000 \text{ Ом}$ ).

Вольтметр  $V_1$ -ээр хяналтын хүчдэлийг, вольтметр  $V_2$ -оор цахилгаан төхөөрөмжийн газардуулагч ба газардуулагчаас 25 м-ээс багагүй зайд 20-30 см гүнд суулгасан металл гадасны хоорондын  $U_k$  хүчдэлийг хэмжинэ. Мөн энэ вольтметрээр газардуулагч ба хүний түвшинг орлох электрод хоёрын хоорондох  $E_{хүр}$  хүчдэлийг хэмжинэ.

Залгуур (зал)-ыг залгасан үед  $V_2$  вольтметрээр хүрэх  $U_2$  хүчдэлийг хэмжинэ. Хүрэх хүчдэлийг дараах томъёогоор нарийвчлан тодорхойлно:

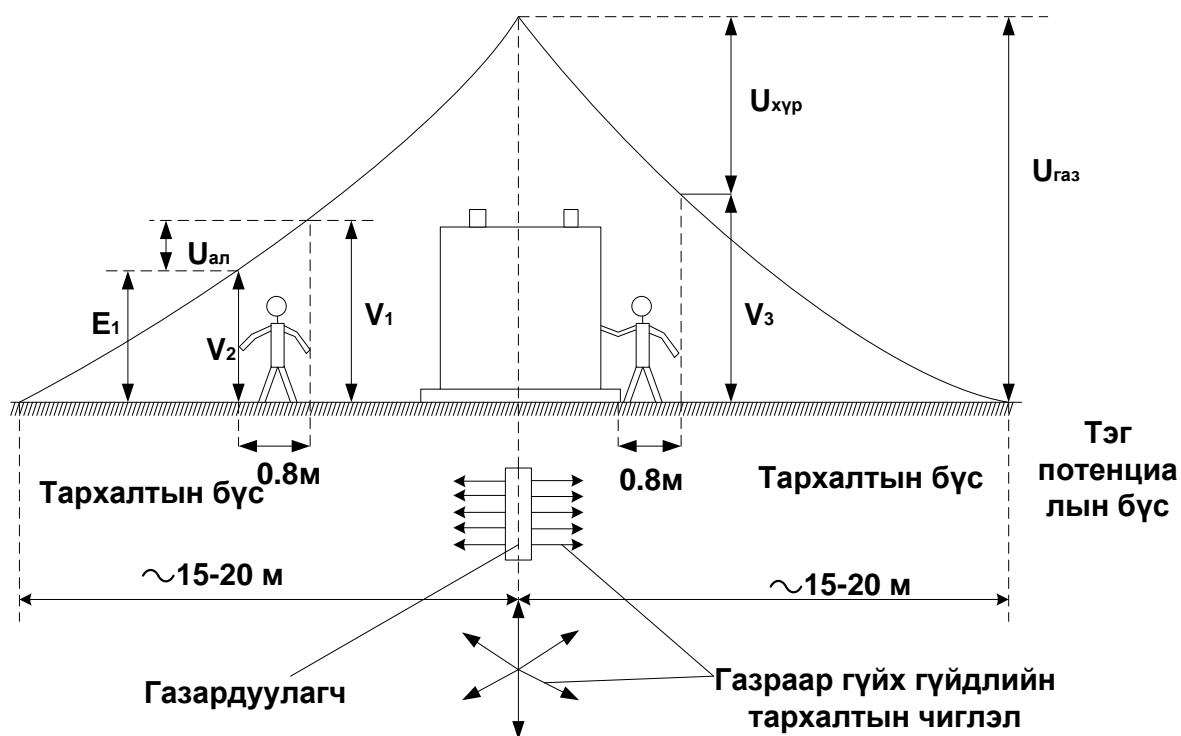
$$U_{хүр} = \frac{2}{\frac{1}{E_{хүр}} + \frac{1}{U_2}}, \quad (5.1)$$



### 5.3. Алхамын хүчдэл

Унасан дамжуулагчаас газраар гүйх гүйдлийн үед гүйдлийн тархалт ба потенциалын уналтын процесс явагддаг. Хүн гүйдлийн тархалтын газраар хөдлөхөд алхамын хүчдэлд орж болно. Алхамын хүчдэл нь газартай холбогдсон гүйдлийн тархалт ба хүний хөл нэгэн зэрэг шүргэхэд газрын хоёр цэгүүдийн хоорондын хүчдэл болно (Зураг 5.2).

Зураг 5.2 дээр ил тод байх зорилгоор газартай холбогдсон гүйдлийн тархалтын үед газардуулагчийн эргэн тойронд цахилгаан потенциалын градиентын тархалтыг харуулсан болно.



Зураг 5.2. Газартай холбогдох үед газардуулагчийн зайнаас хамаарах цахилгаан потенциалын градиентын тархалтын муруй

$U_{газ}$ -газардуулагч дээрх цахилгаан потенциалтай тэнцүү байх газардуулагч төхөөрөмж дээрх хүчдэл;  $U_{ал}$ -цахилгаан потенциалын  $V_1-V_2$  ялгавартай тэнцүү алхамын хүчдэл;  $U_{хүр}$ -потенциалын  $U_{газ}-V_3$  ялгавартай тэнцүү хүрэх хүчдэл.

Хүрэх хүчдэл ба алхамын хүчдэлийг багасгахын тулд потенциалыг тэгшитгэх арга хэмжээг авч хэрэгжүүлдэг. Газрын гадаргуу дээр хоёр цэгийн хоорондын алхамын хүчдэл 1 ба 2 цэгүүдийн потенциалын ялгавартай тэнцүү байна.

$$U_{ал} = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{I_{газ}\rho}{2\pi r_1} - \frac{I_{газ}\rho}{2\pi r_2} = \frac{I_{газ}\rho}{2\pi} \left( \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} \right), \quad (5.2)$$

Хүний биеэр гүйх гүйдэл

$$I_{хүн} = \frac{U_{ал}}{R_{хүн} + 2R_{г}}, \quad (5.3)$$

үүнд:  $R_{хүн}$  - хүний эсэргүүцэл, Ом;  $R_{г}$  - гутлын эсэргүүцэл, Ом;  $I_{газ}$  - газартай холбогдох гүйдэл. Үүнийг холболт болсон газраар дамжин газраар тархах гүйдэл гэж нэрлэдэг, А;  $\rho$  - хөрсний хувийн эсэргүүцэл, Ом.м;  $r_1$  ба  $r_2$  - цэгүүдийн радиус.

Газарт гүйдлийн тархах процесс газардуулагчийн ажлын үед, тасарсан утас газарт унахад, фаз газартай холбогдоход тусгаарлагчийн гэмтлийн үр дүнд бий болдог. Энд бид хагас бөмбөлөг хэлбэртэй электрод болох газардуулагчийг авч үзье. Газар бүх тохиолдолд нэгэн төрлийн ба ижил хувийн эсэргүүцэлтэй  $\rho$ , Ом.м гэж тооцъё. Хөрсний хувийн эсэргүүцэл нь эсрэг ирмэгт хэмжигч электродыг байрлуулсан  $1\text{м}^3$  хөрсний эсэргүүцэл болно.

Хөрсний хувийн эсэргүүцэл, өвөл хөрс хөлдөлттэй газруудад ба зун хөрс хуурай байдаг газруудад хамгийн их утгатай байдаг. Үүний хэмжээ  $\rho = 50 - 400$  Ом.м завсарт байдаг.

Хагас бөмбөлөг гадаргуугаар гүйдэл тархах үед гүйдлийн нягт;

$$L = \frac{E}{\rho} = \frac{I_{газ}}{2\pi r^2}, \quad (5.4)$$

үүнд:  $E$  - цахилгаан орны хүчлэг, В/м;  $r$  - тооцооны цэгийн радиус, м;  $I_{\text{газ}}$  – газартай холбогдох гүйдлийн хүч, А.

Энэ томъёоноос  $I_{\text{газ}}$  гүйдлийг олбол:

$$I_{\text{газ}} = \frac{E}{\rho} 2\pi r^2, \quad (5.5)$$

Хэрэв бидэнд ажлын цэгийн цахилгаан орны хүчлэгийн хэмжээ мэдэгдэж байвал  $I_{\text{газ}}$  гүйдлийн утгыг тодорхойлж болно.  $d_r$  зузаантай үе дэх хүчдэлийн уналт:

$$dU_r = E d_r = L \rho dr = \frac{I_{\text{газ}} \rho}{2\pi r^2} dr, \quad (5.6)$$

Электродоос  $r$  зайд байрлах дурын цэгийн  $\varphi$  потенциал:

$$\varphi = \int_r^{\infty} dU_r = \int_r^{\infty} \frac{I_{\text{газ}} \rho}{2\pi r^2} dr = \frac{I_{\text{газ}} \rho}{2\pi} \int_r^{\infty} \frac{dr}{r^2}, \quad (5.7)$$

Электродоос дурын  $r$  зайд байрласан цэгийн потенциалыг хүснэгтийн интегралын тусламжтайгаар тодорхойлж болно.

$$\int \frac{dr}{r^2} = -\frac{1}{r}, \quad (5.8)$$

ТЭГВЭЛ:

$$\varphi = \frac{I_{\text{газ}} \rho}{2\pi} \left( -\frac{1}{r} \right)_r^{\infty} = \frac{I_{\text{газ}} \rho}{2\pi} \left( 0 + \frac{1}{r} \right) = \frac{I_{\text{газ}} \rho}{2\pi^2 r}, \quad (5.9)$$

Сүүлийн (5.9) илэрхийлэл гиперболийн тэгшитгэл болно (Зураг 5.2). Хамгийн их потенциал электрод дээр бий болно. Газрын гадаргуу дээрх тэг потенциалын хүрээ электродоос ойролцоогоор 20 м зайд эхэлдэг. Потенциалын бууралтын муруйн шинж чанараас алхамын хүчдэл газардуулагчаас алслагдахад буурч байгаа ба түүнд ойртоход ихэсч байгаа нь харагдаж байна. **Гол төлөв алхамын хүчдэл хүрэх хүчдэлээс бага байдаг.**

Ийм учраас аюултай алхамын хүчдэл цахилгаан тоног төхөөрөмжийн газардуулагчийн ойролцоо газартай богино залгааны үед буюу эсвэл цахилгаан дамжуулах шугамын утас газарт унасан орчинд бий болж болно. (5.2) томъёоноос алхамын хүчдэл хөрсний хувийн эсэргүүцэл ба түүгээр дамжих гүйдлийн хүчнээс хамаарч байгаа нь харагдаж байна.

Хүний биеийн цахилгаан эсэргүүцэл ба түүнд өгсөн хүчдэл, өөрөөр хэлбэл хүрэх хүчдэл мөн аюултай байдалд нөлөөлдөг, учир нь энэ хүчдэл хүний биеэр гүйх гүйдлийн утгыг тодорхойлдог. **Гэвч цахилгааны аюулгүй байдлын нөхцлийн нормчлолын практикт чухамхүү хүрэх хүчдэлийн нэр томъёог ашиглах нь илүү тохиромжтой байдаг.**

Алхамын хүчдэлийн хэмжээг хоёр аргаар тодорхойлж болно: багажийн тусламжтайгаар шууд хэмжилтээр; тооцооны аргаар. Хэрэв (5.5) томъёог (5.2) томъёонд орлуулбал алхамын хүчдэлийг тодорхойлох илэрхийллийг гарган авна.

$$U_{ал} = Er^2 \left( \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} \right), \quad (5.10)$$

үүнд:  $E$  - тооцооны цэг дэх цахилгаан орны хүчлэг, В/м;  $r_1$  ба  $r_2$  - тооцооны цэгүүдийн радиус, м;  $r - r_1$  ба  $r_2$ -ын дундаж утга, м.

Алхамын хамгийн их ( $r_2 - r_1$ ) хэмжээг гол төлөв 0,8 м гэж нормчилдог. Тэгвэл (5.10) томъёо хялбарчилсан хэлбэрт дараах байдлаар бичигдэнэ:

$$U_{ал} = 0,8E, В \quad (5.11)$$

Энэ томъёогоор  $E$  - ийн утгаас хамааруулан алхамын хүчдэлийн хэмжээг тодорхойлж болно.

Газардуулгын төхөөрөмжийн бүсэд газардуулсан объектод хүний хүрэх хүчдэлийн тэгшитгэл нь газардуулсан сүлжээнд [39]:

$$U_{хүр} = \alpha_{хүр} \beta_{хүр} I_{газ} R_{газ}, \quad (5.12)$$

гүйдлийн тархалтын бүсэд алхаж буй хүний хувьд мөн

$$U_{ал} = \alpha_{ал} \beta_{ал} I_{газ} R_{газ} , \quad (5.13)$$

үүнд:  $\alpha_{хүр}$  ба  $\alpha_{ал}$  - хүрэх хүчдэл ба алхамын хүчдэлийн коэффициентүүд ба тэдгээрийн утгууд газардуулагчийн хийцээс хамаарч 0,1-ээс 0,8 хүртэлх хязгаарт байдаг;  $\beta_{хүр}$  ба  $\beta_{ал}$  - газрын дээд үеийн хувийн эсэргүүцлээс хамаарах хүрэх ба алхамын хүчдэлийн багасалтын коэффициентүүд, тэдгээрийн утгууд нэгээс бага байдаг.

Ойролцоолсон тооцоонд эдгээр коэффициентүүдийн утгыг дараах байдлаар авч болно:  $\alpha_{хүр}=0,4$ ;  $\beta_{хүр} = 0,6$ ;  $\alpha_{ал} = 0,3$ ;  $\beta_{ал} = 0,55$ , тэгвэл (5.12) ба (5.13) илэрхийллийг дараах хэлбэрт бичиж болно:

$$U_{хүр} = 0,4 * 0,6 * I_{газ} R_{газ} = 0,24 * I_{газ} R_{газ} , \quad (5.14)$$

$$U_{ал} = 0,3 * 0,55 * I_{газ} R_{газ} = 0,165 * I_{газ} R_{газ} , \quad (5.15)$$

Энэ хоёр тэгшитгэлээс  $I_{газ} R_{газ}$ -г олж орлуулбал дараах  $U_{хүр}$  ба  $U_{ал}$  хоёрын ойролцоолсон хамаарлын илэрхийллийг гарган авч болно.

$$U_{хүр} = 1,45 U_{ал} , \quad (5.16)$$

Эндээс харахад, хэрэв бидэнд алхамын хүчдэлийн утга мэдэгдэж байвал хүрэх хүчдэлийн хэмжээг тодорхойлж болно.

#### **5.4. Хүрэх хүчдэл ба алхамын хүчдэлийг тодорхойлох тооцооны үр дүн**

Бидэнд хотын 110/35/10 кВ-ын болон 35/10 кВ-ын трансформаторын дэд станцууд, 110 ба 35 кВ-ын өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугам, 600 В-ын троллейбусны шугамын орчинд хийсэн цахилгаан орны хүчлэгийн хэмжилтийн утгууд өгөгдсөн ба (5.11), (5.16) томъёонуудыг ашиглан хүрэх хүчдэл ба алхамын хүчдэлийг тодорхойлсон болно. 110/35/10 кВ-ын дэд станцын алхамын хүчдэлийн тооцооны утгыг хүснэгт 5.1-д, хүрэх хүчдэлийн тооцооны утгыг хүснэгт 5.2-д тус тус харуулав.

Хүснэгт 5.1

110/35/10 кВ-ын дэд станцын орчны алхамын хүчдэлийн тооцооны үр дүн

Хэмжилт хийсэн зай, м	Байршил						Байршил					
	Цахилгаан орны хүчлэгийн хэмжилтийн утга, E, В/м						Алхамын хүчдэлийн тооцооны үр дүн, U <sub>ал</sub> , В					
	Баруун хойд	Баруун талд	Баруун урд	Зүүн урд	Зүүн талд	Зүүн хойд	Баруун хойд	Баруун талд	Баруун урд	Зүүн урд	Зүүн талд	Зүүн хойд
2	528	709	1024	113	7	8.4	422	567	819	90	5.6	6.7
5	583	856	739	119	9.5	12.4	466	685	591	95	7.6	10
10	635	417	406	119	14.8	12.2	508	334	325	95	12	9.8

Хүснэгт 5.2

110/35/10 кВ-ын дэд станцын орчны хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүн

Хэмжилт хийсэн зай, м	Байршил					
	Хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүн, U <sub>хүр</sub> , В					
	Баруун хойд	Баруун талд	Баруун урд	Зүүн урд	Зүүн талд	Зүүн хойд
2	<b>612</b>	<b>822</b>	<b>1188</b>	131	8	10
5	<b>676</b>	<b>993</b>	<b>857</b>	138	11	15
10	<b>737</b>	484	471	138	17	14

35/10 кВ-ын дэд станцын орчны алхамын хүчдэлийн тооцооны үр дүнг хүснэгт 5.3-д, хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүнг хүснэгт 5.4-д үзүүлэв.

Харин 110 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын алхамын болон хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүнг хүснэгт 5.5-д, 35 кВ-ын шугамын алхамын болон хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүнг хүснэгт 5.6-д тус тус үзүүлэв.

*Хүснэгт 5.3*

*35/10 кВ-ын дэд станцын орчны алхамын хүчдэлийн тооцооны үр дүн*

Хэмжилт хийсэн зай, м	Байршил				Байршил			
	Цахилгаан орны хүчлэгийн хэмжилтийн утга, E, В/м				Алхамын хүчдэлийн тооцооны үр дүн, $U_{ал}$ , В			
	Баруун хойд	Баруун урд	Зүүн урд	Зүүн хойд	Баруун хойд	Баруун урд	Зүүн урд	Зүүн хойд
2	1.92	4.73	0.93	1.35	1.53	3.8	0.7	1.1
5	2.15	4.5	0.81	1.23	1.72	3.6	0.65	1.0
10	1.33	2.65	0.96	1.0	1.06	2.12	0.77	0.8

35/10 кВ-ын дэд станцын орчны хүрэх хүчдэлийн  
тооцооны үр дүн

Хэмжилтийн хийсэн зай, м	Байршил			
	Хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүн, $U_{хүр}$ , В			
	Баруун хойд	Баруун урд	Зүүн хойд	Зүүн урд
2	2.22	5.51	1.01	1.6
5	2.5	5.22	0.94	1.45
10	1.54	3.07	1.12	1.16

110 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын алхамын болон хүрэх  
хүчдэлийн тооцооны үр дүн

Хэмжилт хийсэн зай, м	Цахилгаан орны хүчлэгийн хэмжилтийн утга, Е, В/м		Алхамын хүчдэлийн тооцооны үр дүн, $U_{ал}$ , В		Хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүн, $U_{хүр}$ , В	
	Хэмжилт хийсэн өндөр, м					
	1.5	2	1.5	2	1.5	2
0	2923	5550	2338	4440	<b>3390</b>	<b>6438</b>
2	5023	3677	4018	2942	<b>5826</b>	<b>4266</b>
5	3285	5383	2628	4306	<b>3811</b>	<b>6244</b>
10	-	-	-	-	-	-



Хүснэгт 5.6

35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын алхамын болон хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүн

Хэмжилт хийсэн зай, м	Цахилгаан орны хүчлэгийн хэмжилтийн утга, E, В/м		Алхамын хүчдэлийн тооцооны үр дүн, $U_{ал}$ , В		Хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүн, $U_{хүр}$ , В	
	Хэмжилт хийсэн өндөр, м					
	1.5	2	1.5	2	1.5	2
0	1477	939	1182	751	<b>1714</b>	<b>1089</b>
2	3200	1487	2560	1190	<b>3712</b>	<b>1726</b>
5	1230	391	984	313	<b>1427</b>	454
10	2943	672	2354	538	<b>3413</b>	<b>780</b>

Одоо бид троллейбусны 600 В-ын хүчдэлтэй шугамын орчны алхамын болон хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүнг хүснэгт 5.7-д харуулав.

Хүснэгт 5.7

Троллейбусны шугамын алхамын болон хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүн

Хэмжилт хийсэн зай, м	Цахилгаан орны хүчлэгийн хэмжилтийн утга, E, В/м		Алхамын хүчдэлийн тооцооны үр дүн, $U_{ал}$ , В		Хүрэх хүчдэлийн тооцооны үр дүн, $U_{хүр}$ , В	
	Хэмжилт хийсэн өндөр, м					
	1.5	2	1.5	2	1.5	2
0	9.13	6.7	7.3	5.4	10.6	7.8
2	12.6	19	10.10	15.2	14.6	22
5	8.55	14.7	6.84	11.8	9.92	17.1
10	14	35	11	28	16	40.6

Одоо бид гүйцэтгэсэн тооцооны үр дүнд дүн шинжилгээ хийе. Үүний тулд өндөр хөгжилтэй орны ба ялангуяа ОХУ-д мөрдөгдөж буй хүрэх хүчдэлийн стандартын талаар авч үзье.

Стандарт ГОСТ 12.1.038-82, 50Гц давтамжтай хувьсах гүйдлийн үйлдвэрийн ба ахуйн зориулалтын цахилгаан тоног төхөөрөмжтэй хүмүүс харилцан үйлчлэхэд хүмүүсийн хамгаалах хэрэгсэл ба аргуудын зураг төсөл зохиоход зориулсан хүний биеэр гүйх гүйдэл ба хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх дээд утгыг нэг гараас нөгөө гарт ба гараас хөлд гүйх гүйдлийн замын хувьд тогтоосон байдаг.

1000 В хүртэлх хүчдэлтэй үйлдвэрийн цахилгаан тоног төхөөрөмжүүд, мөн үйлдвэр ахуйн ба иргэний зориулалттай барилгын цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийг гүн газардлагын саармаг цэгтэй хийдэг. Ийм цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдэд тусгаарлагч гэмтэх үед их биеийн холболт фазын богино залгаа байдаг.

1000 В-оос дээш хүчдэлтэй, тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдэд аюулгүй ажиллагааны арга хэмжээнд газардуулга хийж потенциалыг тэгшитгэх арга хэмжээг хэрэгжүүлж улмаар газартай холбогдсон цэгийг хурдан хайх боломжийг хангасан тусгаарлагчийн төлөв байдлыг хянах төхөөрөмжийг хэрэглэсэн байх ёстой.

1000 В хүртэлх тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй ба 1000 В-оос дээшхи бүх цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдэд газардуулга ба потенциалын тэгшитгэл нь хүрэх  $U_{хүр}$  хүчдэл ба алхамын  $U_{ал}$  хүчдэлийн аюулгүй утга ба хүний биеэр гүйх гүйдлийг аюулгүй утга хүртэл бууруулах боломжийг хангасан байх ёстой. Үүний тулд газардлагын гүйдлийн хэлхээнд хүний биетэй зэрэгцээ залгасан газардуулгын  $R_{газ}$  эсэргүүцэл хүний биеийн  $R_{хүн}$  эсэргүүцэлтэй харьцуулахад бага байх шаардлагатай.

Цахилгаан тоног төхөөрөмжийн газардуулгын төхөөрөмжийг, эсвэл тэдгээрийг газардуулгын  $R_{\text{газ}}$  эсэргүүцэлд тавигдах нормчлолын утгыг хангах нөхцлөөр эсвэл хүрэх  $U_{\text{хүр}}$  хүчдэлд тавигдах нөхцлөөр гүйцэтгэдэг. 1000 В-оос дээш хүчдэлтэй үр дүнтэй газардуулсан саармаг цэгтэй цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийн газардуулгын төхөөрөмжийг хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх тооцооны нөхцлөөр, харин бусад бүх цахилгаан төхөөрөмжийг газардуулах төхөөрөмжийн зөвшөөрөгдөх эсэргүүцлийн нөхцлөөр гүйцэтгэхийг зөвлөмж болгодог.

1000 В-оос дээш хүчдэлтэй үр дүнтэй газардуулсан саармаг цэгтэй газардуулагын  $R_{\text{газ}}$  эсэргүүцэлд тавигдах шаардлага хангах нөхцлөөр хийгдсэн цахилгаан тоног төхөөрөмжийн газардуулгын төхөөрөмжүүд жилийн дулаан цагт байгалийн газардуулагчийг оруулаад  $R_{\text{газ}} \leq 0,5$  Ом эсэргүүцэлтэй байх ёстой.

Хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх нөхцлөөр дээр дурьдсан газардуулгын төхөөрөмжийн тооцоонд түүний газардуулгын  $R_{\text{газ}}$  эсэргүүцлийг газардуулагч төхөөрөмж дэх зөвшөөрөгдөх  $U_{\text{газ}}$  хүчдэлээр ба газардлагын гүйдлээр тодорхойлдог. Энэ тохиолдолд жилийн дурын цагт газардуулагч төхөөрөмжөөс газартай холбогдсон гүйдлийн тархалтын үед (аваарын горим) 1000 В-оос дээш хүчдэлтэй гүн газардуулсан саармаг цэгтэй 50 Гц давтамжтай үйлдвэрийн цахилгаан тоног төхөөрөмжийн хүрэх хүчдэлийн утга хүснэгт 5.8-д заасан үйлчлэх хугацаанаас хамаарах зөвшөөрөгдөх утгаас илүүгүй байх ёстой.

Үйлчлэх тооцооны хугацаа хамгаалалтын ажиллах хугацаа ба таслуурын таслах хугацааны нийлбэр байдлаар тодорхойлогддог. 1000 В хүртэл хүчдэлтэй гүн газардуулсан саармаг цэгтэй ба 1000 В-оос дээш хүчдэлтэй тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй үйлдвэрийн цахилгаан тоног

төхөөрөмжүүдийн аваарын горим дэх гүйдэл ба хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх дээд утгууд хүснэгт 5.9-д заасан утгуудаас ихгүй байх ёстой.

*Хүснэгт 5.8*

*1000 В-оос дээш хүчдэлтэй гүн газардуулсан саармаг цэгтэй 50Гц давтамжтай үйлдвэрийн цахилгаан тоног төхөөрөмжийн аваарын горим дэх хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх дээд утгууд*

Үйлчлэх хугацаа, с	0,1 хүртэл	0,2	0,5	0,7	1,0	1,0÷5,0
Хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх дээд утга, $U_{хүр}$ , В	500	400	200	130	100	65

*Хүснэгт 5.9*

*1000 В хүртэл хүчдэлтэй гүн газардуулсан саармаг цэгтэй ба 1000 В-оос дээш хүчдэлтэй тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийн гүйдэл ба хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх дээд утгууд*

Нормчлогдсон хэмжээ	Гүйдлийн үйлчлэх хугацаа, t, с											
	0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0-ээс дээш
$U_{зөв}$ , В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
$I_{зөв}$ , А	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6

Алхамын хүчдэлийн аюултай байдал хүрэх хүчдэлийн аюултай байдлаас эрс бага байдаг. Учир нь гүйдэл газардуулсан объектод хүрэх хүчдэл шиг зүрхний хэсгээр дайран гүйдэггүй болно. Үүнээс гадна эхний тохиолдолд хүний биеэр гүйх гүйдэл хоёр дахь тохиолдолоос газрын их эсэргүүцлээр хязгаарлагддаг. Гэвч дараах байдалд анхаарлаа хандуулах шаардлагатай: өвдөлттэйгээр хүлээн авах алхамын хүчдэлийн үйлчлэлд хүн

унаж болох ба ингэснээр зүрхний хэсэг ба цээжний эсээр дамжин гүйдэл гүйдэг. Энэ байдлыг тооцож алхамын хүчдэлээр хүмүүсийн нэрвэгдэх тохиолдолууд байж болох үр дүнтэй газардуулсан сүлжээн дэх газардуулгын төхөөрөмжийн хувьд алхамын ба хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх утгыг ижил авдаг. Нум унтраах реактороор газардуулсан ба газардуулаагүй сүлжээний хувьд хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх утгыг 36 В гэж тогтоосон байдаг. Энэ тохиолдолд хүний биеэр гүйх гүйдэл 6 мА-аас ихгүй байх ёстой.

Өндөр хүчдэлийн цахилгааны объектын орчинд хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утга хүснэгт 5.9-ийн дагуу  $U_{хүр}^{хяз} = 550В$  гэж тогтоосон тул бидний авч үзсэн өндөр хүчдэлийн шугам ба дэд станцын орчны хүрэх хүчдэлийн тооцооны утгыг энэ зөвшөөрөгдөх утгатай харьцуулан авч үзнэ. Тооцооны үр дүнгээс үзэхэд 110/35/10 кВ-ын дэд станц болон цахилгаан дамжуулах 110, 35 кВ-ын шугамын орчны хүрэх хүчдэл ихэнх тохиолдолд зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс их гарч байна. Харин 35/10 кВ-ын дэд станц ба троллейбусны 600 В-ын шугамын орчинд хүрэх хүчдэлийн тооцооны утга зөвгөөрөгдөх утгаас эрс бага гарсан байна.

Иймд хүрэх хүчдэл их байгаа объектуудын хувьд хүрэх хүчдэлийг багасгах хамгаалалтын арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай юм. Энд дээрх объектуудад албан үүргээ гүйцэтгэж буй цахилгаан шугам сүлжээний инженер техникийн ажилтан нар зайлшгүй хамгаалалтын хувцастай байх ба харин тэр орчинд өөр төрлийн ажил гүйцэтгэж буй гадны хүмүүс болон зорчигч энгийн ард иргэдийн хувьд анхааруулах хаяг хадах буюу хориотой бүсийн хаалт хийсэн байх ёстой.

Бидний авч үзсэн зөвхөн гурван объектуудад л хүрэх хүчдэлийн тооцооны утга эрс их байгааг харгалзан үзэж нийслэл Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэр (ялангуяа гэр хорооллын орчимд) дээр олон тооны 110/35/10 кВ-ын дэд станцууд ба олон арван километр цахилгаан дамжуулах өндөр

хүчдэлийн шугамууд байрладаг тул эдгээр бүх объектуудын хувьд тусгайлсан судалгаа хийх шаардлагатай байна.

Бидний судалгааны зорилго бол зөвхөн өндөр хүчдэлийн цахилгаан объектуудын орчинд төдийгүй бусад олон нийтийн үйлчилгээний газрууд, гудамж талбайн орчны цахилгаан соронзон орны бохирдлын судалгаа байсан тул бид бүхнийг хамааруулах боломжгүй байв.

## **5.5. Хүрэх хүчдэлийг бууруулах хамгаалалтын арга хэмжээнүүд**

Техникийн аргууд ба хэрэгсэлүүдээр цахилгааны аюулгүй байдлын хангалт нь ажлын байрыг тусгаарлах, потенциалыг тэгшитгэх, хамгаалалтын газардуулга гэх мэт аргуудаар гүйцэтгэгддэг. Техникийн аргууд ба хамгаалах хэрэгсэлүүдийг хамгийн оновчтой хамгаалалт хангагдсан байхаар тусд нь буюу тэдгээрийг хосолсон байдлаар хэрэглэдэг. Хамгаалалтын газардуулга нь тусгаарлагч гэмтсэн буюу бусад шалтгаанаар хүчдэлтэй байж болох металл, гүйдэл дамжихгүй хэсэгт хүрэх үед бий болох цахилгаан гүйдэлд хүн амьтан нэрвэгдэхээс хамгаалах ёстой.

Хамгаалалтын газардуулгын ажиллах зарчим нь хүрэх хүчдэл ба их биед холболт бий болоход үүсэх алхамын хүчдэлийг аюулгүй утга хүртэл багасгахад оршдог ба газардуулсан тоног төхөөрөмжийн потенциалыг багасгасаны үр дүнд болон мөн хүн зогсож буй газар ба газардуулсан төхөөрөмжийн потенциалыг тэгшитгэсэний үр дүнд хэрэгждэг. Хамгаалалтын газардуулгын хэрэглэх хүрээ нь янз бүрийн саармаг цэгийн горимтой 1000 В-оос дээш ба доош хүчдэлтэй сүлжээ юм.

Газардуулагч төхөөрөмжүүд цахилгаан тоног төхөөрөмжийн газардуулгын их биш эсэргүүцэлтэй, найдвартай тодорхой хэсгийг байгуулахын тулд зориулагдсан цахилгаан техникийн төхөөрөмжүүд

байдаг. Энд аянга хамгаалагчийн ажлын ба хамгаалалтын газардуулга гэж ангилдаг. Ажлын газардуулга нь цахилгаан төхөөрөмж ба түүний хэсгүүд болон шугам сүлжээний хэвийн ажиллагааг хангахад зориулагддаг. Хамгаалалтын газардуулга нь цахилгаан төхөөрөмжүүдийн үйлчилгээний үед аюултай хүрэх хүчдэлээс ажиллагсадын аюулгүй байдлыг хангах зориулалттай. Газардуулагчийг байгалийн ба хиймэл газардуулагчид гэж ангилдаг.

Хиймэл газардуулагчид (хэвтээ ба босоо) зөвхөн газардуулгын зорилгоор л зориулагддаг. Хиймэл газардуулагчдыг ихэвчлэн хүрээ байдлаар гүйцэтгэдэг, өөрөөр хэлбэл тэдгээрийг цахилгаан төхөөрөмжийн хүрээгээр байгуулдаг. Ийм газардуулагч 1000 В-оос дээш хүчдэлтэй төхөөрөмжүүдийн хувьд зайлшгүй шаардлагатай ба 1000 В хүртэлх хүчдэлтэй төхөөрөмжүүдийн хувьд зөвлөмж болгодог. Газардуулагчдад тавигдах үндсэн шаардлага нь газраар гүйх гүйдлийн тархалт аль болох бага, тогтмол эсэргүүцэлтэй байх шаардлагатай.

Газардуулагчийн  $R_{\text{газ}}$  эсэргүүцэл хэдий чинээ бага байна өөрийн газардуулгын функцыг төдийчинээ үр дүнтэй гүйцэтгэдэг ба түүгээр гүйх гүйдлийн тархалттай үед газардуулагчийн потенциал төдийчинээ бага байдаг. Энэ нөхцөл байдал бусад бүх ижил нөхцөлд алхамын хүчдэл  $U_{\text{ал}}$  ба хүрэх  $U_{\text{хүр}}$  хүчдэлийг багасгахад хүргэдэг (зураг 5.2) ба ингэснээрээ цахилгаан төхөөрөмжийн үйлчилгээг илүү аюулгүй болгодог.

Өнөөгийн үйлчилж (мөрдөж) буй цахилгаан техникийн төхөөрөмжийн дүрмээр зөвшөөрөгдөх алхамын ба хүрэх хүчдэлийг нормчилдоггүй ба харин газардуулагч төхөөрөмжүүдийн эсэргүүцлийн хамгийн их зөвшөөрөгдөх утгыг нормчилдог. Цахилгаан техникийн төхөөрөмжийн дүрэм ёсоор газардуулагч төхөөрөмжүүдийн эсэргүүцэл дараах утгатай байх ёстой, Ом:

а. Саармаг цэгийн үр дүнтэй газардуулагатай 1000 В-оос дээш хүчдэлтэй цахилгаан тоног төхөөрөмжинд:

$$R_{\text{газ}} \leq 0,5; \quad (5.17)$$

б. Тусгаарлагдсан саармаг цэгтэй 1000 В-оос дээш хүчдэлтэй цахилгаан тоног төхөөрөмжинд:

$$R_{\text{газ}} \leq \frac{250}{I_{\text{газ}}}; \quad (5.18)$$

байх ба 10 Омоос илүүгүй байна. Энд:  $I_{\text{газ}}$  – газар дахь газардуулгын гүйдэл, А.

Хэрэв газардуулагч төхөөрөмжийг нэгэн зэрэг 1000 В хүртэлх хүчдэлтэй төхөөрөмжүүдэд хэрэглэж байвал:

$$R_{\text{газ}} \leq \frac{125}{I_{\text{газ}}}; \quad (5.19)$$

в. Саармаг цэгийн гүн газардлагатай 1000 В хүртэлх цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдэд генератор буюу трансформаторын саармаг цэгт холбогдсон газардуулагч төхөөрөмжийн нийлбэр эсэргүүцэл 8 Ом-оос илүүгүй байх ёстой ба энд генератор буюу трансформаторын саармаг цэгийн орчинд байрласан газардуулагчийн эсэргүүцэл 60 Омоос илүүгүй байх ёстой.

Сүүлийн үед, ялангуяа газардуулгын зөвшөөрөгдөх эсэргүүцлээр нормчлогдсон газардуулагч төхөөрөмжийг байгуулахад бий болох хүндрэлтэй холбоотойгоор газардуулагч төхөөрөмжийн чанарын шинжүүрийн өөрчлөлтөөр санал оруулсан байна. Тэдгээрийг, хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх шинжүүрээр хүмүүсийн аюулгүй байдлын үүднээс илүү тодорхой нормчлохыг санал болгодог. Хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх утгаас газардуулагч төхөөрөмжийн параметруудийг нормчлолын шилжилт газардуулагч төхөөрөмжийн газардуулгын эсэргүүцэлд тавигдах шаардлагыг багасгахад бодитойгоор хүргэдэг ба энэ



нь газардуулагч төхөөрөмжийн зураг төсөл зохиох ба барьж байгуулахад цахилгааны аюулгүй байдлын үзэл санааны үүднээс нарийн нягт тооцож дүн шинжилгээ хийсэн байх ёстой.

## **5.6. Цахилгаан ба цахилгаан соронзон орнуудын үйлчлэлээс ажиллагсадыг хамгаалах**

Цахилгаан дамжуулах агаарын шугам ба ил хуваарилах байгууламжийн ойролцоо хүний биед сөргөөр нөлөөлөх их эрчимжилттэй цахилгаан соронзон орон үүсдэг гэдэг нь тодорхой юм. Үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан соронзон орны хүний организмд хортой үйлчлэл үндсэндээ агаарын шугамын ойролцоо ба ил хуваарилах байгууламж (ИХБ)-ийн нутаг дэвсгэр дээр хүний өндрийн хэмжээнд хүчлэг нь хэдэн арван В/м хүрдэг цахилгаан орноор буюу түүний бүрдүүлэгчдээр бий болдог гэдэг нь тогтоогдсон.

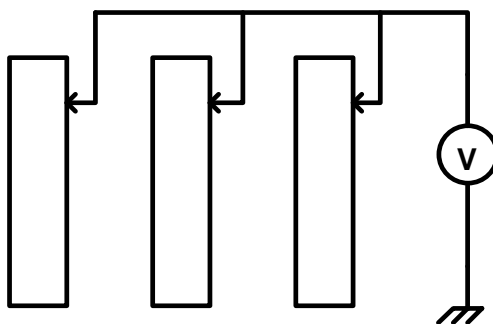
50 Гц давтамжтай ЦСО-ны соронзон бүрдүүлэгч мөн хүний эрүүл мэндэд нөлөөлж болно. Гэхдээ агаарын шугам ба ИХБ-ийн үйлчилгээний ердийн нөхцөлд хүн гүйдэл гүйх хэсгээс хол зайд байрласан байхад соронзон орны хүчлэг зөвшөөрөгдөх утгаас олон дахин бага байдаг. Ажиллаж буй цахилгаан тоног төхөөрөмжийн үйлчилгээний ажиллагсадыг цахилгаан орны хортой үйлчлэлээс хамгаалах явдал нь хүний хүрээлэн буй орон зай дахь орны хүчлэгийг зөвшөөрөгдөх утга хүртэлх нормоор багасгах ба цахилгаан оронд хүний байх хугацааг хязгаарлах замаар хангагддаг.

Хамгаалалтын хэрэгсэлд: тусгай хувцасны иж бүрдэл (халхавчлагч костюм) ба хамгаалалтын хэрэгсэл (бүрээсийн хуудас) байдаг. Халхавчлагч костюм цахилгаан тоног төхөөрөмжийн ажлын үед 60 кВ/м хүртэлх хүчлэгтэй үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан орны хортой үйлчлэлээс хамгаалах хэрэгсэл болдог. Халхавчлагч костюмыг ердийн утаснаас гадна

торны хэлбэрт байрласан тусгаарлагдсан бичил дамжуулагчийг агуулсан гүйдэл дамжуулдаггүй тусгай нэхээсэн эдлэлээр хийдэг. Ийм учраас ийм хувцас нэгдүгээрт үнэтэй ба хоёрдугаарт нийтийг хамарсан хамгаалалтын хэрэгсэл болж чаддаггүй байна.

**Бүрээсийн хуудас цахилгаан тоног төхөөрөмжийн байнгын ба түр зуурын ажлын байранд цахилгаан орны үйлчлэлээс ажиллагсадыг хамгаалах нийтийн хэрэгсэл байдаг. Гол төлөв нүцгэн шин ба дэд станцын 0,4; 6; 10 кВ-ын утаснуудыг бүрээсийн хуудасаар тусгаарладаг. Энэ тохиолдолд техник аюулгүй ажиллагааны шаардлага маш их ихэсдэг.**

Ийм учраас дэд станцын 0,4; 6; 10 кВ-ын утас ба нүцгэн шинүүдийг бүрээсийн хуудсаар тусгаарлахад фаз хоорондын ба фаз, нойлын утасны хоорондын нөлөөллийн хүчдэл даруй 1,5 дахин буурдаг нь практик амьдрал дээр (Эрдэнэтийн УБҮ-ийн тоног төхөөрөмжид хийсэн судалгаагаар) тогтоогдсон болно. Нөлөөллийн хүчдэлийг дараах схемээр хэмждэг (Зураг 5.3)



*Зураг 5.3. Хэмжилтийн схем.*

Иймд трансформаторын хаалттай дэд станцын хаалттай хуваарилах байгууламж (ХХБ)-ийн утаснууд ба нүцгэн шинийг тусгаарлах нь цахилгаан орны хүчлэгийг эрс бууруулах ба аюулгүй ажиллагааг дээшлүүлэх боломж олгодог.

## ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хотын хүрээлэн буй орчны цахилгаан соронзон орны бохирдлын судалгааг зургаан дүүргийн нутаг дэвсгэр дээрх нийтлэг үйлчилгээний онцлог газруудад хийж гүйцэтгэсний үр дүнд дараах дүгнэлтүүдийг гаргаж байна. Үүнд:

**1.** Хүрээлэн буй орчны эрчим хүчний бохирдлын нэг чухал хүчин зүйл болох цахилгаан соронзон орон зөвхөн хүний аж ахуйн үйл ажиллагааны чиг хандлага төдийгүй мөн түүний амьдрал, сэтгэхүйн шинж төлөвийг тодорхойлж байна. Цахилгаан энергийн дамжуулалт, хуваарилалтын процесс нь эрчим хүчний системийн элементүүдийн орчинд хүн болон амьд организмд нөлөөлөх цахилгаан соронзон орныг бий болгодог. Хүний организм ба түүний оршин байх орчныг холбох өөр хоорондоо сүлжилдсэн процессуудын олон талт байдал хүрээлэн буй орчинд санаатай бус үйлдлийн хувьд ч, байгалийн чиг зорилготойгоор өөрчлөхийн хувьд ч бий болсон үр дагаврын цогцолбор судалгааны үнэлгээг шаардаж байна.

**2.** Техник хэрэгслийн цахилгаан соронзон нийцэлт (ЦСН) нь бусад техник хэрэгслүүдэд зөвшөөрөгдөхгүй цахилгаан соронзон саатал ба хүний биед зөвшөөрөгдөхгүй цахилгаан соронзон үйлчлэлийг бий болгохгүйгээр тодорхой цахилгаан соронзон төлөв байдалд өгөгдсөн чанартай үйл ажиллагаа явуулах техникийн төхөөрөмжүүдийн цогц юм. Хүний биед индукцлэгдсэн гүйдлээр бий болох цахилгаан соронзон орны нөлөөллийн зөвхөн боломжтой хоёр механизмыг л шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тогтоосон байна: эсийн мембран дахь потенциалын ялгаврын өөрчлөлт ба эд эсийн халалт. Эхнийх нь өндөр хүчдэлтэй нам давтамжийн оронтой үед, хоёр дахь их чадамжтай өндөр давтамжийн оронд бий болдог.

**3.** Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны хэмжилтийг гүйцэтгэхдээ аль болох олон хүн зорчиж байдаг нийтийн үйлчилгээний

газрууд болох 10 жилийн болон их, дээд сургууль, цэцэрлэг, ясли, дэлгүүр, зорчигч тээврийн газар, шатахуун түгээх станц, худалдааны төв, музей, кино театр, банк, худалдааны зах, эрүүл мэндийн төв, явган хүний зорчих гудамж талбай мөн түүнчлэн өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах шугам, трансформаторын дэд станцуудын орчинг сонгон авсан болно. Нөгөө талаас цаг уурын нөхцөл байдлыг тооцох зорилгоор зун, намар, өвөл, хаврын улирлуудад өглөө, өдөр, оройн бүх цагуудад хэмжилт хийсэн юм. Цахилгаан соронзон орны параметруудийг хэмжихдээ үүнтэй нэгэн зэрэг орчны агаарын чанарын үзүүлэлтүүд болох агаарын даралт, температур, чийгшилт ба нүүрс хүчлийн хийн хэмжилт хийсэн болно. Нийтдээ (СБД-16), (БЗД-19), (СБД-33), (ЧД-29), (СХД-19), (ХУД-19) 135 цэгт 405 удаа хэмжилт хийсэн болно. Судалгааны үр дүнд дээрх бүх нийтийн үйлчилгээний газруудад цахилгаан орны (Е) ба соронзон орны (Н) хүчлэгийн утгууд бүгд зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байна.

4. Нийслэл хотод 110, 35 кВ-ын олон арван км өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугам, 110/35/10кВ-ын болон 35/10 кВ-ын трансформаторын дэд станцууд маш олон байдаг. Эдгээр шугам ба дэд станцуудаас бид төлөөлөл болгон 110кВ, 35кВ-ын шугам, 110/35/10кВ-ын “Туул” дэд станц, 35/10кВ-ын “Цэлмэг” дэд станц болон троллейбусны 600В-ын хүчдэлтэй шугамыг сонгож авсан юм. Трансформаторын дэд станцуудын эргэн тойронд хэд хэдэн чиглэлээр чиглэл тус бүрт 2, 5, 10 метрийн зайд гурав гурван удаа, өндөр хүчдэлийн шугамын эгц дор ба 2, 5, 10 метрийн зайд хэмжилтийг мөн гурван удаа хийж гүйцэтгэсэн юм. 110/35/10 кВ-ын дэд станцын орчны цахилгаан соронзон орны хүчдэлийн утгууд зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утгаас нэлээд тохиолдолд их гарсан байна. Гэхдээ чиглэлүүдэд харилцан адилгүй байгаа нь тухайн чиглэлд замд нь барилга байшин, хаалт хашлага байгаатай холбоотой юм. Харин 35/10 кВ-ын дэд станцын орчинд ЦСО-ны хүчлэгийн утгууд зөвшөөрөгдөх дээд

хязгаарын утгаас эрс бага гарсан байна. 110 ба 35 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны хүчлэгийн утгууд зөвшөөрөгдөх утгаас эрс их гарсан ба харин троллейбусны 600В-ын агаарын шугамын орчны ЦСО-ны хүчлэгүүд зөвшөөрөгдөх утгаас эрс бага байна.

**5.** Нийслэл хотын орчны ЦСО-ны параметрууд болох цахилгаан орны хүчлэг (E), соронзон орны индукц (B) болон соронзон орны хүчлэг (H) орны агаарын чанарын үзүүлэлтүүдээс хамаарах зүй тогтол байгаа эсэхийг судлах зорилгоор математик статистикийн корреляцын ба регрессийн шинжлэлийн аргуудыг ашиглаж корреляцын матриц ба регрессийн загваруудыг байгуулж тэдгээрийн үнэмшил (нарийвчлал)-ийг холбогдох онолын шинжүүрүүд (Фишерийн F, олон хэмжээст корреляцын коэффициент)-ээр шалгасан болно. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд дүүргүүдийн нутаг дэвсгэр дээрх үйлчилгээний байгууллагуудын орчны ЦСО-ны параметрууд болон агаарын чанарын үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарлын корреляцын матрицын хос корреляцын коэффициентууд ихэнх тохиолдолд 0.4-оос бага гарсан нь дээрх үзүүлэлтүүдийн хоорондын харилцан хамаарлын талаар тодорхой зүй тогтол харагдахгүй байна.

**6.** Хэдийгээр корреляцын шинжлэлээр дээрх параметруудийн хооронд тодорхой зүй тогтол ажиглагдахгүй байгаа ч тэдгээрийн регрессийн шугаман ба шугаман биш загваруудыг дүүрэг тус бүрээр байгуулж Фишерийн F шинжүүр болон олон хэмжээст корреляцын коэффициент (R)-оор шалгасан юм. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд бидний байгуулсан ЦСО-ны параметруудийн шугамын загваруудын үнэмшил дээрх шинжүүрүүдээр хангалттай үр дүн өгөхгүй байгаа ба харин шугаман биш загварууд, олон хэмжээст корреляцын коэффициентын шинжүүрээр хангалттай үнэмшилтэй гарч байна. Иймд бид цаашдын судалгаанд эдгээр шугаман биш загваруудыг ашиглах боломжтой.

7. Бидний авч үзсэн нийтийн үйлчилгээний болон эрчим хүчний объектуудаас ЦСО-ны хүчдэлийн параметруудийн утга хамгийн их өндөр байгаа нь өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугам ба дэд станцууд байв. Ийм учраас эдгээр объектуудын ЦСО-ны хүчдэлийг тодорхойлох тооцооны аргачлалыг боловсруулж улмаар энэ аргачлалын дагуу өндөр хүчдэлийн ЦДАШ болон дэд станцуудын цахилгаан орны (E) ба соронзон орны хүчлэг (H)-ийг янз бүрийн зайд тодорхойлсон юм. Бидний тооцооны үр дүнгүүд хэмжилтийн үр дүнгүүдтэй ойролцоо гарсан нь боловсруулсан аргачлалын үнэн зөвийг баталж байна.

8. Цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийн орчинд потенциалын утга, гүйдэлтэй хэсгүүд болон цахилгаан орны хүчлэгээр бий болдог хүрэх хүчдэл, алхамын хүчдэл нь хүн ба амьд организмд аюултай байдлыг учруулдаг тул тэдгээрийг зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байгаа эсэхэд хяналт тавих шаардлага тавигддаг. Энд ихэвчлэн хүрэх хүчдэл алхамын хүчдэлээс их байдаг тул цахилгааны аюулгүй байдлын нөхцлийн нормчлолын практикт хүрэх хүчдэлийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээг зааж өгсөн байдаг. Ийм бид цахилгаан орны хүчлэгийн утгаар хүрэх хүчдэлийг тодорхойлж улмаар түүний утга зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байгаа эсэхэд дүн шинжилгээ хийдэг. Ийм учраас 110/35/10 кВ-ын болон 35/10 кВ-ын дэд станцууд, 110 ба 35 кВ-ын ЦДАШ-ын орчинд хүрэх хүчдэл, алхамын хүчдэлийг тодорхойлсон юм. Тооцооны үр дүнгээс үзэхэд 110/35/10 кВ-ын дэд станц ба 110, 35 кВ-ын шугамын орчны хүрэх хүчдэл ихэнх тохиолдолд зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс их гарч байна. Харин 35/10 кВ-ын дэд станц болон троллейбусны 600 В-ын шугамын орчны хүрэх хүчдэл зөвшөөрөгдөх утгаас эрс бага гарч байна. Ийм хүрэх хүчдэл их байгаа объектуудын хувьд түүнийг багасгах хамгаалалтын арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай юм.

## СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮНГЭЭС ГАРАХ ЗӨВЛӨМЖ

1. Цахилгаан соронзон орны үйлчлэлийн нөлөөллийг багасгахын тулд түгээмэл хэрэглэгддэг арга хэмжээ бол янз бүрийн хэлбэр (хоёр параллель ялтсан халхавч, дагуу орон дэх цилиндр халхавч, хөндлөн орон дахь цилиндр халхавч)-үүдийн халхавчийг хэрэглэх явдал юм. Ийм учраас шигүү байрласан хэд хэдэн объектуудын цахилгаан соронзон орны нөлөөллийг багасгахын тулд металл халхавчийг хэрэглэх шаардлагатай.

Халхавчийн металлын төрөл, хэлбэр, хэмжээг тодорхойлохын тулд бие даасан судалгаа тооцоо шаардагддаг.

2. Үйлчилгээний ажиллагсдыг ажиллаж буй цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон орны хүчлэгийн үйлчлэлээс хамгаалах асуудал нь хүний хүрээлэн буй орон зай дахь орны хүчлэгийг зөвшөөрөгдөх утга хүртэлх нормоор багасгах ба цахилгаан соронзон оронд хүний байх хугацааг хязгаарлах замаар хангагддаг. Ийм учраас зайлшгүй шаардлагатай хамгаалах хэрэгсэлээр хангах хэрэгтэй. Хамгаалах хэрэгсэлд юуны өмнө хамгаалалтын хэрэгсэл (бүрээсийн хуудас) ба тусгай хувцасны иж бүрдэл (халхавчлагч костюм) байдаг. Халхавчлагч костюм цахилгаан тоног төхөөрөмжийн ажлын үед 60 кВ/м хүртэлх хүчлэгтэй цахилгаан орны үйлчлэлээс хамгаалж чаддаг тул зайлшгүй шаардлагатай үйлчилгээний ажилчдыг халхавчлагч костюмаар хангаж өгөх хэрэгтэй. Халхавчлагч торны хэлбэрт хийгдсэн тусгаарласан бичил дамжуулагчийг агуулсан гүйдэл дамжуулдаггүй тусгай нэхээсэн эдлэл бүхий хувцас байдаг. Түүнийг ажиллагсдад хэрэглүүлэх нь илүү үр дүнтэй болно.

3. Бүрээсийн хуудас нь цахилгаан тоног төхөөрөмжийн байнгын ба түр зуурын ажлын байранд цахилгаан соронзон орны үйлчлэлээс ажиллагсдыг хамгаалах бүх нийтийн хүртээмжтэй хэрэгсэл байдаг. Энд ихэвчлэн нүцгэн шин ба дэд станцын 0,4; 6; 10 кВ-ын утаснуудыг бүрээсийн

хуудсаар тусгаарладаг. Ийм тусгаарлагч хамгаалалтын полимер маягын бүрээсийн хуудсыг БНХАУ-д өргөн хэмжээгээр үйлдвэрлэдэг ба манай улсын “Эрдэнэт” уулын баяжуулах үйлдвэрийн төв байрны цуглуулагч шин ШР-5-8-аас гарсан 6 кВ-ын шин болон 0,4 кВ-ын цуглуулагч шинүүдийг полимер тусгаарлагчаар бүрсэн болно. Эдгээр полимер тусгаарлагчийг лабораторийн нөхцөлд үйлдвэрийн давтамжтай өндөржүүлсэн хүчдэлээр туршихад 6 кВ-ын полимер тусгаарлагч 24 кВ-ын, 0.4 кВ-ын полимер тусгаарлагч 9 кВ-ын хүчдэлийг дааж байв. Ийм учраас цахилгаан соронзон орны хүчлэг зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс хэт давсан (олон дахин) тоног төхөөрөмжүүдийн нүцгэн шин ба утаснуудыг эхний ээлжинд ийм маягын тусгаарлагчаар бүрэх шаардлагатай юм. Дээрх бүрээсийн хуудсаар бүрсэний дараа цахилгаан ба соронзон орны хүчлэг 1.5 дахин буурдаг болно. Ингэж бүрсэнээр зөвхөн цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгийг бууруулах төдийгүй мөн хүрэх хүчдэлийг багасгаж аюулгүй байдлыг эрс дээшлүүлж өгдөг болно.

**4.** Реле хамгаалалт, автоматик ба удирдлагын төхөөрөмжийн хамгаалалтын хэлхээний газардуулгыг тоног төхөөрөмж тус бүрд бие даасан байдлаар тус тусад нь гүйцэтгэх хэрэгтэй. Ингэснээрээ тухайн тоног төхөөрөмжид бусад хэлхээнд бий болсон цахилгаан соронзон нөлөөллийн үйлчлэл бий болохгүй байх боломжийг бүрдүүлж өгнө.

**5.** Электрон ба микропроцессорын төхөөрөмжүүдийг цахилгаан соронзон орны нөлөөллөөс бүрэн хамгаалахын тулд тухайн төхөөрөмжийн их биеийг тугалган ялтсан хуудсаар бүрдэг туршлага олон улсын практикт өргөн нэвтэрсэн байдаг. Иймд тус станцын өндөр хариуцлагатай реле хамгаалалт, автоматикийн микропроцессорын төхөөрөмжүүдийг ингэж тоноглоход найдвартай ажиллагааг дээшлүүлэх нөхцөл бүрдүүлнэ.

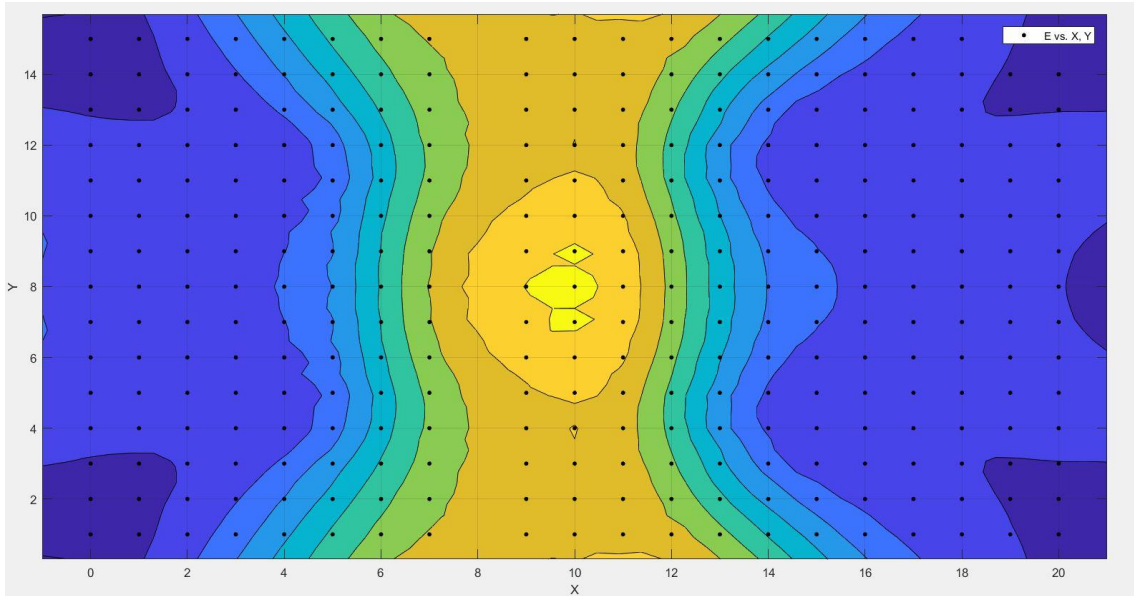
Цахилгаан станцын үндсэн цахилгаан тоног төхөөрөмжүүд болон реле хамгаалалт, автоматикийн төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон төлөв



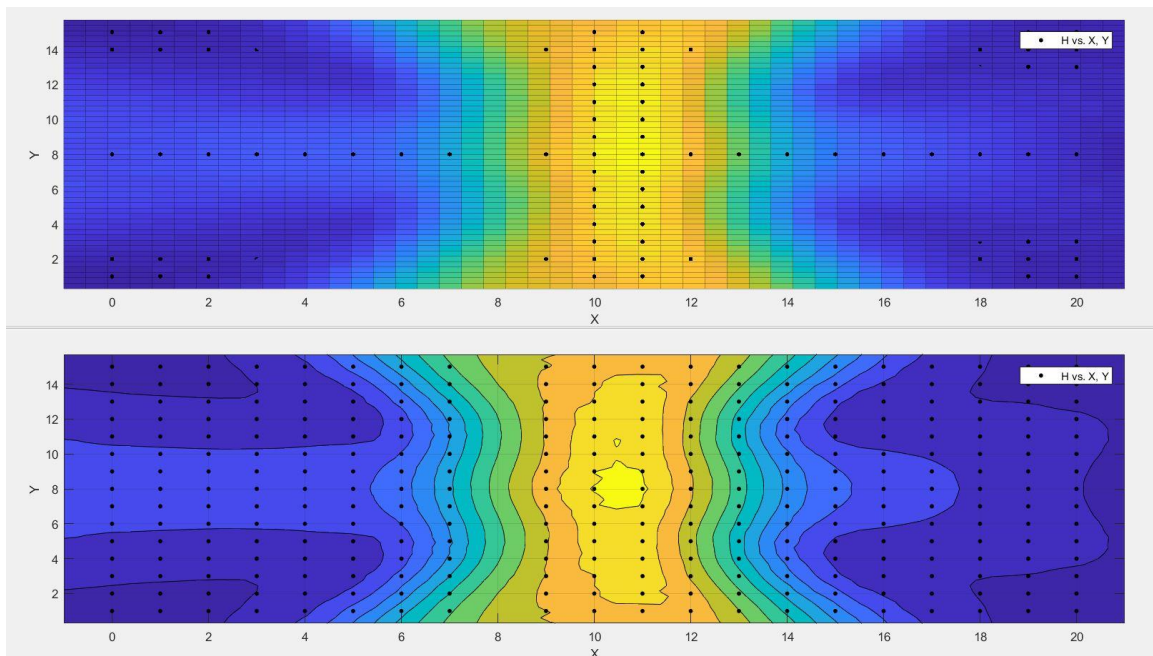
байдал ба нийцэлтийг зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байгаа, эсэхийг хянаж байх зорилгоор жилд нэг удаа хэмжиж тайлангийн хавсралтад үзүүлсэн хэмжилтүүд болон протоколыг бөглөж дүн шинжилгээ хийж байх шаардлагатай юм.

# ХАВСРАЛТ 1

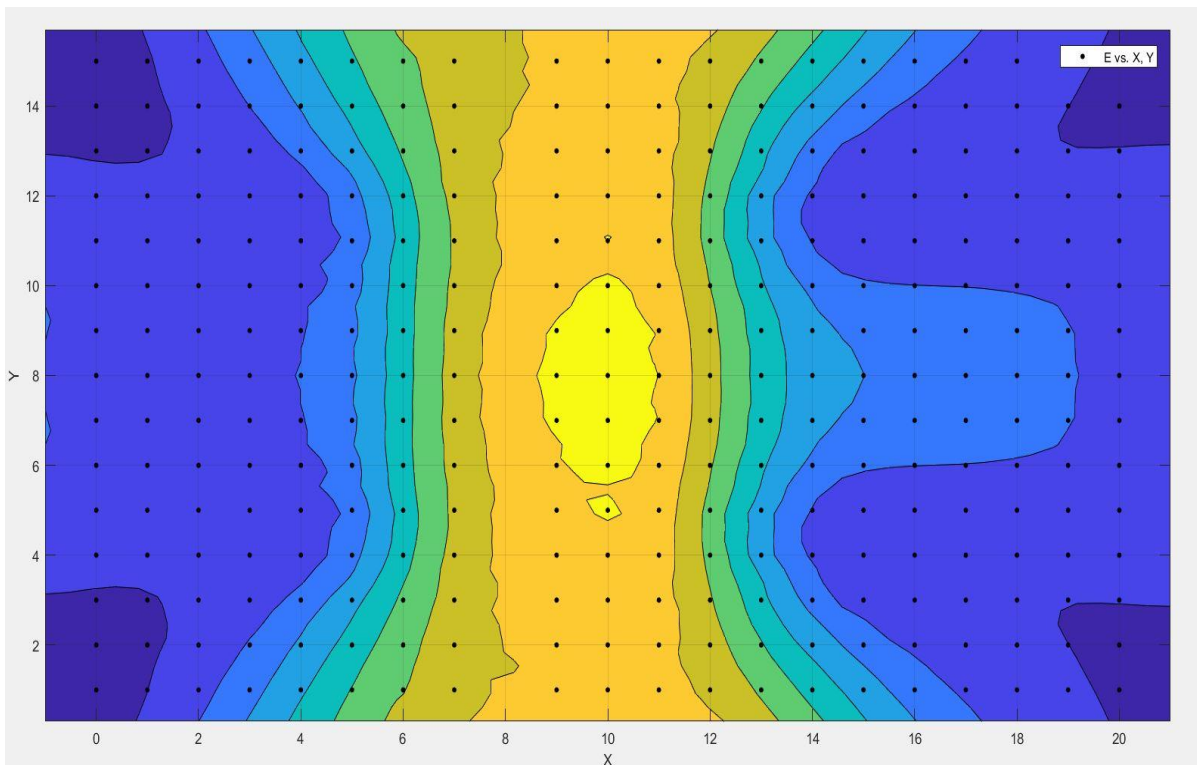
## ЦДАШ-ЫН ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫ ТАРХАЛТ



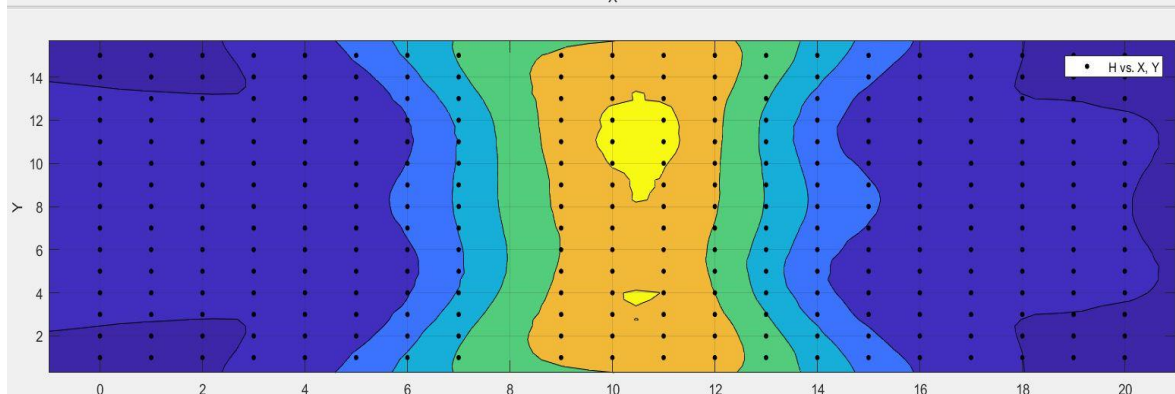
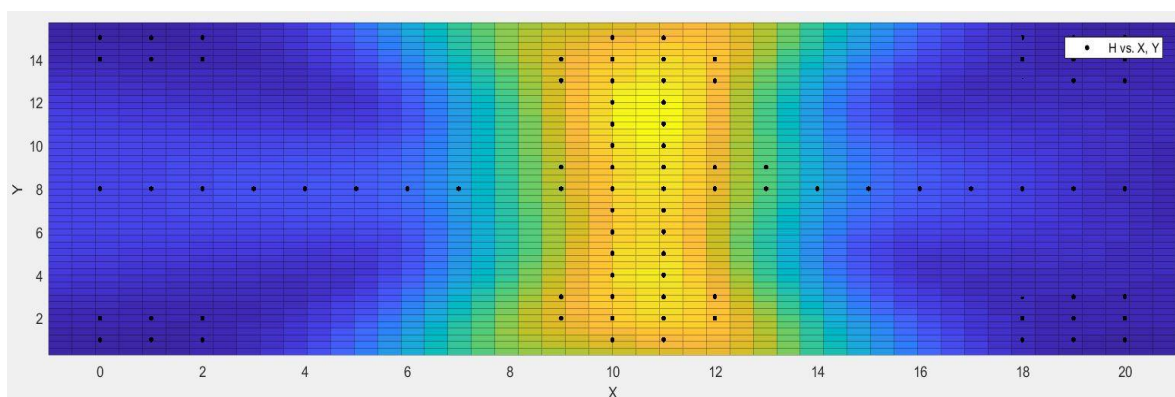
Зураг Х1.1. 35кВ-н ЦДАШ-н цахилгаан орны хүчлэгийн тархалт



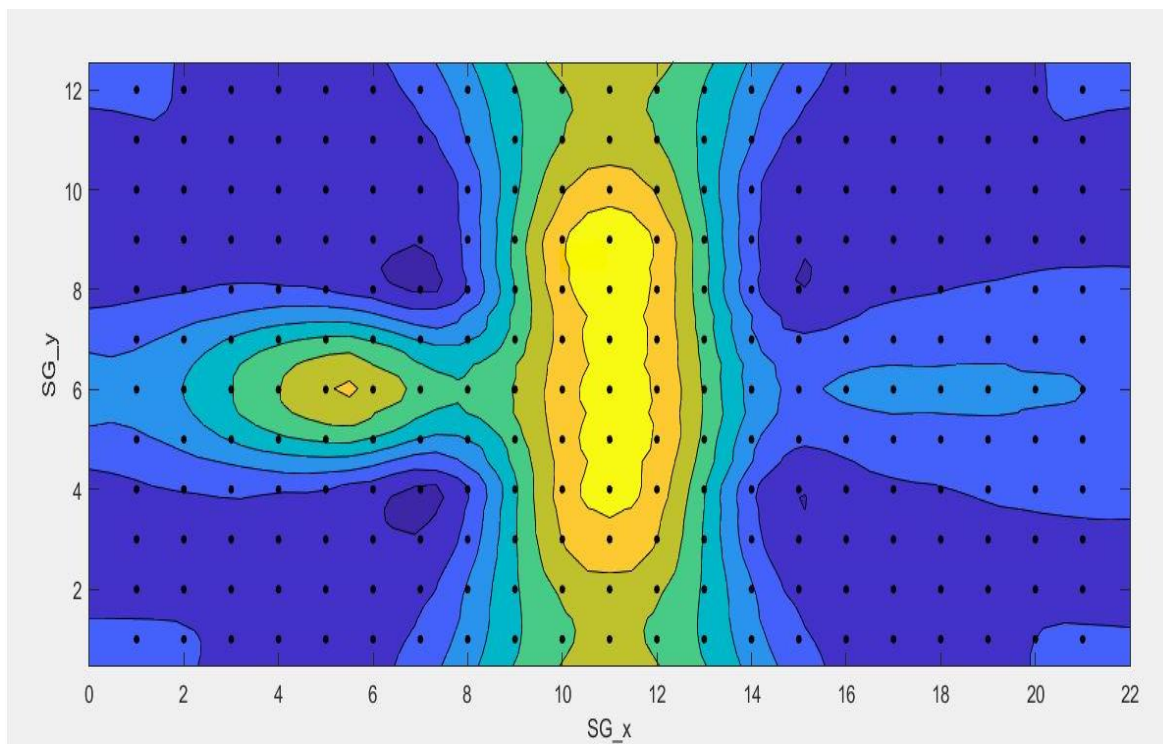
Зураг Х1.2. 35кВ-н ЦДАШ-н соронзон орны хүчлэгийн тархалт



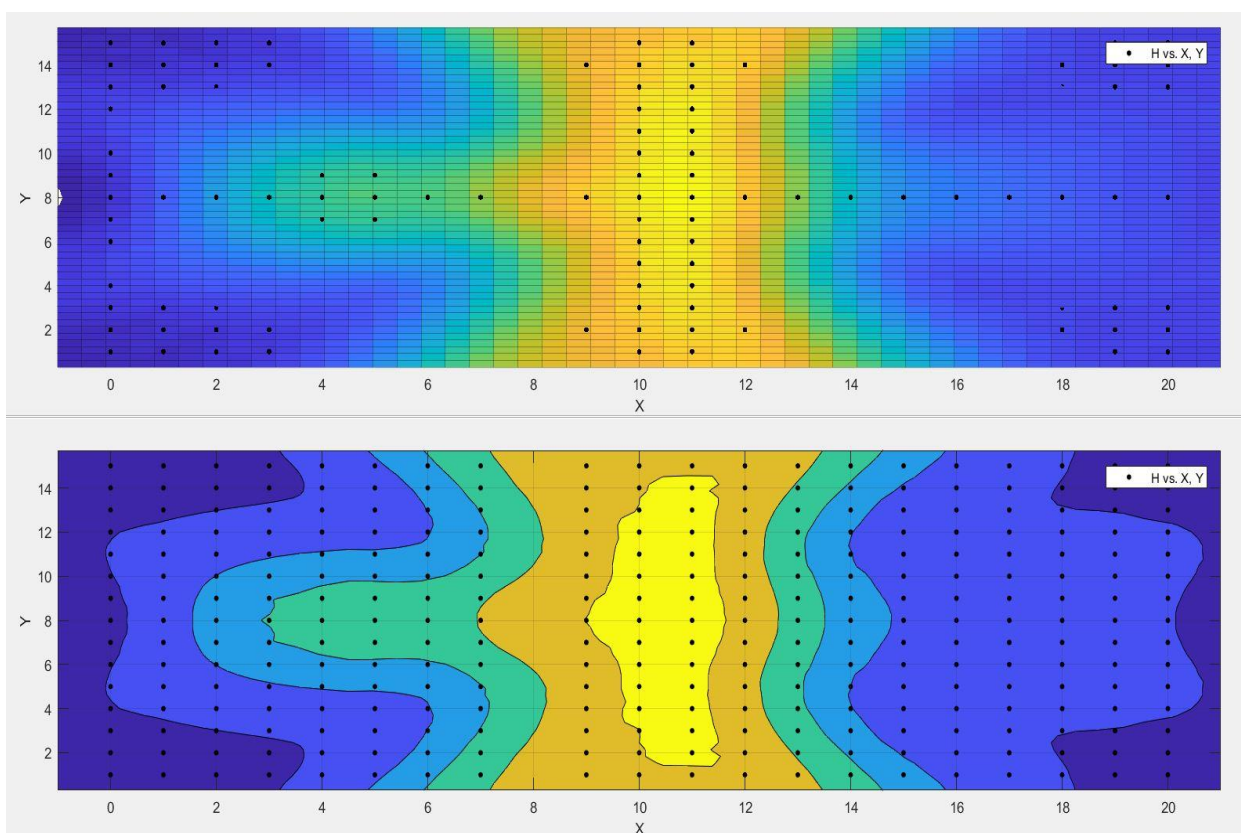
*Зураг XI.3. 110кВ-н ЦДАШ-н цахилгаан орны хүчлэгийн тархалт*



*Зураг XI.4. 110кВ-н ЦДАШ-н соронзон орны хүчлэгийн тархалт*



Зураг XI.5. 220кВ-н ЦДАШ-н цахилгаан орны хүчлэгийн тархалт

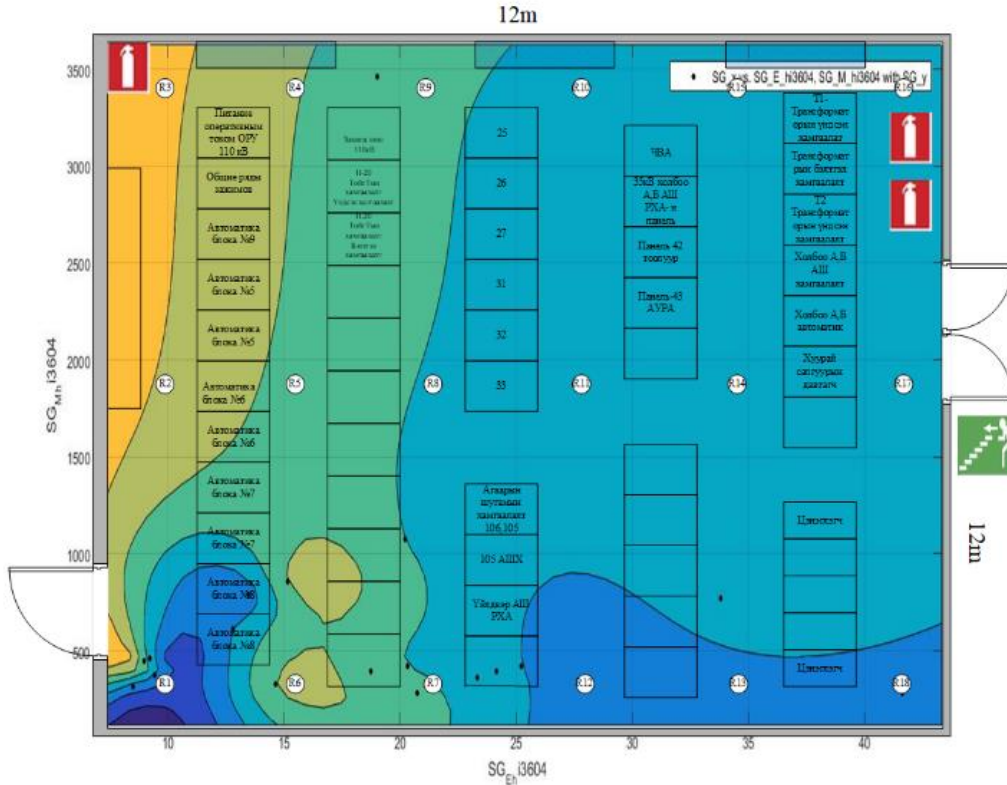


Зураг XI.6. 220кВ-н ЦДАШ-н соронзон орны хүчлэгийн тархалт

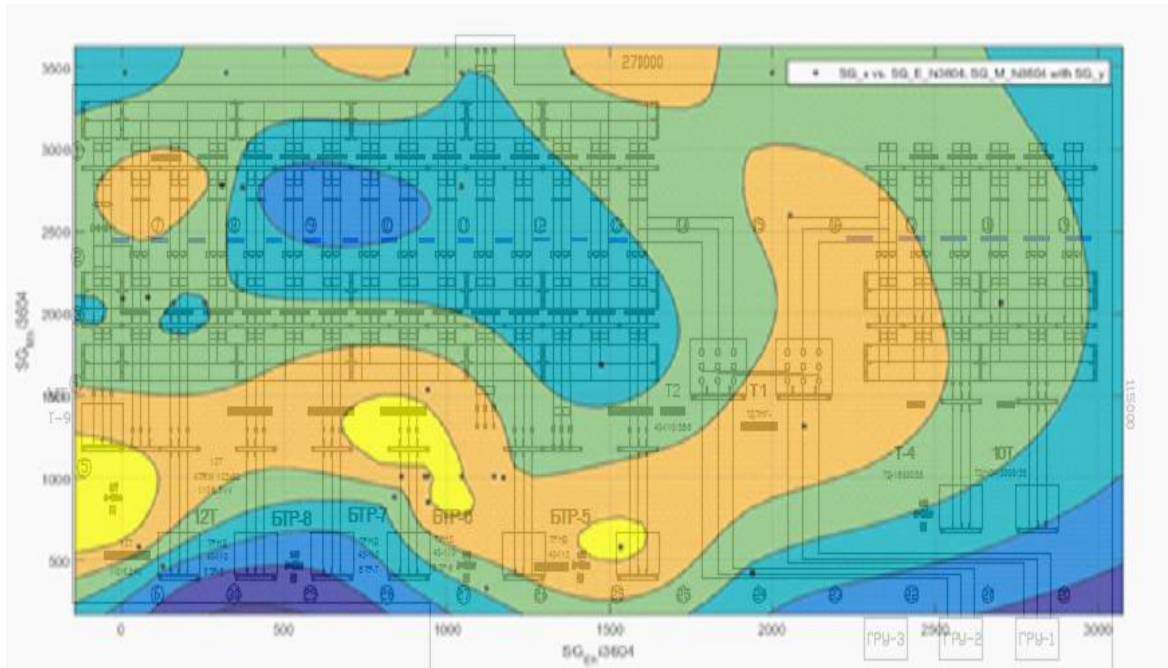


## ХАВСРАЛТ 2

### ЦАХИЛГААН СТАНЦЫН ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫ ТАРХАЛТ



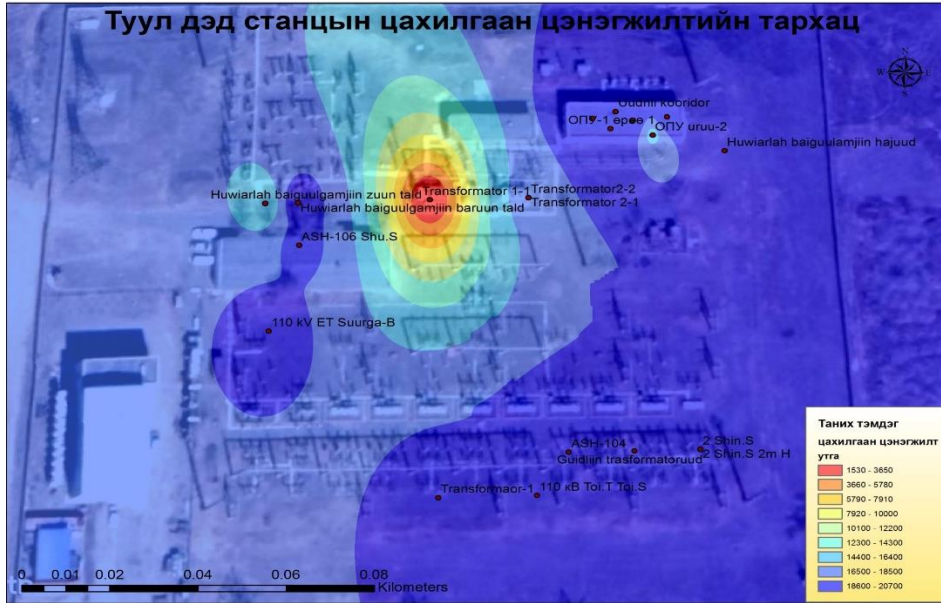
Зураг Х2.1. ЦС-ын удирдлагын хэсгийн соронзон орны хүчлэгийн тархалт



Зураг Х2.1. ЦС-ын ИХВ орчмын соронзон орны хүчлэгийн тархалт

### ХАВСРАЛТ 3

## ДҮҮРГИЙН НУТАГ ДЭВСГЭРИЙН ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫ ТАРХАЛТ



Зураг Х3.1. ДС-ын станцын цахилгаан соронзон орны хүчлэгийн тархалт



Зураг Х3.2. Дүүргийн нутаг дэвсгэрийн цахилгаан соронзон орны хүчлэгийн тархалт

## АШИГЛАСАН НОМ ЗОХИОЛ

1. Артемов И.Е. Влияние современной антропогенной деятельности на природную среду и климатические особенности Урала / И. Е. Артемов // Использование и охрана природ. ресурсов в России. – 2006, №1. – с.98-104.
2. Битюкова В.Р. Экологическая безопасность как фактор качества жизни и социального развития регионов России // Межрегиональный экологический форум «Человек. Экология. Здоровье». - Барнаул, 2004. - с.161-163.
3. Борисов Б.М. К вопросу об оценке состояния здоровья населения в условиях антропогенного загрязнения окружающей среды. // Экология промышленного производства. 1999. №1. - с.3-6.
4. Булгаков Н.Г. Технология регионального контроля природной среды по данным биологического и физико-химического мониторинга. // Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Москва, МГУ, 2003. – 270 с.
5. Быстрова А.К. Экология и капиталистический город. М.: Н., 1980.- 173 с.
6. Кубанов В.П., Маслов О.Н., Сподобаев Ю.М. Электромагнитная экспертиза – независимость и компетентность. // Телекоммуникационное поле регионов, № 3, 1999. – с. 22-25.
7. Маслов М.Ю. Численный анализ электромагнитной обстановки в офисном помещении. // Вестник СОНИИР №1, 2004. – с.162 – 168.
8. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. – М.: Радио и связь, 2000. – 239 с.
9. Григорьев Ю.Г., Степанов В.С., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитная безопасность человека. Справочно-

- информационное издание. – М.: Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения, 1999. – 151 с.
10. Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза. Практика: учеб. пособие - М.: Аспект Пресс, 2005. – 286 с.
  11. Кузнецов А.Н. Биофизика электромагнитных воздействий (основы дозиметрии). – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 80 с.
  12. Суворов Г.А., Пальцев Ю.П., Хунданов Л.Л. и др. Неионизирующие электромагнитные излучения поля (экологические и гигиенические аспекты). / Под общей ред. Н.Ф. Измерова. – М.: Изд-во «Вооружение. Политика. Конверсия», 1998. – 110 с.
  13. Иванов В.А. Система управления промышленной безопасностью. // Экология и промышленность России. - 2005. - №6. - Спец. вып.: Природоохранная деятельность химического предприятия.
  14. Кузнецов А.Н. Биофизика низкочастотных электромагнитных воздействий. Учебное пособие. – М.: МФТИ, 1994. – 90 с.
  15. Нипольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1989. – 544 с.
  16. Нипольский В.В. Теория электромагнитного поля. Изд-е 3-е. М., Высшая школа, 1964. – 384 с.
  17. Soshnikov A., Migalyov I., Titov E. Principles of functioning of technological module for danger estimation of combined engineering field // Procedia Engineering. 2016. № 165.
  18. Володина Н.А., Карякин Р.Н., Куликова Л.В., Никольский О.К., Сошников А.А. и др. Основы электромагнитной совместимости. Барнаул: ОАО « Алтайский полиграфический комбинат », 2007.
  19. Грачёв Н.Н., Мырова Л.О. Защита человека от опасных излучений. – М.: Изд-во Бином. Лаборатория знаний, 2005.



20. Сошников А.А., Титов Е.В. Оценка эффективности и перспективы интегрированного контроля электромагнитных излучений // Ползуновский вестник. 2014, №4.
21. Titov E., Migalyov I. The technology of electromagnetic radiation danger estimation using the hardware – software module / МАТЕС web of Conferences 102. 2017
22. Сошников А.А., Никольский О.К., Воробьев Н.П., Титов Е.В., Мигалёв И.Е. Электромагнитная безопасность технологических процессов АПК. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012.
23. Сошников А.А., Мигалёв И.Е., Титов Е.В. Мобильная система интегрированной оценки опасности электромагнитных излучений. Электротехник. №12, 2018.
24. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях. 2003.
25. Шваб А. Электромагнитная совместимость: Пер.с нем. В.Д.Мазина и С.А.Спектра. -2-е изд., перераб. и доп./Под ред. И.П.Кужекина. М.:Энергоатомиздат, 1998. – 480 с.
26. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы её обеспечения в технике: Пер.с нем. И.П.Кужекина / Под ред. Б.К.Максимова. М.:Энергоатомиздат, 1995. – 304с.
27. Кармашев В.С. Электромагнитная совместимость технических средств: Справочник М.:изд-во, Норт, 2001.
28. Овсянников А.Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. Новосибирск: изд-во НГТУ, 2002.
29. Jasper. J. G.: Electromagnetic compatibility (EMC). Phys. Technol. (GB), Vol.18(1987) №2, p.61-67.
30. Miiler, K.O.: Kommerzielle EMV-Normen und zulassungstimmungen fiiz “Europa 92”. Mikzowellen & HFMagazin 16 (1990) H.I, S.58-61.

31. Goldberg. G.: Status of the standardization work on EMC in IEC, CENELES and other Organizations Proc. Of the Tenth Int. Wroclaw Symposium on EMC, June 26-29, 1990, pp.919-923.
32. Richtlinie des Rates vom 03.05.1989 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (89/336/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. 2139/19 vom 23. Mai 1989.
33. Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях. СО34.35.311-2004. НПФ.ЭЛНАП.
34. Теоретические основы электротехники. 4-е издание, дополненное. Учебник для вузов. Том 3.-СПб.: Питер, 2004. – 377 с.
35. Манойлов В.В. Основы электробезопасности. –Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 384 с.
36. Н. Дрейпер, Г. Смит. Прикладной регрессионный анализ. В 2-х кн. Кн. 2/Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 351 с.
37. Д. Содномдорж. Инженерийн судалгааны математик аргууд. Нэг сэдэвт бүтээл. Улаанбаатар, 2009. – 377 хх.
38. Д. Содномдорж. Цахилгаан эрчим хүчний системийн горимын цогцолбор судлал ба математик загварчлал. Шилмэл бүтээл. Улаанбаатар, 2012. – 69 хх.
39. Электрическая часть станций и подстанции: учеб. для вузов / А.А. Васильев, И.П. Крючков, Е.Ф. Наяшкова и др. Под ред А.А. Васильева. – 2-е изд., перераб. и под. – М.: Энергоатомиздат, 1990, - 576 с: ил.
40. Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М. Д58. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем:

Монография / В.Н. Довбыш, М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев. –  
Самара, ООО «ИПК Содружество», 2009. – 198 с.

**“Эрдмийн чуулган-2019” Эрчим хүчний сургуулийн профессор  
багш нарын эрдэм шинжилгээний хурлын хөтөлбөр**

**2019 оны 02 дугаар сарын 18, Даваа гариг**

14:50-15:00 Бүртгэл  
15:00- 15:10 Хурлын нээлт: Проф Ч. Мангалжсалав ШУТИС-ийн ЭХС-ийн  
Захирал

Баянхонгор аймгийн 2018-2030 он хүртэлх цахилгаан  
хангамжийн ачааллын хэтийн төлөвийн таацыг тодорхойлох  
судалгаа  
*Илтгэгч: Академич Д.Содномдорж, магистр П.Эрхэмтөр*

Цахилгаан тоолуурын мэдээлэл цуглуулах, протокол хөрвүүлэх  
төхөөрөмжийн техник хангамжийн судалгаа  
*Илтгэгч: магистр М.Цолмон, Доктор Бя.Бат-Эрдэнэ, Доктор  
Б.Билгүүн, С.Батсуурь, Б.Чингүүн*

Улаанбаатар хот орчмын газардуулах байгууламжийн улирлын  
коэффициент тодорхойлох судалгаа  
*Илтгэгч: магистр Я.Содбаяр, магистр Ц.Эрдэнэтуяа*

Усны цахилгаан чанарыг цахилгалтын гэрэлээр нь судлахуй  
*Илтгэгч: Доктор, дэд проф С.Эрдэнэтуяа*

Монгол орны аянгын идэвхжилийн бүсчлэл ба аянга  
хамгаалалтын тооцооны үзүүлэлтүүд  
*Илтгэгч: Магистр Ц.Эрдэнэтуяа, Доктор Г.Бэхбат, Магистр  
Я.Содбаяр*

Гурван фазын асинхрон хөдөлгүүрийн соронзон оронд  
суурилсан удирдлагын судалгаа  
*Илтгэгч: Магистр Ч.Рэнчиндорж, Магистр Ж.Ням*

Эрчим хүчний чадлын зах зээлийн математек загварчлал,  
диспетчерийн төлөвлөлт  
*Илтгэгч: Доктор Б.Загдхорол, Б.Цэцгээ, Б.Батчимэг*

Хүрээлэн буй орчны цахилгаан соронзон бохирдол  
*Илтгэгч: М.Баттулга, Доктор, дэд профессор Б.Бат-Эрдэнэ*  
Улаанбаатар хот орчмын хөрсний хувийн эсэргүүцлийн мужлал

Улаанбаатар хот орчмын хөрсний хувийн эсэргүүцлийн мужлал  
*Илтгэгч: магистр Я.Содбаяр, магистр Ц.Эрдэнэтуяа*

17:00-17:10 Хурлын хаалт: ЭНБД Доктор Г.Бэхбат



# ЭРЧИМ ХҮЧ & engineering



## ОНЦЛОХ ӨГҮҮЛЭЛ:

- ✓ Эрчим хүчний аудитын зарим сургамж
- ✓ Хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах асуудалд
- ✓ Турбины жигд бишийн зэргээр цахилгаан ачааллыг оновчтой хуваарилах, станцын ашигт ажиллагааны симуляци загвар
- ✓ Эрчим хүчний салбарын спортын их наадмын цомыг "ЦДҮС" ТӨХК-ийн хамт олон өргөлөө.

2019-7(185)



**1. АЛБАН БАРИМТ БИЧИГ, МЭДЭЭЛЭЛ:**

Үйл явдлын товчоон ..... 3  
 "Цахилгаан тоноглол суурилуулалтын гарын авлага" номын нээлт боллоо ..... 8  
 "БЗӨБЦТС" ТӨХК: Шуурхай ажиллагааны ажилтнуудын дунд ажлын байрны дасгал сургалтыг зохион байгуулсан туршлага ..... 10  
 ДҮТ-ийн Ерөнхий диспетчер Б.Баатартай редакторын хийсэн "Ухаалаг сүлжээ байгуулахад ДҮТ хамгийн чухал үүрэг хүлээдэг учир бүгдээс түрүүлж алхах хэрэгтэй байна" ярилцлага ..... 13

**2. САЛБАРЫН ТУЛГАМДСАН АСУУДАЛ:**

Ж.Доржпүрэв. Хүлэмжийн хийн ялгарлыг бууруулах асуудалд ..... 19  
 Ш.Баярсайхан. Монголын үндэсний цахилгааны стандартыг боловсруулах тухай (танилцуулга) ..... 23  
 Ш.Бадамцэцэг. Эрчим хүчний шугам сүлжээний компаниудад хөрөнгийн удирдлагын систем нэвтрүүлсэн олон улсын туршлагын тухай ..... 29

**3. ШИНЭ ТЕХНИК, ТЕХНОЛОГИ:**

Ц.Батжаргал нар. Цементээр бэхжүүлсэн авто замын сууринд хаягдал үнс ашиглах нь ..... 34  
 М.Баттулга нар. Цахилгаан эрчим хүчний объектуудын цахилгаан соронзон орныг тодорхойлох аргачлал ..... 38

**4. ЭДИЙН ЗАСАГ, ЗАХ ЗЭЭЛ, МЕНЕЖМЕНТ:**

Г.Лувсан. Эрчим хүчний аудитын зарим сургамж ..... 43  
 Д.Ганбат. Турбины жигд бишийн зэргээр цахилгаан ачааллыг оновчтой хуваарилах, станцын ашигт ажиллагааны симуляци загвар ..... 47

**5. ИНЖЕНЕРИЙН СОНИРХОЛД:**

Ц.Батбилэг нар. GPS ашигласан хяналт удирдлагын систем ..... 51  
 Ц.Өнөрмаа. Эрхэм хүндэт багш нарынхаа мэлмий дор мөргөмүү (дурсамж) ..... 54  
 Эрчим хүчний салбарын спортын их наадмын цомыг "ЦДҮС" ТӨХК-ийн хамт олон өргөлөө ..... 58



Эрчим хүч инженерийн сургууль: өргөтгөлийн 5-н давхар 1510, “Эрчим хүч & Engineering” сэтгүүл,  
 E-mail: enkhjargal@must.edu.mn, am.za36@yahoo.com, zunduisuren\_e@yahoo.com  
 Утас: 80405500, 99119896, 99133699, 323579  
 Факс: 976-11-323579  
 Сэтгүүлийг үндэслэгч: МУ-ын төрийн соёрхолт, док, д/проф Харнууд овогт Чойнямын Зундуйсүрэн,  
 Академич Халтарын Энхжаргал  
 “Адмон” ХХК-ийн хэвлэлийн үйлдвэрт хэвлэв.



## ЦАХИЛГААН ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ОБЪЕКТУУДЫН ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫГ ТОДОРХОЙЛОХ АРГАЧЛАЛ



Зохиогчийн танилцуулга. **Мөнхбаатарын Баттулга нь** 1989 онд Баянхонгор аймгийн Баянговь суманд төрсөн. 1996 -2006 онд Баянхонгор аймгийн 10 жилийн 1-р дунд сургуулийг төгсөж, 2006 -2010 онд ШУТИС-ийн ЭХИС-ийн Цахилгаан системийн автоматжуулалтын мэргэжил эзэмисэн. 2012 онд ШУТИС-ийн ЭХИС-д магистрын зэргийг “Дэд станцын реле хамгаалалт, автоматикийн төхөөрөмжийн цахилгаан соронзон нийцүүлэлт” сэдвээр хамгаалж, судалгааны ажлаа үргэлжлүүлэн ЭХС-ийн докторантаар суралцаж эрчим хүчний объектуудын орчны цахилгаан соронзон орны судалгааг гүйцэтгэж байна. Судалгааны ажлын үр дүнгээр олон улсын эрдэм шинжилгээний бүтээлд 5, дотоодын эрдэм шинжилгээний сэтгүүлд 9 өгүүлэл бичиж хэвлүүлсэн ба олон улсын эрдэм шинжилгээний хуралд 7, дотоодын эрдэм шинжилгээний хурал болон семинарт 3 удаа хэлэлцүүлсэн болно. 2010-2011 онд “Эрчим” ХХК-д инженер, 2011 оноос эхлэн ШУТИС:ЭХС-ийн Цахилгаан Техникийн Салбарын дадлагажигч багш, багш, ахлах багшаар ажиллаж байна.

**Хураангуй:** Монгол улсын эрчим хүчний системийн объектуудын хувьд төдийгүй нийтийн үйлчилгээний газруудад цахилгаан соронзон орныг тодорхойлох аргачлал, дагаж мөрдөх стандарт байхгүй байна. Тиймээс хүн ам ихээр төвлөрсөн Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны тархалтыг судалснаар хүний болон амьд организмд тухайн орон хэрхэн нөлөөлж байгаа ба үйлчлэлийн хэмжээ нь зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байгаа эсэх талаар дүгнэлт хийх боломж бүрдэнэ. Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийг өргөн хүрээнд хамарсан олон арван километр урттай өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугам, 110/35/10кВ-ын болон 35/10-6кВ-ын трансформаторын дэд станцууд маш олон байдаг. Иймд тус объектуудын орчны цахилгаан соронзон цацрагийн хэмжилтийг гүйцэтгэх, нөлөөллийн хэмжээг тодорхойлох аргачлал боловсруулах нь нэн чухал асуудал болсон байна. Энэхүү өгүүлэлд цахилгаан эрчим хүчний объектуудын орчны цахилгаан (E) ба соронзон (H) орны хүчлэгийг “HI-3604 ELF survey meter” маркийн багажаар хэмжиж, өөрсдийн боловсруулсан аргачлалын тооцооны үр дүнгийн талаар өгүүлнэ.

**Түлхүүр үг:** эрчим хүчний объект, цахилгаан дамжуулах агаарын шугам, цахилгаан орон, соронзон орон, орны хүчлэг.

**Удиртгал.** Цахилгаан соронзон долгион нь хангалттай нийлмэл асуудал байдаг ба энэ нь янз бүрийн цахилгаан соронзон үзэгдлүүд, кондуктив ба орны саатлын тархалтын замын болон төрөл бүрийн техник хэрэгслүүдийн цахилгаан соронзон тогтворжилтын асуудлыг багтаадаг. Цахилгаан техник нь өргөн агуулгаараа цахилгаан соронзон үзэгдлийн практик хэрэглээний том салбар бөгөөд практик зорилгоороо цахилгаан соронзон процесс ба цахилгаан соронзон орныг ашиглах боломжийг судалдаг шинжлэх ухаан юм.

Хүний нийгэм, юуны өмнө амьдралын тааламжтай нөхцлийг бий болгоход чиглэгдсэн өөрийн үйл ажиллагааны процессод агаар мандал, усан мандал, биомандал, технологи мандал, цул мандалууд үйлчилж байдаг. Гадаадын геоэкологийн чиглэлээр хийгдсэн олон бүтээлийн дүн шинжилгээний үр дүнд хүрээлэн буй орчны бохирдлын олон хэлбэрүүдийн дотроос эрчим хүчний салбараас бий болж буй бохирдлын нэг өвөрмөц хэлбэр болох цахилгаан соронзон онцлог онцгойлон тэмдэглэсэн байна. Энэ бохирдлын онцлог нь хүрээлэн буй орчны бүх бүрдүүлэгчдэд нэгэн зэрэг нөлөөлдөг [1, 2, 7].



**1. Ондлын хэсэг:** Үйлдвэрийн  $f=50$  Гц давтамжтай ЦДАШ-ын нэгж урттай  $i$  дүгээр утаснаас  $r$  зайд байрлах цэгт  $i$  дүгээр утасны үүсгэх цахилгаан орон  $E_i$  ба түүний толин тусгалын оронг  $E'_i$  дараах байдлаар тодорхойлно [2]:

$$\begin{aligned} E_i(r) &= \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0 r}; \\ E'_i(r) &= \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0(2h_i - r)}, \end{aligned} \quad (1)$$

үүнд:  $q_i$ - $i$  дүгээр дамжуулагчийн эквивалент цахилгаан цэнэг;  $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$  Ф/М-агаарын цахилгаан тогтмол;  $h_i$ -тулгуурын газрын гадаргуугаас дээд талын траверс хуртэлх зай, м.

Энэхүү (1) илэрхийлэлд төгсгөдөг урттай цилиндр хэлбэртэй жинд тархсан цэнэглэгдсэн биений цахилгаан орон гэж төсөөлөгдөнө. Цахилгаан соронзон орон (ЦСО)-ны тооцоонд дээрх хоёр орны хүчлэгийг хоёуланг тооцох хэрэгтэй. Тэгвэл нийлбэр цахилгаан орныг  $r$  цэгт дээрх хоёр тэгшитгэлийн алгебр нийлбэрээр тодорхойлогдоно:

$$E_{i\Sigma} = E_i + E'_i = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0} \left[ \frac{1}{r} + \frac{1}{2h_i - r} \right], \quad (2)$$

Хэрэв энэ илэрхийллээс  $[a; 2h_i - a]$  мужид интеграл авбал  $r$  цэг дэх потенциалын ялгавар гарна:

$$U_i = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0} \int_a^{2h_i - a} \left[ \frac{1}{r} + \frac{1}{2h_i - r} \right] dr, \quad (3)$$

үүнд:  $a$  - дамжуулагч утасны радиус, мм.

Зохих математик хувиргалт хийсний дараа (3) илэрхийлэл дараах хэлбэртэй болно:

$$U_i = \frac{q_i}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_i - a}{a}, \quad (4)$$

Энэ илэрхийллийг ашиглан ЦДАШ-ын газартай харьцангуй багтаамжийг олбол:

$$C_i = \frac{q_i}{U_i} = \frac{\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2h_i - a}{a}}, \quad (5)$$

ЦДАШ-ын утасны бэхлэлт (траверс)-ийн өндөр түүний радиусаас олон дахин их  $h_i \gg a$  гэдгийг тооцвол дээрх илэрхийлэл дараах хэлбэртэй болно:

$$C_i = \frac{\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2h_i}{a}}, \quad (6)$$

Энд гурван фазын системийн зөвхөн нэг фазын утасны хувьд авч үзсэн ба бүх фазын хувьд нийлбэр цахилгаан оронг утас тус бүрийн бий болгосон цахилгаан орны геометр нийлбэр байдлаар тодорхойлно:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N (\vec{E}_i + \vec{E}'_i), \quad (7)$$

үүнд:  $E_i$  -  $i$  дүгээр утасны үүсгэх цахилгаан орон;  $E'_i$  - түүний толин тусгалын цахилгаан орон;  $N$ -фазын тоо.

Газрын гадаргуу дээрх  $i$  дүгээр утасны цахилгаан орныг дараах байдлаар олно [4]:

$$\vec{E} = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0 R_i} = \frac{C_i \cdot U_{\Phi} \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{2\pi\epsilon_0 R_i}, \quad (8)$$

үүнд:  $R_i = \sqrt{(x-d_i)^2 + (h_i - z_0)^2}$ ;  $z_0$  - ажиглалтын цэгийн өндөр, м.

Энэ (8) илэрхийлэлд (6) илэрхийллийг тооцвол дараах хэлбэртэй болно:

$$E_i = \frac{U_{\Phi} \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{\ln \frac{2h_i}{a} \sqrt{(x-d_i)^2 + (h_i - z_0)^2}}, \quad (9)$$

Үүнтэй төстэйгөөр утасны толин тусгалын цахилгаан оронг олно:

$$E'_i = \frac{U_{\Phi} \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{\ln \frac{2h_i}{a} \sqrt{(x-d_i)^2 + (h_i + z_0)^2}}, \quad (10)$$

үүнд:  $d_i$ -фазуудын утасны бэхлэлтийн траверсын тулгуурын тэнхлэгээс бэхлэлтийн цэг хүртэлх зай, м.

Цахилгаан орны векторын модулийг косинусын теоремыг ашиглаж олно:

$$|\vec{E}_i + \vec{E}'_i| = \sqrt{(E_i)^2 + (E'_i)^2 + 2E_i E'_i \cos \psi}, \quad (11)$$

үүнд:  $\psi$  -  $E_i$  ба  $E'_i$  векторуудын хоорондын өнцөг:

$$2 \cos \psi = \frac{R_i}{R'_i} + \frac{R'_i}{R_i} - \frac{4h_i^2}{R_i R'_i}, \quad (12)$$

Дээрх (7) томьёоны геометр нийлбэрийг ЦДАШ-ын тулгуурын өгөгдсөн хэв маягт харгалзах утаснуудын харилцан байрлал ба хэлбэр дүрсийн онцлогоос үндэслэн тодорхойлно. Энд (11) томьёонд (9), (10) томьёонуудыг орлуулбал дараах хэлбэртэй болно:

$$\begin{aligned} \vec{E} &= |\vec{E}_i + \vec{E}'_i| = \\ &= \frac{U_{\Phi} \cdot e^{j(i-1)120^\circ}}{\ln \frac{2h_i}{a}} \sqrt{\frac{1}{R_i^2} + \frac{1}{(R'_i)^2} + \frac{2}{R_i R'_i} \cos \psi} \end{aligned} \quad (13)$$

Олон дамжуулагчтай шугамын соронзон орны хүчлэгийн тооцоог дамжуулагчийн гүйдлүүдийн эерэг чиглэлийн сонголтоос эхэлж хийнэ. Учир нь тэдгээрийн толин тусгалд дамжуулагчийн гүйдлүүд хугацааны агшин бүрд эерэг чиглэлтэй байдаг тул гүйдлүүдийн эерэг чиглэлүүдийг эерэг чиглэлтэйгээр сонгоход тохиромжтой ба соронзон орны хүчлэгийн тооцоо энэ тохиолдолд тогтмол гүйдэлтэй байх үеийн тооцооноос ямар ч ялгаагүй байдаг [3].

Дамжуулагч, түүний толин тусгалын бий болгох соронзон орны хүчлэгийг (9), (10) илэрхийллүүдийн адил тодорхойлно:



$$H_i = \frac{I \cdot e^{j(l-1)120^\circ}}{2\pi\sqrt{(x-d_i)^2 + (h_i - z_0)^2}} \gamma, \quad (14)$$

$$H'_i = \frac{I \cdot e^{j(l-1)120^\circ}}{2\pi\sqrt{(x-d_i)^2 + (h_i + z_0)^2}} \gamma, \quad (15)$$

үүнд:  $\gamma = I/2(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)$  – дамжуулагчийн төгсгөлөг уртыг тооцсон коэффициент;

$$\alpha_1 = \arctg \frac{R_l}{h_l}; \alpha_2 = \arctg \frac{R'_l}{l - h_l},$$

үүнд:  $l$  – туглуурын тэнхлэгээс ажиглалтын цэг хуртэлх зай, м.

Соронзон орны векторын модуль:

$$\vec{H} = |\vec{H}_1 + \vec{H}'_1| = \frac{I \cdot e^{j(l-1)120^\circ}}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{R_l^2} + \frac{1}{(R'_l)^2} + \frac{2}{R_l R'_l} \cos \psi} \quad (16)$$

Энд  $2 \cos\psi$ -ийг (12) томъёогоор олно.

**2. Өндөр хүчдэлийн ЦДАШ болон трансформаторын дэд станцын орчны цахилгаан соронзон орны судалгаа.** Нийслэл хотод 110, 35 кВ-ын олон арван км өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугам, 110/35/10 кВ-ын болон 35/10–6 кВ-ын трансформаторын дэд станцууд маш олон байдаг. Эдгээр шугам болон дэд станцуудаас бид төлөөлөл болгон 110 кВ, 35 кВ-ын шугам (103, 104 –р шугам), 110/35/10 кВ-ын “Туул” ба 35/10 кВ-ын “Цэлмэг” дэд станцууд, мөн троллейбусны тэжээлийн шугамыг сонгон авсан юм. Манай орны хувьд төв суурин газруудын 110, 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах шугам нь агаарын шугам, 110/35/10, 35/10 кВ-ын дэд станцууд бүгд ил хуваарилах дэд станц тул нийслэл хотод мөн адил ил байрлалтай байна. Харин хотын 10, 6 кВ-ын шугамууд ихэвчлэн кабель шугамаар хийгдэж зуслан орчмын цөөхөн шугам агаарын шугам байна. Хотын төвийн 10/0.4 ба 6/0.4 кВ-ын бүх трансформаторууд хаалттай дэд станц болно. Иймд шугам, дэд станцын сонголтыг хийхдээ агаарын ил задгай байрлах цахилгаан дамжуулах шугам, мөн ил задгай байрлах цахилгаан дэд станцуудыг авсан ба далд байрлах

*Хүснэгт 1. 110/35/10 кВ-ын Туул 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	Е	В/м	528	709	1024	113	7	8.4
	Н	мА/м	166	420	525	21	13	12
5	Е	В/м	583	855	739	119	9.5	12.4
	Н	мА/м	141	488	361	27	25	10.3
10	Е	В/м	635	417	406	119	14.8	12.2
	Н	мА/м	134	175	133	16	9.9	9.7

кабель шугам болон хаалттай трансформаторын дэд станцуудыг сонгоогүй болно.

Трансформаторын дэд станцын орчинд хэмжилт хийхдээ [4, 6] –д авч үзсэн аргачлалын дагуу дэд станцын эргэн тойронд хэд хэдэн чиглэлээр хэмжилт хийж, чиглэл тус бүрт 2, 5, 10 метрын зайд хэмжилтийг гурав гурван удаа гүйцэтгэж судалгаандаа хамгийн их утгыг авсан болно. Трансформаторуудын дэд станцын орчинд хийсэн хэмжилтийн үр дүнг хүснэгт 1, хүснэгт 2-д харуулав.

*Хүснэгт 2. 35/10 кВ-ын Цэлмэг 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	Е	В/м	1.92	4.73	0.93	1.35
	Н	мА/м	263	122	15	16
5	Е	В/м	2.15	4.5	0.81	1.23
	Н	мА/м	174	150	13	11
10	Е	В/м	1.33	2.65	0.96	1.0
	Н	мА/м	73	24	14	12

110/35/10 кВ-ын дэд станцын орчны цахилгаан болон соронзон орны утгууд нь доор дурьдсан зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утгуудаас нилээд 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  $E_{зху} = 500 \text{ В/м}$ , соронзон орны хувьд  $H_{зху} = 50 \text{ мА/м}$  гэж авсан болно [5]. Харин 35/10 кВ-ын дэд станцын хувьд цахилгаан орны хүчлэг зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утгаас эрс бага, соронзон орны хүчлэг нь их гарч байна. Дээрх дэд станцуудыг тэжээж буй 110 ба 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамд хэмжилт хийхдээ шугамын эгц дор болон түүнээс 2, 5, 10 метрийн зайд хэмжилт хийсэн ба хэмжилтийн үр дүнг хүснэгт 3-д үзүүдэв. Хэмжилтийг хийхдээ газрын

*Хүснэгт 3. 110, 35 кВ-ын цахилгаан дамжуулах агаарын шугамын орчинд хийсэн хэмжилтийн үр дүн*

Хэмжилт хийсэн зай, м	Орны хүчлэг	Хэмжих нэгж	110кВ		35кВ	
			Хэмжилтийн өндөр, м		Хэмжилтийн өндөр, м	
			1.5	2	1.5	2
0	Е	В/м	2923	5550	1477	939
	Н	мА/м	29	135	257	578
2	Е	В/м	5023	3677	3200	1487
	Н	мА/м	74	45	140	156
5	Е	В/м	3285	5383	1230	391
	Н	мА/м	101	96	133	665
10	Е	В/м	-	-	2943	672
	Н	мА/м	-	-	302	91



түвшингээс дээш 1.5м болон 2 метрийн өндөрт тус бүр гурав гурван удаа хэмжиж судалгаандаа хамгийн их утгыг авсан болно.

Троллейбусны тэжээлийн шугамын орчинд хэмжилт хийхдээ мөн шугамын эгц дор ба түүнээс 2, 5, 10 метрийн зайд цэг тус бүрт 1,5 болон 2 метрийн өндөрт гурав гурван удаа хэмжилт хийж судалгаандаа хамгийн их утгыг авсан болно. Хэмжилтийн үр дүнг хүснэгт 4-д харуулав.

Хүснэгт 4, Троллейбусны 600 В-ын хүчдэлтэй шугамын орчинд хийсэн хэмжилтийн үр дүн

Хэмжилт хийсэн зай, м	Орчны хүчлэг	Хэмжих нэгж	Хэмжилтийн 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 эрс их гарсан ба харин троллейбусны 600 В-ын агаарын шугамын орчны цахилгаан болон соронзон орны хүчлэгүүд зөвшөөрөгдөх хязгаарын утгаас эрс бага гарч байна.

**3. 35 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны тооцоо.** 35 кВ-ын ЦДАШ У-35-1 маягийн тулгуур дээр байрласан гэж үзвэл тулгуурын геометр параметрууд:  $h_1=h_3=10$  м,  $h_2=13$  м,  $d_1=d_2=2.8$  м,  $d_3=3.5$  м болно. Фазын утас АС-35/6.2 гэвэл утасны радиус  $a=8.4$  мм болно. ЦСО-ны хүчлэгийн тооцоог ажиглагчийн цэг болох газрын гадаргуугаас  $z_0=0, 1, 2, 4$  метрийн өндөрт гүйцэтгэнэ. Нэгдүгээр фазын утасны бодит болон толин тусгалын үүсгэх нийлбэр цахилгаан орон:

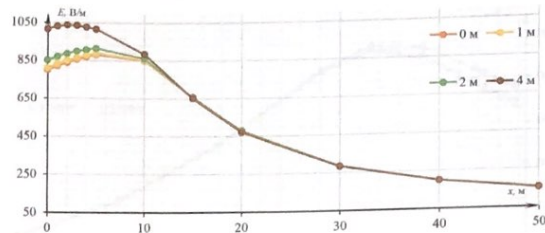
$$|\vec{E}_i + \vec{E}'_i| = \sqrt{(E_i)^2 + (E'_i)^2 + 2E_i E'_i \cos \psi}, \text{ болох ба } 2 \cos \psi -$$

ийг (12) томъёогоор,  $E_p, E'_i$  утгуудыг (9), (10) томъёогоор олж зохих математик хувиргалт хийвэл:

$$E_{i\Sigma} = \frac{U_0 \cdot e^{j(\omega t - 120^\circ)}}{\ln \frac{2h_i}{a}} \quad (17)$$

$$\sqrt{\frac{(x-d_i)^2 + z_0^2}{(x-d_i)^4 + 2(x-d_i)^2(h_i^2 + z_0^2) + (h_i^2 - z_0^2)^2}}$$

гэсэн тооцооны томъёо гарч байна. 17-р томъёонд 35 кВ-ын шугамын параметруудийг тавьж  $x=0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50$  м зайд  $z_0$ -ын бүх утгад бодож үр дүнг график байдлаар зураг 1-д үзүүлэв.



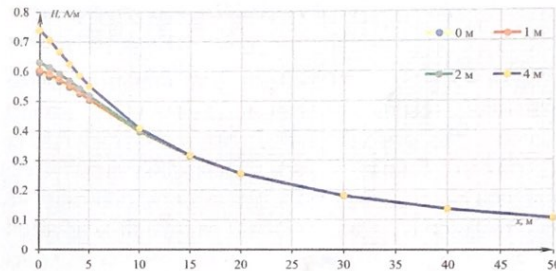
Зураг 1. 35 кВ-ын ЦДАШ-ын цахилгаан орны хүчлэгийн график

ЦДАШ-ын соронзон орны хүчлэгийг тодорхойлох томъёо (16)-д  $R_p, R'_0, 2\cos\psi$ -ийн утгуудыг орлуулж зохих математик хувиргалт хийсний дараа дараах хэлбэртэй болно.

$$H_{i\Sigma} = \frac{I \cdot e^{j(\omega t - 120^\circ)}}{\pi} \quad (18)$$

$$\sqrt{\frac{(x-d_i)^2 + z_0^2}{(x-d_i)^4 + 2(x-d_i)^2(h_i^2 + z_0^2) + (h_i^2 - z_0^2)^2}}$$

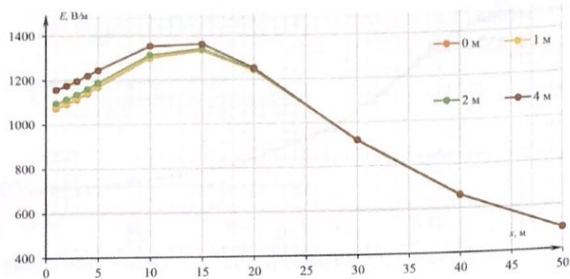
Энэ томъёонд 35 кВ-ын шугамын параметруудийг тавьж, гүйдлийн тодорхой утгад бодолт хийж үр дүнг зураг 2-д харуулав.



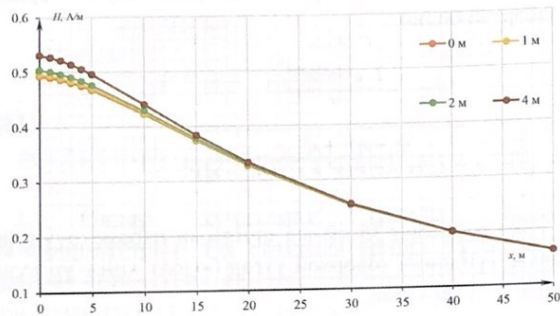
Зураг 2. 35 кВ-ын ЦДАШ-ын соронзон орны хүчлэгийн график

**4. 110 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны тооцоо:** 110 кВ-ын ЦДАШ У-110-1+9 маягийн тулгуур дээр байрласан гэж үзвэл тулгуурын геометр параметрууд:  $h_1=h_3=19.5$  м,  $h_2=23.5$  м,  $d_1=d_2=3.5$  м,  $d_3=5$  м байх ба фазын утас АС-120/19 гэвэл утасны радиус  $a=15.2$  мм болно. ЦСО-ны хүчлэгийн тооцоог  $z_0=0, 1, 2, 4$  метрийн өндөрт тус бүрээр  $x=0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50$  метрийн зайд бодож үр дүнг зураг 3-д үзүүлэв.

Соронзон орны хүчлэгийн утгыг (18) томъёогоор бодож үр дүнг зураг 4-д харуулав. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд 110 кВ ба 35 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны хүчлэгийн тооцооны утгууд, хэмжилтийн утгуудтай ойролцоо гарч байгаа нь бидний хэмжилт болон тооцооны аргачлал үнэн зөв болохыг харуулж байна.



Зураг 3. 110 кВ-ын ЦДАШ-ын цахилгаан орны хүчлэгийн график



Зураг 4. 110 кВ-ын ЦДАШ-ын соронзон орны хүчлэгийн график

**Дүгнэлт:** 110/35/10 кВ-ын дэд станцын орчны цахилгаан соронзон орны хүчлэгийн утгууд зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утгаас нэлээд тохиолдолд их гарсан байна. Гэхдээ тодорхой чиглэлүүдэд харилцан адилгүй байгаа нь тухайн чиглэлийн замд нь барилга байшин, хаалт хашлага байгаатай холбоотой юм. Харин 35/10 кВ-ын дэд станцын орчинд ЦСО-ны хүчлэгийн утгууд зөвшөөрөгдөх дээд хязгаарын утгаас эрс бага гарсан байна. 110 ба 35 кВ-ын ЦДАШ-ын ЦСО-ны хүчлэгийн утгууд зөвшөөрөгдөх утгаас эрс их гарсан ба харин троллейбусны 600 В-ын агаарын

шугамын орчны ЦСО-ны хүчлэгүүд зөвшөөрөгдөх утгаас эрс бага байна.

Эрчим хүчний объектуудаас ЦСО-ны хүчлэгийн параметруудийн утга хамгийн их өндөр байгаа нь өндөр хүчдэлийн цахилгаан дамжуулах агаарын шугам ба дэд станцууд байв. Ийм учраас эдгээр объектуудын ЦСО-ны хүчлэгийг тодорхойлох тооцооны аргачлалыг боловсруулж хэмжилтийн үр дүнгүүдтэй харьцуулахад ойролцоо (5% дотор) гарсан нь боловсруулсан аргачлалын үнэн зөвийг баталж байна.

Ном зүй:

- [1]. Кубанов В.П., Маслов О.Н., Сподобаев Ю.М. Электромагнитная экспертиза – независимость и компетентность. // Телекоммуникационное поле регионов, № 3, 1999. – с. 22-25.
- [2]. Маслов М.Ю. Численный анализ электромагнитной обстановки в офисном помещении. // Вестник СНИИП №1, 2004. – с.162 – 168.
- [3]. Нипольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1989. – 544 с.
- [4]. Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М. Д58. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем: Монография / В.Н. Довбыш, М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев. – Самара, ООО «ИПК Содружество», 2009. – 198 с.
- [5]. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. – Новосибирск: Норматика, 2017. – 68 с.
- [6]. Anastasia S. Safigianni,, Christina G. Tsompanidou,2009, " Electric- and Magnetic-Field Measurements in an Outdoor Electric Power Substation", IEEE Transactions on power delivery, vol. 24, No. 1
- [7]. World Health Organization (WHO), "Framework Guiding Public Health Policy Options in Areas of Scientific Uncertainty: With Partial Reference to EMFs", WHO 2006.





# ЭРЧИМ ХҮЧ & engineering



## ОНЦЛОХ ӨГҮҮЛЭЛ:

- ✓ ТБЭХС-ИЙН ДУЛААНЫ ЦАХИЛГААН СТАНЦУУДЫГ НҮҮРСНИЙ УУРХАЙНУУДААС ТҮЛШЭЭР ОНОВЧТОЙ ХАНГАХ СУДАЛГАА
- ✓ ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХЭМНЭЛТТЭЙ ОРОН СУУЦ БАРИХ ЗӨВЛӨМЖ
- ✓ БАРИЛГЫН НЭГДСЭН УДИРДАГА БҮХИЙ АВТОМАТЖУУЛАЛТЫН СИСТЕМ.
- ✓ ҮЙЛДВЭРИЙН ГАЗАРТ ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХЭМНЭЛТИЙН МЕНЕЖЕМЕНТИЙГ НӨВТРҮҮЛЭХ НЬ

2019-4(182)



**1. АЛБАН БАРИМТГ БИЧИГ, МЭДЭЭЛЭЛ:**

Үйл явдлын товчоон ..... 3  
 ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ЧУХАЛ ХҮМҮҮСИЙН ХӨРӨГ: ..... 8

**2. САЛБАРЫН ТУЛГАМДСАН АСУУДАЛ:**

**Д.Содномдорж нар.** ТБЭХС-ийн дулааны цахилгаан станцуудыг нүүрсний уурхайнуудаас түлшээр оновчтой хангах судалгаа ..... 12  
**Т.Сүнд-Эрдэнэ,** Барилгын нэгдсэн удирдлага бүхий автоматжуулалтын систем. .... 15

**3. ШИНЭ ТЕХНИК, ТЕХНОЛОГИ:**

**М.Бямбажав нар.** ДЦС-3-ын цахилгаан тоноглолуудын орчны цахилгаан соронзон төлөв байдлын судалгаа ..... 18  
**А.Лхамсүрэн,** Багануурын "Б2" хүрэн нүүрсээр ажиллах "КВТС-20-150В" маркын ус халаалтын зуухны бүтээмжийг дээшлүүлэх, ачааллыг бүрэн хүчин чадалд хүргэх техник технологийн шинэчлэл. .... 23  
**Л.Энхбаяр.** ПТ-25-90/10М турбины тохируулгын системийг цахилгаан гидравлик тохируулгын системээр шинэчлэх ..... 28  
**Б.Сугарсүрэн нар.** Дарханы ДЦС-ын турбогенератор №5-ын өдөөлтийн системийн хамгаалалтын онцлог. .... 31  
**Ц.Мягмарбаяр нар.** Тэжээлийн усны насосод давтамж хувиргуур ашиглах судалгаа ..... 34  
**Я.Содбаяр нар.** Улаанбаатар хот орчмын газардуулах байгууламжийн улирлын коэффициент тодорхойлох судалгаа ..... 38

**4. ЭДИЙН ЗАСАГ, ЗАХ ЗЭЭЛ, МЕНЕЖМЕНТ:**

Эрчим хүчний хэмнэлтийн тооцоо, судалгаа: Асуулт, Хариулт ..... 44  
 Б.Солонго, Үйлдвэрийн газарт эрчим хүчний хэмнэлтийн менежементийг нэвтрүүлэх нь ..... 48

**5. ИНЖЕНЕРИЙН СОНИРХОЛД:**

Хэвлэлийн тойм: Эрчим хүчний хэмнэлттэй орон сууц барих зөвлөмж ..... 51  
 Өвөр монгол орноор аялахад бидэнд суралцах, хүмүүсээ дуурайл авах нэг зүйл байгаа, тэр бол цөлжилтийн зэрэг хийгдэх ногооруулах үйлс ..... 53



Эрчим хүч инженерийн сургууль: өргөтгөлийн 5-н давхар '510, "Эрчим хүч & Engineering" сэтгүүл,

E-mail: enkhjargal@must.edu.mn, am.za36@yahoo.com, zunduisuren\_e@yahoo.com

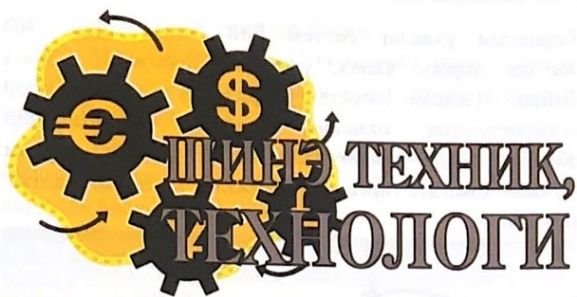
Утас: 80405500, 99119896, 99133699, 323579

Факс: 976-11-323579

Сэтгүүлийг үндэслэгч: МУ-ын төрийн соёрхолт, док, д/проф Харнууд овогт Чойнямын Зундуйсүрэн,  
 Академич Халтарын Энхжаргал

"Адмон" ХХК-ийн хэвлэлийн үйлдвэрт хэвлэв.





Инженер М.Бямбажав (“ДЦС-3” ТӨХК, ЦТЛ, 95050559),  
Магистр М.Баттулга (ШУТИС: ЭХС),  
Док, дэд профессор Б.Бат-Эрдэнэ (ШУТИС: ЭХС)

## ДЦС-3 –ЫН ЦАХИЛГААН ТОНОГЛОЛУУДЫН ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ТӨЛӨВ БАЙДЛЫН СУДАЛГАА

**Хураангуй.** Цахилгаан соронзон төлөв байдал (ЦСТБ) – тодорхой объектын хувьд цахилгаан соронзон нөлөөллүүдийн нэгдлийг ойлгоно. Эдгээр нөлөөллүүдийн үед тухайн объект хэвийн ажиллагаагаа хангаж байна. Өөрөөр хэлбэл хугацааны тухайн эгшинд тодорхой мужид цахилгаан соронзон орны хэмжээг илэрхийлсэн ерөнхий ойлголт юм. ЦСТБ-ийг тодорхойлохдоо тодорхой нэг тоноглолд (реле хамгаалалтын болон удирдлага-хэмжилт мэдээллийн төхөөрөмжүүд г.м) хугацааны тухайн эгшинд цахилгаан соронзон үйлчлэлийн үзүүлж болох хамгийн их түвшинг хэмжиж, эсвэл тооцоолж гаргаж авдаг. Хэмжилтийг хэвийн болон аваарийн горимд хийх ба цахилгаан соронзон орны хүчлэг, гүйдэл, хүчдлийн утгыг хэмжиж авдаг. Ажиллаж байгаа суурин тоног төхөөрөмжүүдийн хувьд ЦСТБ-г тодорхойлохдоо ихэвчлэн туршилтын аргыг хэрэглэдэг боловч бид судалгааны ажилд ямар нэгэн туршилт хийгээгүй бөгөөд зөвхөн орчны цахилгаан болон соронзон орны хүчлэгийн утгыг хэмжих аргыг хэрэглэсэн болно. Туршилыг хийхдээ зориудын цахилгаан соронзон нөлөөллийг ихэсгэх, коммутаци болон богино залгааг хийх шаардлагатай байдаг [1] бөгөөд энэ нь үйлдвэрлэлийн хэвийн ажиллагаанд тодорхой хэлбэрээр сөрөг нөлөөлөл үзүүлнэ гэж тооцсон тул энэ аргаас татгалзаад байна. Энэхүү өгүүлэлд “ДЦС-3” ТӨХК-ний цахилгаан тоноглолуудын орчинд цахилгаан ба соронзон орны хэмжилтийг гүйцэтгээс үр дүн харуулав.

**Түлхүүр үг:** цахилгаан орон, соронзон орон, ЦСТБ.

**Оршил.** Орчны ЦСТБ-ыг тодорхойлохын үндсэн ач холбогдол нь цахилгаан болон электрон тоног төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон нийцлийг тодорхойлж хэвийн ажиллагааны нөцлийг бүрдүүлэх явдал юм. Цахилгаан соронзон нийцүүлэлт (ЦСН) гэдэг нь радио шуугиан, хэт хүчдэл, сүлжээний хүчдлийн хэлбэлзэл, газардлагын харилцан нөлөөлөл гэх

мэт олон төрлийн цахилгаан соронзон үзэгдлүүдийг нэгтгэн судалдаг орчин үеийн судалгааны нэг ойлголт юм. “Цахилгаан соронзон нийцүүлэлт”-ийн тухай хэд хэдэн тодорхойлолт байдаг. Германы цахилгаан техникчдийн нэгдлээс гаргасан VDE 0870 стандартад ЦСН-ийн тодорхойлолтыг “цахилгаан соронзонгийн орчинд цахилгаан тоног төхөөрөмжийн функц ажиллагаа хэвийн хадгалагдах болон бусад тоноглолын ажиллагаанд нөлөөлөхгүй байх чадвар” гэж өгсөн байдаг. Харин ГОСТ Р 50397-92 стандартад “техник, тоноглолын функц ажиллагаа тодорхой цахилгаан соронзон орчинд тодорхой түвшинд хэвийн явагдах, бусад төхөөрөмжид зөвшөөрөгдөөгүй цахилгаан соронзон шуугианы нөлөөлөл үзүүлэхгүй байж чадах чадвар” гэж тодорхойлсон байна. Манай эрчим хүчний салбарт ашиглагдаж байгаа техник тоноглолууд дээрх тодорхойлолтонд заасан чадварыг хангаж буй эсэхийг одоогоор хэлэх боломжгүй байна. Өөрөөр хэлбэл цахилгаан станцын цахилгаан тоноглолын цахилгаан соронзон төлөв байдлыг тодорхойлох зайлшгүй шаардлага гарч байна. Иймээс бид энэ чиглэлд тодорхой алхам хийхийн тулд энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэлээ.

**ЦСТБ-ыг тодорхойлох шаардлагатай анхдагч өгөгдлүүд.** Үйл ажиллагаа явуулж буй объектын хувьд ЦСТБ-ийг тодорхойлоход шаардлагатай анхдагч өгөгдлүүдийг шууд техникийн бичиг баримтаас бүрдүүлнэ. Материал [2]-д зааснаар реле хамгаалалтын ба удирдлагын системд нөлөөлөх цахилгаан соронзон үйлчлэлийн түвшинг тодорхойлохын тулд дараах анхдагч өгөгдлүүд шаардлагатай. Тухайлбал, анхдагч хэлхээний цахилгаан схем болон тоноглолуудын байрлал; холболтын кабелийн тусгаарлагын түвшин, марк тип; хүчний төхөөрөмжүүдийн төрөл, байрлал; үйлдвэрлэгчийн нэр, реле хамгаалалт ба удирдлагын системийн төхөөрөмжүүдийн зориулалт, байрлал; өгөгдөх бөгөөд эдгээрээс гадна объектын газардуулгын төхөөрөмжийн хувьд газардуулгын схем; хөрсний хувийн



эсэргүүцэл; газардуулгын төхөөрөмжийн импульсын эсэргүүцэл шаардлагатай болно. Газардуулгын эсэргүүцлийн талаарх мэдээллүүдийг зөвхөн туршилт, хэмжилтийн замаар авах бөгөөд газардуулгын төхөөрөмжийн диагностикийн хувьд бие даасан тусдаа ажил тул энэ судалгааны явцад хийгдээгүй болно. Өнөөдрийн байдлаар “ДЦС-3”-д 9 генератор, холбооны 2 трансформатор, блокын 6 трансформатор, дотоод хэрэгцээний 29 трансформатор, 5 реактор ажиллаж байна. Эдгээрээс гадна 6 кВ-ын 100 орчим цахилгаан хөдөлгүүр ажиллаж, орчин үеийн микропроцессорын элементийн бааз дээр суурилагдсан реле хамгаалалтын төхөөрөмжүүд олноор ашиглагдаж байгаа нь тус станцын орчинд цахилгаан соронзон төлөв байдлыг тодорхойлох зайлшгүй нөхцлийн нэг болж байна. Дунд даралтын станцын турбины машинистуудын ажлын байр генераторын хажууд байрлаж байгаа нь судалгаа хийх бас нэг сэжүүр болсон билээ.

#### **Цахилгаан соронзон гаж нөлөөллийн орчин.**

Цахилгаан соронзон гаж нөлөөлөл нь техникт явагдах процессоос гадна орчны цаг уурын үзэгдлийн улмаас бий болдог. Цаг уурын үзэгдлийн улмаас бий болох гаж нөлөөллийн жишээнд *атмосферын цэнэгжилтийг* нэрлэж болно. Энэ нь аянгын цохилт болон цахилгаан статик цэнэгжилтээс бий болох цахилгаан соронзон импульс юм. Гаж нөлөөллийн утгын зөвшөөрөгдөх утга буюу нийцүүлэлтийн түвшинг хангахын тулд системийн бүх элементүүдийн харилцан хамаарал хэвийн байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл ямарваа нэгэн гаж нөлөөлөл тухайн системд нөлөөлөхдөө төхөөрөмжүүдийн харилцан хамаарал хамгийн ихээр алдагдсан (холболт буруу, сул холболттой, холболтын эсэргүүцлийн хэмжээ алдагдсан) цэгт очиж үйлчлэх магадлал хамгийн өндөр байдаг [3]. *Ийм цэгийг гаж нөлөөлөл тэсвэрлэх чадвараа алдсан гэж тодорхойлно. Энэ нь тухайн системийн гаж нөлөөлөл тэсвэрлэх чадварыг алдагдуулдаг.* Гаж нөлөөлөл тэсвэрлэх чадвар гэдэг нь гаж нөлөөллийн үйлчлэлд хэвийн ажиллагаагаа хангаж чадах элементийн чанар юм. Энэ чадварын тоон үзүүлэлт нь хүчдлийн импульсын далайц, орны хүчлэг, энергийн хязгаар, стандартчлагдсан туршилтын үйлчлэл гэх мэт параметрууд хамаарна. Эдгээр параметрын зөвшөөрөгдөх утгыг тухайн объект хангаж байвал тухайн объект, тоноглол, элементийг гаж нөлөөлөл тэсвэрлэх чадвартай байна гэж үзнэ. Хэрэв зөвшөөрөгдөх утгаас хэтэрсэн үед объект гэмтээгүй тохиолдолд тодорхой функциональ үйлдэлд зөрүү гарсан эсэхийг заавал тодруулах шаардлагатай. Гаж нөлөөлөл арилсаны дараа тухайн төхөөрөмжийг дахин залгахад хэвийн ажиллагаагаа үргэлжлүүлж болно. Энэ тохиолдолд тухайн төхөөрөмжид ямар нэгэн засвар үйлчилгээ хийх шаардлагагүй байдаг [2]. Тоног төхөөрөмж бүрийн хэвийн ажиллагаа алдагдсан эсэхийг шинжих шинжүүр өөр өөр байдаг тул гаж нөлөөлөл тэсвэрлэх чадвар харилцан адилгүй утгатай байх ба энэ нь тухайн төхөөрөмжийн зориулалт,

байрлал зэргээс хамаардаг. Иймд тухайн төхөөрөмж тус бүрд энэ чадварыг бүрэн суурилуулсаны дараа газар дээр нь туршилтаар тодорхойлох шаардлагатай байдаг. Цахилгаан соронзон гаж нөлөөлөл гэдэгт бүх төрлийн цахилгаан ба соронзон үзэгдлүүдийг авч үзэх бөгөөд энэ үзэгдэл нь тухайн орчинд дурын үүсгэгчтэй байж болно. Хамгийн гол нь орчиндоо ямар нэгэн сөрөг нөлөөлөл үзүүлэх буюу үзүүлэх боломжтой хэмжээнд байвал гаж нөлөөлөл гэж тооцно. Сөрөг нөлөөлөл үзүүлэх боломжгүй цахилгаан соронзон үзэгдлийг гаж нөлөөлөлд гэж тооцохгүй байж болно. *Нэгэнт гаж нөлөөллийн талаар ярьж байгаа тул түүний үүсгэгч, хүлээн авагчийн талаар товч дурдъя.* Онолын хувьд гаж нөлөөллийн үүсгэгч, хүлээн авагчууд өөр хоорондоо ялгаатай байна. Харин үйлдвэрлэл дээр бүх цахилгаан төхөөрөмжүүд нь цахилгаан соронзон гаж нөлөөний үүсгэгч, хүлээн авагч болдог. Цахилгаан соронзон гаж нөлөөллийн маш олон хэлбэр байдаг бөгөөд эдгээрийг дараах зарчимуудаар системчлэн ангилж болно. Үүнд: гаж нөлөөлөл үүсэх нөхцлөөр (үүсгэгч хүлээн авагчдын харилцан хамаарал), гаж нөлөөлөл тархах орчноор (хугацаа болон давтамжийн зарчмаар, эрчмийн спектрээр, ашигтай дохионд хэрхэн үйлчлэх) г.м. Үйлдвэрлэлийн цахилгаан тоног төхөөрөмжийн хувьд гаж нөлөөллийн үндсэн үүсгэгч нь хэлхээний сэлгэн залгалт буюу коммутаци юм. Гаж нөлөөллийн үүсгэгч ба хүлээн авагчийн хоорондох цахилгаан соронзон холбоог дараах байдлаар ангилж болно. Үүнд:

☛ Симметр гаж нөлөөлөл бий болох *гальваник холбоо* (хамгийн их тохиолдоно);

☛ Хувьсах цахилгаан орноос паразит багтаамжид үйлчлэх үйлчлэлийн үр дүнд бий болох *багтаамжийн холбоо*;

☛ Хувьсах соронзон оронд дамжуулагчаар гүйдэл гүйсний улмаас бий болох *нөлөөмжийн холбоо*;

☛ Кондуктив шинжтэй (кабелийн дамжуулагчид гүйдлийн түрэлт бий болох), эсвэл долгион тархалтаас (үүсгэгч ба хүлээн авагчийн хоорондох агаарын завсар долгионы урт  $\lambda$ -ийн 0,1-ээс их тохиолдолд) бий болох *цахилгаан соронзон холбоо* гэж ангилна.

**Хэмжилт, тооцооны үр дүнгүүд.** Хэмжилтийг гүйцэтгэхдээ хэмжилт хийх цэг дээр багажийг (Герман улсад үйлдвэрлэсэн ME-3951A цахилгаан соронзон орны хүчлэг хэмжигч)  $x$ ,  $y$ ,  $z$  тэнхлэгийн дагуу байрлуулан хэмжилт хийж дараах томъёогоор тухайн цэгийн цахилгаан болон соронзон орны хүчлэгийг тодорхойлно. Хэмжилт гүйцэтгэсэн объектууд болон тоон утгуудыг хүснэгт 1-д үзүүлэв.

$$\text{Орны хүчлэг} = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)} \quad (1)$$

Дээрх объектуудаас жишээ болгон реле хамгаалалтын төхөөрөмж, болон хөдөлгүүрийн орчны цахилгаан ба соронзон орныг тухайн орчны агаарын



№	Ажлын байрны нэр	Цахилгаан орон /E/ V/m				Соронзон орон /M/ nT				Орчны агаарын			
		X	Y	Z	E	X	Y	Z	M	Температур	Чийгшил	Даралт	CO <sub>2</sub>
1	Үйлдвэрийн уур Говь-2	6.4	5.4	6.8	10.8	54	82	94	135.9	23.4	34.8	863.3	
2	К-12 модуль ЦТЦ-2	0.4	0.6	0.3	0.8	11	11	11	19.1	25.2	33.9	863.3	1130
3	К-10 модуль ЦТЦ-2	14	8.1	9.5	18.8	410	281	232	548.5	25.2	33.9	863.3	1130
4	Холбоос уурын хэмжүүр	92	35	80	126.8	51	117	112	169.8	26.9	26.4	862.9	1090
5	К-9 модуль ЦТЦ-1	1.8	2.9	2.4	4.2	56	472	246	535.2	26.9	26.4	862.9	1090
6	ТГ-7 генератор	0.1	0	0	0.1	2000	2000	2000	3464	30.8	29	862.1	550
7	ПЭН-5	0.4	0.5	0.7	0.9	266	1119	1172	1642	31.6	30.5	863.3	660
8	КРУСН-6кВ 7Pc	0.8	0.7	0.7	1.3	532	620	554	987.1	30.1	29	863.3	836
9	КРУСН-0.4кВ 8Pc	0.8	0.5	0.6	1.1	2000	2000	2000	3464	30.1	29	863.3	836
10	T-1 трансформатор	425	432	605	856.3	2000	485	585	2139	21.7	30.2	863.3	761
11	РУСН-6кВ секц-2	3	4.6	4.4	7.0	371	396	432	693.6	23.6	35.1	863.3	902
12	РУСН-0.4кВ секц-3	9.4	10.5	8.7	16.6	2000	2000	2000	3464	24.3	36.2	862	1191
13	ТГ-1 генератор	0.3	0.2	0.2	0.4	2000	2000	2000	3464	27.2	30.4	862	622
14	ГРУ-6кВ секц-1	13.5	16.2	13.4	25.0	2000	2000	2000	3464	23.2	29.9	862.5	967
15	ЦЦ дарга өрөө	56	39	48	83.4	380	263	282	541.4	24.5	29.2	862	1046
16	Хэмжил зүйн өрөө	78.8	71.4	89.4	138.9	44	89	96	138.1	24.3	33.3	862	1239
17	ТГ-9 удирдах шит	1.5	1.3	1.5	2.5	6	9	10	14.7	25.7	40.9	860.8	1047
18	56Т	1.5	1.3	1.5	2.5	6	9	10	14.7	25.7	40.9	860.8	1047
19	ТГ-9 реле өрөө	69	47.9	35	91.0	18	15	9	25.1	23.7	34.4	862	1330

параметруудаас (температур, чийгшил) хамаарсан хамаарлыг зураг 1, 2-д харуулав.



Зураг 1. Реле хамгаалалтын төхөөрөмжийн (SEL реле 11P) орчны ЦСО ба агаарын параметруудын хамаарал



Зураг 2. Хөдөлгүүрийн (ПЭН-5) орчны ЦСО ба агаарын параметруудын хамаарал

Туршилтын үр дүн нь түүний үнэн зөвийг магадлах боломжийг бүрдүүлнэ. Судалгааны үр дүнг математик статистикийн аргаар боловсруулна.

“Эрчим хүч & engineering” сэтгүүл 2019-4(182)

Туршилтын явцад судалж байгаа зүйлийн тоон ба чанарын өөрчлөлтийн зүй тогтолд нөлөөлөх гол хүчин зүйл, тэдгээрийн харилцан нөлөөллийг тогтооно. Статистик тооцооллын үндсэн шинжүүр, шалгуурыг хүснэгт 2-д үзүүлэв.

Хүснэгт 2. Тооцооны үр дүн

	SEL реле 11P	ПЭН-5
Математик дундаж:	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 3.9$	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 3.8$
Дисперси:	$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = 0.609$	$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = 0.818$
Вариацийн коэффициент:	$V = \frac{S^2}{\bar{x}^2} \cdot 100\% = 19.92\%$	$V = \frac{S^2}{\bar{x}^2} \cdot 100\% = 24\%$
Дундаж утгын алдаа:	$S_x = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = 0.295 \text{ В/м}$	$S_x = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = 0.319 \text{ В/м}$
Харьцангуй алдаа:	$\rho = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100\% = 7.529\%$	$\rho = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100\% = 8.486\%$
Математик дундажийн уюмшигын хэрэг:	$3.9 - 1.96 \cdot 0.295 < M_1 < 3.9 + 1.96 \cdot 0.295$	$3.8 - 1.96 \cdot 0.319 < M_1 < 3.8 + 1.96 \cdot 0.319$

Судалгаанаас үзэхэд, 11P КРУСН 6 кВ секц болон түүнээс тэжээгдэж буй SEL реле, 11P МП-ын төхөөрөмжийн орчны цахилгаан соронзон орны хүчлэгийн хоорондын хамаарлыг Фишерийн шинжүүрээр шинжив.

Хэмжилтийн тоо  $m_1=8$ ,  $m_2=7$ ; Дисперсийн утгууд  $S_1^2(x) = 0.818$  ( $f_1 = 7$ ),  $S_2^2(x) = 0.609$  ( $f_2 = 6$ ),

$$F_T = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)} = \frac{0.818}{0.609} = 1.34$$

$$F_x = [P_0 = 0.95, f_1 = m_1 - 1 = 8 - 1 = 7, f_2 = m_2 - 1 = 7 - 1 = 6] = 4.21$$

Дээрх тооцооноос харахад бидний хэмжилт үнэн зөв буюу хэмжилт хэвийн явагдаж хэмжилтийн үр дүнгээс тодорхой дүгнэлт гаргах боломжтой байна. Өөрөөр хэлбэл Фишерийн шинжүүрийн тооцооны утга хүснэгтийн утгаас бага гарсан нь хэмжилтийн үр дүн нэгэн төрлийн шинжтэй байгааг илэрхийлж байна.



**Цахилгаан соронзон нийцүүлэлтийн норм, түүнийг хангах.** Цахилгаан тоноглолын цахилгаан соронзон нийцүүлэлтийн асуудлыг бүх түвшинд буюу тоноглолын төсөл, туршилт, ажиллагааны үед байнга авч үзэж байх шаардлагатай. Энэ нь үйлдвэрлэлийн хувьд бүтээгдэхүүний чанарыг үнэлэх бас нэгэн үзүүлэлт болно. Иймээс цахилгаан соронзон төлөв байдлыг хангах ажиллагааг тасралтгүй сайжруулж байх явдал чухал юм. Бүх улс оронд цахилгаан соронзон нийцүүлэлтийн асуудлыг судлан норм боловсруулах үүрэгтэй өөрийн үндэсний техникийн хороо, институт ажилладаг. Эдгээр нь ЦСН, ЦСТБ-ын үндэсний стандартыг олон улсын стандарттай уялдуулан боловсруулдаг. ЦСН болон ЦСТБ-ын зарим стандартуудыг дурьдвал:

E DIN VDE 0839 – цахилгаан соронзон нийцүүлэлт.

DIN VDE 0843 – үйлдвэрийн хэмжилт, тохируулга, удирдлагын төхөөрөмжийн ЦСН. (МЭК 801-тэй адил).

DIN VDE 0846 – ЦСН-ийг тодорхойлох хэмжилтийн төхөөрөмжүүд.

DIN VDE 0847 – ЦСН-ийг тодорхойлох хэмжилтийн аргууд.

DIN VDE 0848 – Цахилгаан соронзон орны аюултай үйлчлэл.

DIN VDE 0870 – Цахилгаан соронзон нөлөөлөл

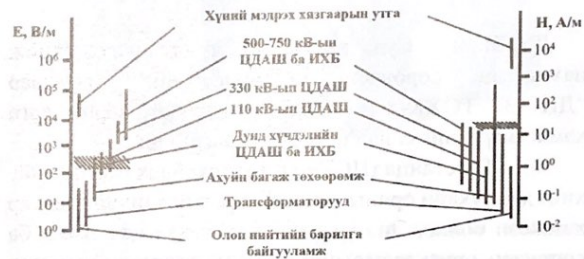
**СО 34.35.311-2004 – Цахилгаан станц, дэд станцын ЦСН ба ЦСТБ-ыг тодорхойлох аргачилсан удирдамж.** Энэ мэтчилэн ОХУ, бусад хөгжингүй улсуудад маш олон стандарт боловсруулан гаргаж мөрдөж байна. Манай орны хувьд “MNS 6497:2015 – “Харилцаа холбоо мэдээллийн технологийн тоног төхөөрөмжийн радио спектр, цахилгаан соронзон зохицлын техникийн ерөнхий шаардлага” “MNS IEC 61000-4-8-2003- “Үйлдвэрийн давтамжтай соронзон оронг тэсвэрлэх чадвар. Техникийн шаардлага ба турших арга” гэсэн үндсэн 2 стандарт батлагдсан байна. Эдгээр нь зөвхөн харилцаа холбооны салбарт ашиглагдахаар бичигдсэн бөгөөд цахилгаан станц, дэд станцын цахилгаан тоног төхөөрөмжид нийцэхгүй байгаа учир манай эрчим хүчний салбарт ЦСН, ЦСТБ-ын ямар нэгэн стандарт байхгүй гэж үзэж болохоор байна. Иймд бид энэхүү ажлын хүрээнд ОХУ-д мөрдөгдөж байгаа стандартуудыг удирдлага болгон тооцоо, дүгнэлтийг хийлээ. Цахилгаан соронзон орон амьд организмд тодорхой нөлөөлөл үзүүлдэг болохыг дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллагын судалгаагаар гаргасан байдаг. Амьд организмд физик, химийн процесс байнга явагдаж цусны эргэлт, бодисын солилцоог хэвийн түвшинд барьж байдаг. Үүнийг цахилгаан соронзон орны онолоор авч үзвэл ионы шилжилт хөдөлгөөн байнга явагдаж байна гэж үзэж болно. Урт удаан хугацааны туршилт судалгааны үр дүнгээс харахад хүний бие организмд  $\sim 10 \text{ мА/м}^2$  гүйдлийн нягттай орон үйлчлэл үзүүлэхэд ямар нэгэн аюул учруулахгүй. Ийм гүйдлийн нягт 20 кВ/м ба 4 кА/м хүчлэгтэй үйлдвэрийн давтамжтай гадны

орноос бий болно. Хэрэв гүйдлийн нягт үүнээс их болсон тохиолдолд (100—1000 мА/м<sup>2</sup>) цусны эргэлт, бодисын солилцоонд өөрчлөлт орж цаашлаад хүний ДНК-д нөлөөлнө. Хүний биед аюулгүй байх гүйдэл түүний үйлчлэх хугацаанаас ихээхэн хамаарна. ГОСТ 12.1.038 стандартаар энэ хамаарлыг хүснэгтэнд үзүүлэв.

Хүснэгт 3. Хүний биеэр гүйх гүйдлийн хугацаанаас хамаарсан зөвшөөрөгдөх утга (50 Гц, мА)

Орчин	Хугацаа, с											
	0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	>1,0
Үйлдвэрлэлийн	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Ахуйн	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2

Үүнээс гадна дараах зурагт үзүүлсэн цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгийн хязгаарын утгаас давсан орчинд хүн байх нь түүний эрүүл мэндэд муугаар нөлөөлдөг болохыг ДЭМБ-аас мөн гаргасан байна.



Зураг 3. Үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх дээд утга

Эрчим хүчний объектын цахилгаан соронзон төлөв байдлын хэвийн үзүүлэлтийг дараах хүснэгтэнд үзүүлэв.

Хүснэгт 4. Эрчим хүчний объектын ЦСТБ-ын хэвийн үзүүлэлт

Объектын нэр, параметр	Цахилгаан орны хүчлэг E, В/м	Соронзон орны хүчлэг H, А/м
330 кВ-ын ЦДАШ	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup>	1 - 40
220 кВ-ын ЦДАШ	10 <sup>3</sup> - 5x10 <sup>3</sup> *	10 - 100*
110 кВ-ын ЦДАШ	10 <sup>2</sup> - 3x10 <sup>3</sup> *	0,1 - 20*
6-35 кВ-ын ЦДАШ	10 - 5x10 <sup>2</sup>	0,1 - 2
6 кВ-ын шин	10 <sup>3</sup> *	40 - 100*
6 кВ-ын ХХБ	-	200*
Орон сууцны барилга	1 - 100	0,01 - 0,5
Ахуйн хэрэглээний цахилгаан багаж	5 - 500	0,1 - 300

Энэхүү ажлын хүрээнд ДЦС-3-д тодорхой цэгүүд дээр цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгийг хэмжиж дээрх хүснэгтэнд заасан утгын завсарт байгаа эсэхийг харьцуулан дүгнэлт гаргахыг зорилоо. Аливаа нэгэн



объектын ЦСН-ийг үнэлэх тоон үзүүлэлтэнд тухайн объектын болон төхөөрөмжийн цахилгаан соронзон үйлчлэлд тогтвортой байх дээд хязгаарыг үнэлж, тоног төхөөрөмжийн цахилгаан соронзон гэж нөлөөллийг тэсвэрлэх нөөцийн коэффициентыг тодорхойлох ёстой. Энэ нөөцийн коэффициент нь:

$$K_{\text{нөөц}} = \frac{U_{\text{max. турш}}}{U_{\text{норм}}} \quad (2)$$

Энд:  $U_{\text{(max. турш)}}$  – тухайн төхөөрөмжийн цахилгаан соронзон гэж нөлөөллийг тэсвэрлэх туршилтын хамгийн их утга,  $U_{\text{норм}}$  – тухайн төхөөрөмжийн цахилгаан соронзон гэж нөлөөллийг тэсвэрлэх нормчлогдсон утга.

Цахилгаан төхөөрөмжүүд ЦСН-ийн шаардлагыг бүрэн хангахын тулд  $K_{\text{нөөц}} \gg 1$  байх ёстой. Гэхдээ энд бид зөвхөн тухайн тохиолдлын нөөцийн коэффициентын тухай авч үзлээ. Судлаачдын тогтоосноор зөвхөн микропроцессорын реле хамгаалалтын төхөөрөмжийн хувьд 4 төрлийн нөөцийн коэффициентыг авч үзэх шаардлагатай байдаг. Эдгээр нь зөвхөн ашиглагч байгууллагад бус, мөн төхөөрөмж үйлдвэрлэгч нар туршилтанд ашиглах коэффициентууд юм.

**ДҮГНЭЛТ.** Судалгааны үр дүнд анализ хийж цахилгаан соронзон нийцүүлэлтийн асуудлаар “ДЦС-3” ТӨХК-д хойшид хэрэгжүүлэх зарим арга хэмжээнүүдийг санал болгож байна. Үүнд:

⇒ Тусстанцад ЦСТБ-ыг тодорхойлох хэмжилтийг хийхдээ тухайн орчны температур, чийгшилийг давхар хэмжсэн болно. Энэ үр дүнгээс харахад цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгийн хэмжээ орчны чийгшилээс шууд хамаарч байгаа тул электрон багаж төхөөрөмж байрлаж буй газарт (удирдлагын шитны өрөө, реле хамгаалалтын панелиудын орчим) чийгшилийг СО 34.35.311-2004-г заасан хэмжээнд тогтмол байлгах

⇒ Реле хамгаалалт, автоматик, удирдлагын төхөөрөмжийн тэжээлийн кабелийг экранчлах ажлыг ойрын хугацаанд авч хэрэгжүүлэх шаардлагатай. Мөн удирдлага, хамгаалалтын хэлхээний газардуулгыг төхөөрөмж тус бүрд нь бие даасан байдлаар

гүйцэтгэх нь тухайн төхөөрөмжид бусад хэлхээнд бий болсон цахилгаан соронзон гаж нөлөөллийн үйлчлэл нөлөөлөхгүй байх боломжийг бий болгоно.

⇒ Олон улсын ашиглалт, туршилтын практикт электрон болон микропроцессорын төхөөрөмжийг гадны цахилгаан соронзон орны нөлөөнөөс бүрэн тусгаарлахын тулд төхөөрөмжийн их биеийг тусгалсан ялтсан хуудсаар бүрэн бүрдэг туршилага нэвтэрсэн байна. Иймээс энэ туршлагыг манай станцууд хэрэгжүүлэх боломжтой юм.

⇒ Бидний хэмжилтийн ажил “ДЦС-3”-ын хэвийн ажиллагааны үед явагдсан нь эцсийн бүрэн дүүрэн дүгнэлт гаргахад учир дутагдалтай байлаа. Өөрөөр хэлбэл, хэмжилтийг зарим тохиолдолд хүчний тоноглолуудыг бүрэн зогсоож хийх шаардлагатай байсан боловч эрчим хүчний системийн хэвийн ажиллагааг хангах үүднээс хүчний төхөөрөмжийн зогсолт хийж хэмжилт хийж чадаагүй болно. Иймд энэ судалгааны ажлын үргэлжлэл болгон боломжтой үедээ буюу станц 0 зогсолт хийсэн үед станцын зарим цэгүүд дээр цахилгаан ба соронзон орны хүчлэгийг хэмжих шаардлагатай. Дээрх арга хэмжээнүүдийг авч хэрэгжүүлснээр станцын орчимд ЦСН-ийг бүрэн хангах боломж бүрдэх ба ингэснээр станцад ашиглагдаж байгаа удирдлага, хэмжилт-мэдээллийн системийн электрон, микропроцессорын төхөөрөмжүүдийн ажиллагааны хэвийн найдвартай байдлыг хангаад зогсохгүй станцад ажиллаж буй ажиллагсадын эрүүл мэндийн асуудлыг давхар шийдэх боломж бүрдэнэ гэж үзэж байна.

#### Ашигласан ном, хэвлэл

1. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике /А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов Р.К. Борисов и др.; подред. А.Ф. Дьякова. М.: Энергоатомиздат, 2003/
2. Б.Бат-Эрдэнэ Ph.D, М. Баттулга “Ирээдүйн хөгжилд эрчим хүч” магистр, доктор оюутны эрдэм шинжилгээний бага хурал. /илтгэлүүдийн эмхэтгэл/ УБ.:2011- 22.2 х х. 2011.03.24-27 хуудас 12-16
3. Б.Бат-Эрдэнэ Ph.D, М. Баттулга “Эрчим хүч & engineering”(2011-2) сэтгүүл “Эрчим хүчний салбар дахь цахилгаан соронзон нийцүүлэлт”

**Архангай (МОНЦАМЭ).** Дэлхийн банкны санхүүжилтээр дөрвөн аймгийн таван суманд “Эрчим хүчний төсөл-2” төсөл “Эрдэнэт Булганы цахилгаан түгээх сүлжээ” ТӨХК-д хэрэгжиж эхэлж байна. Үүнээс Архангай аймгийн Эрдэнэбулган суманд 2019 оны 4 дүгээр сараас 2020 оны 6 дугаар сар хүртэл хугацаатай хэрэгжинэ.

Төслийн нийт төсөвт өртөг 5 тэрбум төгрөг ба төслийн барилга угсралтын гүйцэтгэгчээр “Цэгц шийдэл” ХХК шалгарч, барилга угсралтын ажлыг 3,9 тэрбум төгрөгөөр хийхээр гэрээ байгуулсан байна. Үлдсэн нэг тэрбум гаруй төгрөг нь тоолуур, программ хангамжийн ажилд зарцуулах ажээ.

**Төслийн хүрээнд хийх ажил:** 10/0,4 кВ-ын 5 ширхэг дэд станц, 10 кВ-ын 800 м хос кабель шугам барина, Эрдэнэбулган сумын төвийн 0,4 кВ-ын агаарын шугамыг “Эрчим хүч & engineering” сэтгүүл 2019-4(182)

бетон тулгууртай, бүрээстэй утастай агаарын шугам, кабель шугамаар бүрэн солино, Хэрэглэгчийн 220 В-ын 5900, 380 В-ын 520 ширхэг тоолуурыг ухаалаг Смарт тоолуураар солино, Борлуулалтын программыг шинэчилж сайжруулна.

**Төсөл хэрэгжсэний дараа гарах үр дүн:** Цахилгаан эрчим хүчний алдагдал 17%-иас 5-8% болж буурна, Хэрэглэгчдийн цахилгаан эрчим хүчний хангамжийн найдваржилт дээшилнэ, Шугам сүлжээ, тоног төхөөрөмжид гарах тасралт багасаж, засварын зардал үлэмж хэмжээгээр буурна, Хэрэглэгчид хэрэглэсэн цахилгаан эрчим хүчнийхээ хэрэглээг хянах, зүй зохистой хэрэглэх боломж бүрдэнэ, Гэр хорооллын айл өрхүүд шөннийн тарифын хөнгөлөлтөд бүрэн хамрагдах болно, Хангагч хэрэглэгчийн хоорондын хамтын ажиллагаа сайжирна гэж үзэж байна.





МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН  
ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

MONGOLIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ  
БҮТЭЭЛИЙН ЭМХЭТГЭЛ

№28/256  
2019 №2 (33)

УЛААНБААТАР ХОТ  
2019 ОН



## ГАРЧИГ

### I. БАРИЛГА, АРХИТЕКТУР

1. ЯВГАН ХҮНИЙ ЗАМ БОЛОН ЗҮЛЭГЖҮҮЛЭЛТИЙН ТАЛБАЙН УСЫГ ШҮҮРҮҮЛЭН  
НЭВТРҮҮЛДЭГ БЕТОНЫ ТУРШИЛТ, СУДАЛГАА  
*Т.Хажидсүрэн*..... 5

### II. ГЕОЛОГИ, УУЛ УУРХАЙ

2. ГАЗАР ДООРХ УСНЫ ОРДУУДЫН МЭДЭЭЛЛИЙН СИСТЕМЧЛЭЛ  
*Н. Батсүх, М. Энхмандах*..... 10

### III. МЭДЭЭЛЭЛ, ХОЛБООНЫ ТЕХНОЛОГИ

3. IoT ТЕХНОЛОГИД СУУРИЛСАН МАЛ АЖ АХУЙН УХААЛАГ ЦОГЦ СИСТЕМИЙН  
БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА  
*Ц.Эрдэнэсайхан, С.Батдалай, Т.Магсаржав*..... 15
4. ЭРЧИМ ХҮЧНИЙ ХЭРЭГЛЭЭНИЙ МОНИТОРИНГИЙН СИСТЕМ БАЙГУУЛАХ НЬ  
*С.Мягмар-Очир, Ц. Тэнгис, А.Батмөнх*..... 20
5. IOT-ИЙН ХОЛЫН БА ОЙРЫН ЗАЙН СИСТЕМҮҮДИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ, СИМУЛЯЦЫН  
ЗАРИМ ҮР ДҮН  
*Р.Баярмаа*..... 26
6. THE STUDY ON COMPARISON OF INFORMATION ENTROPIES  
*Narantuya Erkhembaatar*..... 31
7. THE STUDY TO DETERMINE THE REQUIRED PRODUCT IDENTIFICATION SYSTEM  
*Sod-Od Batzorig, Gundsambuu Bold*..... 37

### IV. ҮЙЛДВЭРЛЭЛИЙН ТЕХНИК, ТЕХНОЛОГИ

8. МАЛЫН АРЬС ШИР ГҮН БОЛОВСРУУЛАХ БИО-ОРГАНИК ТЕХНОЛОГИЙН СИСТЕМ,  
ТҮҮНИЙГ ҮЙЛДВЭРЛЭЛД НЭВТРҮҮЛЭХ НЬ  
*Ч.Авдай, С.Дашибал, Д.Буян*..... 42
9. НООЛУУРЫН ГЯЛАЛЗАХ ЧАНАРЫГ (L\*) МАТЕРИАЛЫН ДИЗАЙНЫ ШИЙДЭЛД ТУСГАХ  
НЬ  
*Д.Нарантогтох*..... 49
10. СУРАХ БИЧГИЙН ХӨТӨЧ ДОХИО ТЭМДГИЙГ БОЛОВСРОНГУЙ БОЛГОХ АСУУДАЛД  
*С.Өлзиймаа*..... 52
11. НЭХМЭЛ МАТЕРИАЛЫН ХОЛИОНЫ БҮРЭЛДЭХҮҮНИЙ ХАРЬЦАА БА ДУЛААН  
НЭВТРҮҮЛЭЛТ, ТУСГААРЛАЛТ  
*А.Батсайхан, Э. Дагвасүрэн*..... 56
12. ПРИНТ МАШИНААР ХЭЭЛСЭН НООЛУУРАН СҮЛЖМЭЛ БҮТЭЭГДЭХҮҮНИЙ НОЙТОН  
БОЛОВСРУУЛАЛТЫН СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН  
*Ч.Батсүрэн*..... 61

### V. ЭРЧИМ ХҮЧ

13. УЛСЫН НЭГДҮГЭЭР ТӨВ ЭМНЭЛГИЙН ЦАХИЛГААН ТЭЖЭЭЛ ДЭХ ДЭЭД  
ГАРМОНИКЫН СУДАЛГАА БА МАТЕМАТИК БОЛОВСРУУЛАЛТ  
*Д.Пүрэвдаш, Д.Содномдорж*..... 66
14. УЛААНБААТАР ХОТЫН НИЙТИЙН ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ ГАЗРУУД ДАХЬ ЦАХИЛГААН  
СОРОНЗОН ОРНЫ ПАРАМЕТРУУДИЙН СУДАЛГАА  
*М. Баттулга, Д.Содномдорж, Б. Бат-Эрдэнэ*..... 75



## УЛААНБААТАР ХОТЫН НИЙТИЙН ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ ГАЗРУУД ДАХЬ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ОРНЫ ПАРАМЕТРУУДИЙН СУДАЛГАА

М. Баттулга<sup>1</sup>, Д. Содномдорж<sup>2</sup>, Б. Бат-Эрдэнэ<sup>3</sup>

Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль  
Эрчим хүчний сургууль

<sup>1</sup>[battulga@must.edu.mn](mailto:battulga@must.edu.mn)

<sup>2</sup>[sodnomd@must.edu.mn](mailto:sodnomd@must.edu.mn)

<sup>3</sup>[bat\\_erd@must.edu.mn](mailto:bat_erd@must.edu.mn)

### Хураангуй

Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны нөлөөллийг авч үзэх нь хүний болон амьд организмын үйл ажиллагаанд хэрхэн нөлөөлж байгаа ба үйлчлэлийн хэмжээ зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байгаа эсэх талаар дүгнэлт гаргасан. Иймд орчны цахилгаан соронзон цацрагийн хэмжилтийг гүйцэтгэхдээ Улаанбаатар хотын зургаан дүүрэг тус бүрт орших газруудыг аль болох олон хүн зорчиж байдаг нийтийн үйлчилгээний газруудыг сонгон авч эдгээр газруудад хэмжилт хийсэн болно. Нийтийн үйлчилгээний гол объектуудад: ЕБС 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 талбайн орчинг сонгон авсан. Нөгөө талаас цаг уурын нөхцөл байдлыг тооцох зорилгоор зун, намар, өвөл, хаврын хэмжилтийг гүйцэтгэсэн ба харин хэмжилт хийх цагийг бид өглөө, өдөр, оройн бүх цагуудад хийсэн болно. Цахилгаан соронзон орны параметруудийг хэмжихдээ үүнтэй нэгэн зэрэг орчны агаарын чанарын үзүүлэлтүүд болох агаарын даралт, температур, агаарын чийгшилт мөн нүүрс хүчлийн хийн хэмжилт хийсэн болно. Цахилгаан (E) ба соронзон (H) орны хүчлэгийг Тайван улсын ELECTROMAGNETIC FIELD METER 480823 маркийн багажаар, харин орчны агаарын чанарын үзүүлэлтүүдийг Америкийн нэгдсэн улсын Q-trak 7565 маркийн багажаар тус тус гүйцэтгэсэн болно.

**Түлхүүр үг:** цахилгаан төхөөрөмж, цахилгаан орон, соронзон орон, бохирдол

### Удиртгал

Хорьдугаар зууны хүн төрөлхтний хурдацтай хөгжил нь манай гаргийн нүүр царайг олон талын хувьсалд хүргэсэн ба дурын техникийн асуудлыг шийдвэрлэхэд хүрээлэн буй орчинтой хүний зохион бүтээгдсэн технологи мандлын харилцан үйлчлэлийн үр дагаварт дүн шинжилгээ хийхийг шаардаж байна. Иймд орчин үеийн экологийн асуудлын шийдэл бүх техникийн, ялангуяа эрчим хүчний салбарын болон шинжлэх ухааны мэдлэгийн хүрээний оролцоогүйгээр ямар ч боломжгүй юм. Цахилгаан соронзон

экологийн асуудалд техник хэрэгслүүдийн ойр орчинд тэдгээрийн байрлал, бодит онцлог чанар, бусад техникийн объектууд, материаллаг биетүүдийг тооцсон цахилгаан соронзон орны нарийвчилсан судалгааг гүйцэтгэх зайлшгүй нөхцөл байдал тавигдаж байна. Ялангуяа хот суурин газруудын хүн амын нягтрал ихтэй нийтийн үйлчилгээний газрууд болон ил хуваарилах байгууламжтай эрчим хүчний объектуудын орчны цахилгаан соронзон орны хүчлэгийг орчин үеийн хэмжилтийн багажуудыг ашиглаж туршилт,



хэмжилтийг явуулж хүний бие организм ба амьд организмд хэрхэн нөлөөлж байгааг тогтоох, сөрөг нөлөөллийг багасгах арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх хэрэгтэй байна.

### 1. Онолын хэсэг

Хүний организм ба түүний оршин байх орчныг холбох өөр хоорондоо сүлжилдсэн процессуудын олон талт байдал хүрээлэн буй орчинд санаатай бус үйлдлийн хувьд ч, байгалийн чиг зорилготойгоор өөрчлөхийн хувьд ч бий болсон үр дагаврын цогцолбор үнэлгээг шаардаж байна [1]. Иймд орчин үеийн экологийн асуудлын шийдэл нь шинжлэх ухааны бүх хүрээ ба техникийн салбаруудын оролцоогүйгээр ямарч боломжгүй юм.

Манай гаргийн дийлэнх орнуудын хөгжлийн улс ардын аж ахуйн төлөвлөгөөний хүрээлэн буй орчны асуудлаар НҮБ-ын программын хүрээнд гүйцэтгэсэн дүн шинжилгээ, улс орнуудын эдийн засгийн интеграл үзүүлэлтүүд, тэдгээрийн ойрын 10 жилийн хөгжлийн чиг хандлага нь олон талаар манай гараг дээрх өнөөгийн нөөц баялагаар хангагдахгүй гэдгийг харуулж байна [2-5]. Үүнтэй уялдаад экологийн чиг хандлагын сонголт чухал нөхцөл байдал болох бөгөөд түүний үндсэн дээр нийгмийн экологийн ухамсар төлөвшилт өнөөдөр хэдийгээр хүний нийгмийн тогтвортой хөгжлийн хангалттай нөхцөл биш ч гэсэн зайлшгүй нөхцөл болно.

Хүн төрөлхтний эрин үеийн гайхамшигтай амжилтуудын нэг нь цахилгаан соронзон энергийн газар сайгүй ашиглалт юм. Энэ нь өнөөдрийн түвшин дэх зохиомол гаралтай цахилгаан соронзон орны үүсгэгчид хүний бүхий л амьдралын туршид тасралтгүй бий болж байдагт хүргэдэг байна. Хүний хөдөлмөрийн үйл ажиллагааны процесс болох ахуйд янз бүрийн орон зай-цаг хугацааны тодорхойломжтой цахилгаан соронзон орныг бий болгодог янз бүрийн техник хэрэгсэл хүрээлж байдаг. Энд нэг хэсэг техникийн хэрэгслүүдийн хувьд цахилгаан соронзон энергийн үйлдвэрлэл, тэдгээрийн үйл ажиллагаагаар бий болох технологийн онцлогтой байхад, харин бусад хэрэгслүүдийн хувьд дагалдан бий болдог.

Тэдэнтэй холбоотой уламжлалт асуудлууд цахилгаан соронзон хяналтын үндэс болох дараах үндсэн хандлагуудын тусламжтайгаар шийдвэрлэгддэг. Үүнд:

- ✓ үүсгэгчид болох техник хэрэгслүүдийн зохион бүтээлт, төсөөлөлт ба байрлалтуудын үе шатанд маш чухал болох цахилгаан соронзон орны тооцооны таац [6-8];
- ✓ объектуудын ашиглалт ба тэдгээрийн цогцолборуудын үе шатанд цахилгаан соронзон төлөвийн хэмжилтийн хяналт [9-11];
- ✓ цахилгаан соронзон орны хамгаалалтын арга хэмжээний боловсруулалт ба цахилгаан соронзон орны хэм хэмжээний тогтоолт [8, 12].

Цахилгаан соронзон төлөвийн асуудалд техник хэрэгслүүдийн орчинд бусад техник хэрэгсэл болон материаллаг биетүүдийн бодит онцлог ба тэдгээрийн байршлыг тооцсон орны дүн шинжилгээ маш чухал гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй [8]. Энэ тохиолдолд туршилтын үнэн зөв гүйцэтгэл ба туршилтын замаар гарган авах үр дүнгүүдийн нарийвчлалыг гаргахад зохих хүндрэл бий болдог.

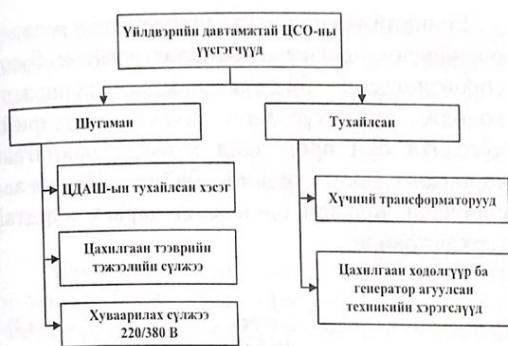
#### 1.1 Цахилгаан соронзон долгионы үүсгэгчид

Эрчим хүчний төхөөрөмжүүд, тухайлбал цахилгаан дамжуулах шугам, тэжээлийн болон хуваарилах шугам сүлжээ, цахилгаан тээврийн зүтгүүрийн дэд станцууд, хүчний трансформаторууд, хуваарилах пунктууд нь барилга байгууламжтай нутаг дэвсгэр дээр болон олон нийтийн газруудын цахилгаан соронзон ерөнхий төлөв байдалд тодорхойлогч хувь нэмэр оруулдаг үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан соронзон орныг бий болгодог [1, 8, 13, 14].

Цахилгаан соронзон орон (ЦСО) хүний эрүүл мэндэд хортой нөлөөлөл үзүүлдэг. Энэ нь юуны өмнө төв мэдрэлийн системд нөлөөлдөг. Гэр ахуйн цахилгаан техник, хэрэгслийн бий болгосон өндөр түвшний цахилгаан соронзон цацрагийн үйлчлэлийн үед толгой өвдөх, нойргүй болох болон ерөнхийдөө тааламжгүй байдалд хүргэдэг. Цахилгаан соронзон орон бол өөр хоорондоо тэгш өнцгөөр байрласан цахилгаан ба соронзон оронтой эквивалент цахилгаан гүйдлийн орчинд үүссэн хүчний орон юм.

Цахилгаан соронзон үүсгэгчдийг орон зайн хэлбэр ба цацаргагч бүтцийн онцлог хэмжээгээр ангилдаг. Энд шугаман үүсгэгчид, тухайлсан үүсгэгчид гэж ангилдаг (зураг 1).





Зураг 1. Үйлдвэрийн давтамжтай ЦСО-ны үүсгэгчүүд

Цахилгаан соронзон орны шугаман үүсгэгчдийн хувьд дараах өвөрмөц онцлогтой байдаг. Энэ хэлбэрийн бүх үүсгэгчдийг дамжуулагчийн хоорондын зай нь ажиглалтын цэг хүртэлх зайтай харьцуулахад эрс бага байх олон утастай дамжуулах шугам байдлаар авч үзэж болно.

ЦСО-ны үндсэн үүсгэгчид нь цахилгаан дамжуулах шугам, хүчний трансформаторууд, гэр ахуйн цахилгааны утас, хөдөлгүүрийн дамжлагатай багаж хэрэгсэл, компьютерын дэлгэц, цахилгаан харилцаа холбоо ба нэвтрүүлгийн төхөөрөмжүүд, мөн түүнчлэн гар утаснууд байдаг. ЦСО-ны үндсэн параметрууд бол цахилгаан орны хүчлэг ( $E$ ), соронзон орны хүчлэг ( $H$ ) болон энергийн урсгалын нягт ( $S$ ) юм. Янз бүрийн хэмжээстэй радио давтамж ба хэт өндөр давтамжийн эрчимжилтийн үнэлгээ янз бүр байдаг. Радио давтамжтай цацрагийн 300 МГц-ээс бага мужийн (IRRA/INIRC олон улсын байгууллагын зөвлөмж (иончлогдохгүй цацрагийн олон улсын хороо/цацрагаас хамгаалах олон улсын холбооны)-өөр 10 МГц-ээс бага цацрагийн эрчимжилт цахилгаан болон соронзон байгуулагчдын хүчлэгээр илэрхийлэгддэг ба вольтыг хуваах нь метр (В/м), эсвэл киловольтыг хуваах нь метр (кВ/м) болон амперыг хуваах нь метр (А/м) нэгжээр тодорхойлогддог.

Хэт өндөр давтамжийн мужид өөрөөр хэлбэл 300 МГц-ээс дээш байвал эрчимжилт буюу эсвэл энергийн урсгалын нягт ( $S$ ) ваттыг метр квадратад хуваасан нэгжээр ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ,  $1\text{Вт}/\text{м}^2=0.1\text{мВт}/\text{см}^2=100\text{мкВт}/\text{см}^2$ ) илэрхийлэгддэг. Нэлээд тохиолдолд соронзон орны тодорхойломжид соронзон индукцийг оруулдаг. Энэ нь соронзон орон индукцийн векторт тэгш өнцгөөр байрласан гүйдлийн

нэгж элементэд үйлчлэх хүчтэй тэнцүү байна. Индукцийн нэгж тесла (Тл) болно.

ЦСО нь цахилгаан цэнэглэгдсэн биеүдтэй, мөн түүнчлэн өөрийн диполь ба мультиполь цахилгаан болон соронзон моментуудтай биеүдтэй харилцан үйлчлэх суурь физик орон болно. Тодорхой нөхцөлд бие биеэ үүсгэж чадах цахилгаан, соронзон орнуудын цогц нь үнэн чанартаа цахилгаан соронзон орны нэг л мөн чанар юм.

Цахилгаан соронзон орон цахилгаан динамикт сонгодог дөхөлтөөрөө Максвеллын тэгшитгэлийн системийн тусламжтайгаар илэрхийлэгддэг. Орчин үеийн томьёоллоор цахилгаан соронзон орон цахилгаан орны хүчлэгийн гурван байгуулагч ба соронзон орны гурван байгуулагч болох бүрдүүлэгчдээр илэрхийлэгддэг. ЦСО-ны квантлаг шинж чанар ба түүний цэнэглэгдсэн хэсгүүдтэй, харилцан үйлчлэл нь квантын цахилгаан динамикийн судлах зүйл болно.

Орон зайд тархаж буй цахилгаан соронзон орны долгиолыг цахилгаан соронзон долгион гэж нэрлэдэг. Дурын цахилгаан соронзон долгион хоосон орон зайд (вакумд) гэрлийн хурдаар тархдаг (гэрэл өөрөө соронзон долгион болно). Долгионы утгаас хамаарч цахилгаан соронзон цацраг (ЦСЦ)-ийг радио цацраг ба гэрэл гэж ангилдаг. Цахилгаан гүйдлийн  $f = 50\text{Гц}$  давтамжтай үед долгионы урт:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{50} = 0.6 \cdot 10^7 \text{ м} = 6000 \text{ км}$$

болно. Энэ тохиолдолд квазистационар нөхцөл биелэгддэг, өөрөөр хэлбэл долгионы урт авч үзэж буй дамжуулагчийн ерөнхий уртаас эрс их тул хугацааны агшин бүр дэх нийт хэлхээний гүйдлийн амплитудын тархалтыг жигд гэж үзэж болно [15]. Максвеллын тэгшитгэл [16]:

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \quad \text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (1)$$

$\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$  ба  $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$  уламжлалууд бага учраас тэдгээрийг тооцохгүй байж болно. Учир нь ЦСО хугацааны туршид харьцангуй удаан өөрчлөгддөг. Тэгвэл Максвеллын тэгшитгэл дараах хэлбэртэй болно [17]:

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}, \quad \text{rot } \vec{E} = \vec{0} \quad (2)$$

Энэ хэлбэрийн бодлогын нөхцөлд цахилгаан ба соронзон орныг өөр хоорондоо үл хамаарах



функц байдлаар авч үзэж болох бөгөөд цахилгаан соронзон долгион цацрагдахгүй гэж болно.

### 1.2. Цахилгаан соронзон орны хэмжилт, тооцоо

Цахилгаан соронзон орны үүсгэгчдийн эрчимжилтээс хамаарч үйлчлэлийн богино, дунд, урт гэсэн янз бүрийн хэмжээстэй байдаг. Эдгээр нь бүгд хүний организмд сөрөг нөлөө үзүүлдэг. Цацрагийн үүсгэгч хэдий чинээ ойрхон байрласан байна төдий чинээ аюултай байна. Ажлын байран дахь ЦСО-ны эрчимжилтийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын норм СанПиН 2.2.4.3359-16 албан баримтаар журамлагдсан байна. Цацрагийн түвшний хяналт нь бодит (хэмжилтээр гарсан) утгыг хязгаарын нормтой харьцуулах, хүмүүсийн эрүүл мэндэд ЦСО-ны сөрөг нөлөөллийг арилгахын тулд аюулгүй байдлын арга хэмжээг боловсруулахад шаардлагатай юм.

Соронзон орны ажлын байран дахь зөвшөөрөгдөх хязгаарын нормыг дараах хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Ажлын байран дахь соронзон орны зөвшөөрөгдөх хязгаарын норм

Ажлын өдөрт үйлчлэх хугацаа, минут	Үйлчлэлийн нөхцөл			
	Ерөнхий		Хэсэгчилсэн	
	СО-ны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын утга, кА/м	Соронзон индукцийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын утга, мГл	СО-ны хүчлэгийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын утга, кА/м	Соронзон индукцийн зөвшөөрөгдөх хязгаарын утга, мГл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

Хүний биед соронзон орны үүсгэгчид ба багаж төхөөрөмжийн үйлчлэл хавдар үүсгэх нөлөөтэй ижил төстэй байдаг. Энэ үйлчлэл бусад дотоод шүүрлийн, дархлаа, мэдрэлийн болон бэлэг эрхтний системд хүчтэй нөлөөлдөг.

Үйлчлэлийн шинж тэмдэг:

- ✓ Их хэмжээгээр ядрах;
- ✓ Нойргүй болох;
- ✓ Толгой өвдөх;
- ✓ Анхаарлаа төвлөрүүлэх чадваргүй болох зэрэг болно.

Ерөнхий тохиолдолд хугацаанаас хамааран өөрчлөгдөх цэнэгүүд ба цэнэглэгдсэн буюу соронзлогдсон биеийн гүйдэл, гүйдэлтэй хөдөлж буй хүрээний хувьд тэдгээрийн хүрээлэн буй орон зайд хувьсах цахилгаан соронзон орон оршин байна. Цахилгаан соронзон долгион орон зайд дараах хурдтай тархдаг байна.

$$V = \frac{1}{\sqrt{\mu_a \epsilon_a}}, \quad (3)$$

Энд:

$\mu_a$  - орчны үнэмлэхүй соронзон нэвтрүүлэх чадвар;

$\epsilon_a$  - орчны үнэмлэхүй диэлектрик нэвтрүүлэх чадвар.

Энэ хурд зөвхөн орчны соронзон ба цахилгаан шинж чанараас хамаардаг гэдэг нь харагдаж байна. Цахилгаан ба соронзон орнуудын хүчлэгийн үнэмлэхүй утгууд шууд ба урвуу долгионд дараах харьцаагаар холбогдоно [17].

$$H = \sqrt{\frac{\epsilon_a}{\mu_a}} E, \quad (4)$$

Эндээс дараах илэрхийллийг гарган авна.

$$\frac{\mu_a H^2}{2} = \frac{\epsilon_a E^2}{2}, \quad (5)$$

Иймд хэрэв шууд буюу урвуу долгион оршин байвал цахилгаан соронзон орнуудын энерги өөр хоорондоо тэнцүү байна. Үнэмлэхүй диэлектрик соронзон нэвтрүүлэх чадварыг дараах байдлаар тодорхойлж болно.

$$\epsilon_a = \epsilon \epsilon_0; \quad \mu_a = \mu \mu_0, \quad (6)$$

Энд:

$\epsilon_0$  ба  $\epsilon$  – вакуум ба орчин дахь харьцангуй диэлектрик нэвтрүүлэх чадварууд,  $\mu_0$  ба  $\mu$  - вакуум ба орчин дахь харьцангуй соронзон нэвтрүүлэх чадварууд. Орчны шинж чанараас хамаарах эдгээр  $\epsilon$  ба  $\mu$  хэмжигдэхүүнүүд тогтмол байх ба тэдгээрийн утгууд лавлахад өгөгдөнө, харин агаарын хувьд  $\epsilon = \mu = 1$  байна. Вакуумд эдгээр хэмжигдэхүүн  $\mu_0$  ба  $\epsilon_0$  тогтмол байх ба тэдгээрийг:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м},$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$



гэж тодорхойлно. Хэрэв авч үзэж буй орчин вакуум буюу агаар байвал (4) илэрхийллийг дараах хэлбэрт бичиж болно.

$$E = H \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = H \sqrt{\frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{8.8542 \cdot 10^{-12}}} = 377 H, \quad (7)$$

Ийм учраас цахилгаан ба соронзон орныг тодорхойлохын тулд зарчмын хувьд  $H$  ба  $E$  хүчлэгүүдийн аль нэгийг хэмжихэд хангалттай юм. Хоёр дахийг (7) томъёогоор тодорхойлно.

Хэмжилтийг гүйцэтгэхдээ Улаанбаатар хотын засаг захиргааны нэгжээр буюу дүүргүүдийн хэмжээнд тухайн нутаг дэвсгэрт хамаарах сургууль, цэцэрлэг, үйлчилгээний газар, албан байгууллага, эрүүл мэндийн газар, орон сууцны хороолол гэх мэт газруудыг сонгон авсан. Хэмжилт гүйцэтгэсэн цэгүүдийг зураг 2-д үзүүлэв.

Хэмжилт гүйцэтгэсэн үндсэн үе шат:

1. Тухайн объектод өдрийн 3 удаа (өглөө, өдөр, орой) хэмжилт гүйцэтгэсэн.
2. Хэмжилт хийх үеийн орчны даралт, температур, чийгшил, хүчилтөрөгчийн хэмжээг тэмдэглэн авсан.
3. Тухайн орчинд ажиллаж буй цахилгаан соронзон орны үүсгэгчүүдийг тодорхойлсон.
4. Тухайн объектын ерөнхий мэдээлэл цуглуулсан. (байршил, план зураг, цахилгааны монтажийн схем, гэх мэт).



Зураг 2. Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны хэмжилт хийсэн цэгүүд

Зураг 2-т үзүүлсэн цэгүүдэд хийсэн хэмжилтийн тоон утгыг хүснэгт 2-7-д үзүүлэв.

Хүснэгт 2. СБД-ийн Цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн утгууд

Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн өгөө	Хэмжилт хийсэн цаг	E		B		Ц	Агаарын температур, °C	Агаарын чийгшил, %	Агаарын даралт, кПа	Нүдс хүсийн хий, CO <sub>2</sub>	
			В/м	мкТ	мкТ	А/м					ррм	кг/м <sup>3</sup>
1 100-ийл Bus stop	2019.02.17	1650	3.77	0.01	0.008	-3.1	16.9	86.7	682	0.682		
2 32-р тойрог	2019.02.17	1822	7.54	0.02	0.016	-4.6	24.5	86.9	621	0.621		
3 МУИС 1-р байр дотор	2019.01.28	1424	7.54	0.02	0.016	3.4	39.4	88	503	0.503		
4 МУИС 1-р байр гадна	2019.01.28	1444	3.77	0.01	0.008	-13.4	16.4	87.8	469	0.469		
5 11-р хороолол 5 байр гадна	2019.1.19	1748	354.38	0.94	0.752	-12	62	87.8	520	0.52		
6 11-р хороолол 6 байр гадна	2019.1.19	1750	595.66	1.58	1.264	-11.5	62.1	87.8	608	0.608		
7 11-р хороолол 1 байр дотор	2019.1.19	1755	143.26	0.38	0.304	16.4	6.4	87.1	676	0.676		
8 11-р хороолол 1байр гадна	2019.1.19	1758	11.31	0.03	0.024	-11.7	61	87.8	520	0.52		
9 ШУТИС II байр дотор	2019.1.19	1724	64.09	0.17	0.136	20.2	9.9	88.2	701	0.701		
10 ШУТИС II байр гадна	2019.1.19	1734	22.62	0.06	0.048	-10.6	45.3	88.1	504	0.504		
11 64-р дэлгүүр гадна	2019.1.19	1736	3.77	0.01	0.008	-11	51.9	88.1	677	0.677		
12 64-ийн автобусны буудал	2019.1.19	1737	49.01	0.13	0.104	-11	54.2	88	680	0.68		
13 ХБ нэлж түүн талд	2019.1.19	1741	79.17	0.21	0.168	-12	57.8	87.9	581	0.581		
14 2-р сургуулийн гадна	2019.1.19	1746	49.01	0.13	0.104	-11.9	62.4	87.8	515	0.515		
15 Номин 32 ХТ дотор	2019.02.17	1740	7.54	0.02	0.016	1.6	22.7	86.9	787	0.787		
16 Номин 32 ХТ гадна	2019.02.17	1746	7.54	0.02	0.016	-7.4	31.6	86.8	514	0.514		

Хүснэгт 3. ХУД-ийн Цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн утгууд

Хэмжилт хийсэн газар	Хэмжилт хийсэн өгөө	Хэмжилт хийсэн цаг	E		B		Ц	Агаарын температур, °C	Агаарын чийгшил, %	Агаарын даралт, кПа	Нүдс хүсийн хий, CO <sub>2</sub>	
			В/м	мкТ	мкТ	А/м					ррм	кг/м <sup>3</sup>
1 3-р хороо, 52-р байр дотор	2019.01.28	1734	7.54	0.02	0.016	-3.6	18.1	87.8	543	0.543		
2 3-р хороо, 52-р байр гадна	2019.01.28	1758	3.77	0.01	0.008	-15.7	44.4	87.6	740	0.74		
3 Улаа сүх байр дотор	2019.02.16	1314	7.54	0.02	0.016	-6.5	15	87.9	496	0.496		
4 Улаа сүх байр гадна	2019.02.16	1135	3.77	0.01	0.008	-13.2	-48.5	87.5	535	0.535		
5 Нислэгийн сууц дотор	2019.02.16	1741	11.31	0.03	0.024	5.2	29.3	87.8	545	0.545		
6 Нислэгийн сууц дотор	2019.02.16	1728	15.08	0.04	0.032	-7	21.7	87.9	490	0.49		
7 Зайсан орон сууц дотор	2019.02.16	2013	7.54	0.02	0.016	3.7	49.8	87.8	627	0.627		
8 Зайсан орон сууц гадна	2019.02.16	1957	7.54	0.02	0.016	-14.2	23.4	87.7	489	0.489		
9 Улаанбаатар сүхнээх дотор	2019.01.28	1818	7.54	0.02	0.016	-3.4	43.5	87.8	614	0.614		
10 Улаанбаатар сүхнээх гадна	2019.01.28	1805	3.77	0.01	0.008	-16	19.2	87.7	489	0.489		
11 Нислэгийн сууцны буудал дотор	2019.02.16	1842	18.85	0.05	0.04	1.1	32.1	87.7	545	0.545		
12 Нислэгийн сууцны буудал гадна	2019.02.16	1822	3.77	0.01	0.008	-2.7	21	87.9	598	0.598		
13 Хүний малт дотор	2019.02.16	1415	7.54	0.02	0.016	3.2	45.9	87.5	813	0.813		
14 Хүний малт гадна	2019.02.16	1421	7.54	0.02	0.016	-3.3	22.9	87.4	589	0.589		
15 Ярмаг Bus stop	2019.02.16	1908	7.54	0.02	0.016	-11	33.5	87.3	514	0.514		
16 Зайсан Bus stop	2019.02.16	2024	3.77	0.01	0.008	-13.4	26.2	87.7	468	0.468		
17 ХААНС гадна	2019.02.16	2041	3.77	0.01	0.008	-13.8	17.4	87.9	497	0.497		
18 КFC 10-р салбар дотор	2019.01.28	1653	3.77	0.01	0.008	11.2	53.3	87	824	0.824		
19 КFC 10-р салбар гадна	2019.01.28	1647	3.77	0.01	0.008	-14.1	15.7	86.8	476	0.476		





Хүснэгт 4. БЗД-ийн Цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн утгууд

Table with 10 columns: Measurement point, Date, Value, and various parameters (E, V, U, etc.). Rows include locations like 'Officer 118A' and 'Officer 14A'.

Хүснэгт 6. СХД-ийн Цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн утгууд

Table with 10 columns: Measurement point, Date, Value, and various parameters (E, V, U, etc.). Rows include locations like 'Dagun center' and 'Dagun center'.

Хүснэгт 5. БГД-ийн Цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн утгууд

Table with 10 columns: Measurement point, Date, Value, and various parameters (E, V, U, etc.). Rows include locations like '1st floor' and '2nd floor'.

Хүснэгт 7. ЧД-ийн Цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн утгууд

Table with 10 columns: Measurement point, Date, Value, and various parameters (E, V, U, etc.). Rows include locations like 'Biosphere' and 'Biosphere'.



## 2. Орчны цахилгаан соронзон орны параметрууд болон агаарын чанарын үзүүлэлтүүдийн хоорондын корреляци хамаарлын дүн шинжилгээ

Нийслэл хотын орчны цахилгаан соронзон орны параметрууд болох цахилгаан орны хүчлэг ( $E$ ), соронзон орны индукци ( $B$ ), болон соронзон орны хүчлэг ( $H$ ), агаарын температур ( $C$ ), даралт ( $AD$ ), чийгшилт ( $ACH$ ), ба нүүрс хүчлийн хий ( $CO_2$ )-ын хэмжилтийн утгуудаар цахилгаан соронзон орны параметрууд агаарын чанарын үзүүлэлтүүдээс хамаарах зүй тогтол байгаа эсэхийг шалгахын тулд тэдгээрийн хоорондын математик илэрхийллийг математик статистикийн аргуудыг ашиглаж регрессийн загварыг байгуулж улмаар байгуулсан загваруудын үнэмшил (нарийвчлал)-ийг холбогдох онолын математик шинжүүрүүдээр шалгах асуудал чухал ач холбогдолтой байдаг. Ингэж регрессийн загварын үл хамаарах хувьсахуудыг сонгох, эдгээр хувьсахууд цахилгаан соронзон орны параметруудийн хоорондын харилцан уялдаа холбоог судлахын тулд корреляцийн шинжлэлийг гүйцэтгэдэг [19-22].

Регрессийн шинжлэлийн эхний шат бол эх олонлогоос анхны өгөгдлийн үл хамаарах параметруудийн түүвэр олонлогийг сонгон тэдгээрийн харилцан үл хамаарах нөхцөлийг шалгадаг. Регрессийн шинжлэлийн аргыг эрчим хүчний тооцоонд хэрэглэхэд гардаг хамгийн хүндрэлтэй асуудлын нэг бол анхдагч өгөгдөл болох  $X$  параметрууд өөр хоорондоо их бага хэмжээгээр хамааралтай байдагт оршино. Математик статистикт үл хамаарах параметрууд хэр зэрэг харилцан хүчтэй ба сул хамааралтай болохыг шалгадаг олон янзын аргууд байдаг. Практикт түгээмэл хэрэглэдэг арай хялбар арга бол корреляцийн матрицыг байгуулсаны үндсэн дээр хамгийн их хос корреляцийн коэффициентийг тогтоох арга юм. Иймд олон хэмжээст корреляцийн шинжлэлд түүвэр олонлогийг хувьсахуудын корреляцийн матрицыг байгуулах үе шат чухал юм. Харилцан хамаарлын гол үзүүлэлт нь хамгийн их хос корреляцийн коэффициент болно.

$$\max(r_{ij}) \quad (8)$$

Энэ хэмжигдэхүүн туйлын утгаараа нэгтэй тэнцүү буюу бага байдаг. Хос корреляцийн коэффициент хичнээн бага байна, төдий чинээ харилцан бага хамааралтай байна.

Чухам хэдээс бага байвал харилцан хамааралгүй гэж үзэх вэ? гэдэг талаар тогтсон журам байхгүй ба судалгаа тооцооноос үзэхэд  $r_{ij} < 0.4$  байвал харилцан хамааралгүй гэж болно. Регрессийн шинжлэлийн өөр нэг гол асуудал нь сонгож авсан харилцан үл хамаарах параметруудийн түүвэр олонлогоос олонлогийн параметруудийн тоог сонгоход эсрэг тэсрэг хоёр шинжүүрийг авч үздэг [18]. Үүнд:

1. Цахилгаан соронзон орны параметруудийг илүү нарийвчлалтай тодорхойлох, үнэмшил сайтай регрессийн загвар гарган авахын тулд аль болох олон параметруудийг оруулах хэрэгтэй.

2. Олон параметруудийг тооцохын тулд их хэмжээний мэдээллийг боловсруулахад ихээхэн хөдөлмөр, цаг хугацаа шаарддаг тул аль болох цөөн тооны параметруудийг оруулах шаардлагатай болдог.

Энэ хоёр эсрэг тэсрэг зөрчлийг аль болохоор зохицуулах зорилгын үүднээс хамгийн сайн дэд олонлогийг буюу хамгийн оновчтой тэгшитгэлийг сонгох хэрэгтэй. Дүүргүүдийн хэмжилтийн үр дүнгээр байгуулсан корреляцийн коэффициентийн матрицыг хүснэгт 8-13-д тус тус харуулав.

Хүснэгт 8. СБД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцийн коэффициентийн матриц

		$E$	$B$	$H$	Агаарын температур	Агаарын чийгшилт	Агаарын даралт	Нүүрс хүчлийн хий, $CO_2$
		В/м	мкТ	А/м	$^{\circ}C$	%	кРа	ppm
$E$	В/м	1						
$B$	мкТ		1					
$H$	А/м			1				
Агаарын температур	$^{\circ}C$	-0.12408	-0.12408	-0.12408	1			
Агаарын чийгшилт	%	0.37516	0.37516	0.37516	-0.72750	1		
Агаарын даралт	кРа	0.15700	0.15700	0.15700	-0.17447	0.50290	1	
Нүүрс хүчлийн хий, $CO_2$	ppm	-0.03076	-0.03076	-0.03076	0.50351	-0.38406	-0.29956	1
	кг/м <sup>3</sup>	-0.03076	-0.03076	-0.03076	0.50351	-0.38406	-0.29956	1

Хүснэгт 9. БЗД-ийн хэмжилтийн үр дүнгийн корреляцийн коэффициентийн матриц

		$E$	$B$	$H$	Агаарын температур	Агаарын чийгшилт	Агаарын даралт	Нүүрс хүчлийн хий, $CO_2$
		В/м	мкТ	А/м	$^{\circ}C$	%	кРа	ppm
$E$	В/м	1						
$B$	мкТ		1					
$H$	А/м			1				
Агаарын температур	$^{\circ}C$	0.06775	0.06775	0.06775	1			
Агаарын чийгшилт	%	0.08664	0.08664	0.08664	0.14256	1		
Агаарын даралт	кРа	-0.32065	-0.32065	-0.32065	0.17132	-0.39955	1	
Нүүрс хүчлийн хий, $CO_2$	ppm	0.07712	0.07712	0.07712	0.37128	0.62420	-0.39916	1
	кг/м <sup>3</sup>	0.07712	0.07712	0.07712	0.37128	0.62420	-0.39916	1



**Хүснэгт 10. БГД-ийн хэмжислтийн үр дүнгийн корреляцийн коэффициентийн матриц**

		E	B	Ц	Агаарын температур	Агаарын чийгшил	Агаарын даралт	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°C	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
E	В/м	1							
B	мкТ	1	1						
Ц	А/м	1	1	1					
Агаарын температур	°C	0.08458	0.08458	0.08458	1				
Агаарын чийгшил	%	0.08403	0.08403	0.08403	0.92818	1			
Агаарын даралт	кРа	0.07630	0.07630	0.07630	0.04140	-0.08851	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	0.11910	0.11910	0.11910	0.80964	0.86776	-0.02517	1	
	кг/м <sup>3</sup>	0.11910	0.11910	0.11910	0.80964	0.86776	-0.02517	1	1

**Хүснэгт 11. ЧД-ийн хэмжислтийн үр дүнгийн корреляцийн коэффициентийн матриц**

		E	B	Ц	Агаарын температур	Агаарын чийгшил	Агаарын даралт	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°C	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
E	В/м	1							
B	мкТ	1	1						
Ц	А/м	1	1	1					
Агаарын температур	°C	-0.25544	-0.25544	-0.25544	1				
Агаарын чийгшил	%	-0.1449	-0.1449	-0.1449	0.57313	1			
Агаарын даралт	кРа	0.09682	0.09682	0.09682	-0.27092	0.07379	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	-0.10097	-0.10098	-0.10098	0.79079	0.79845	0.10992	1	
	кг/м <sup>3</sup>	-0.10097	-0.10098	-0.10098	0.79079	0.79845	0.10992	1	1

**Хүснэгт 12. СХД-ийн хэмжислтийн үр дүнгийн корреляцийн коэффициентийн матриц**

		E	B	Ц	Агаарын температур	Агаарын чийгшил	Агаарын даралт	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°C	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
E	В/м	1							
B	мкТ	1	1						
Ц	А/м	1	1	1					
Агаарын температур	°C	0.170166	0.170166	0.170166	1				
Агаарын чийгшил	%	0.039416	0.039416	0.039416	-0.0424562	1			
Агаарын даралт	кРа	0.237467	0.237467	0.237467	-0.4078295	0.606841	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	0.223498	0.223498	0.223498	0.6069617	0.599255	0.18381	1	
	кг/м <sup>3</sup>	0.223498	0.223498	0.223498	0.6069617	0.599255	0.18381	1	1

**Хүснэгт 13. ХУД-ийн хэмжислтийн үр дүнгийн корреляцийн коэффициентийн матриц**

		E	B	Ц	Агаарын температур	Агаарын чийгшил	Агаарын даралт	Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	
		В/м	мкТ	А/м	°C	%	кРа	ppm	кг/м <sup>3</sup>
E	В/м	1							
B	мкТ	1	1						
Ц	А/м	1	1	1					
Агаарын температур	°C	0.37235	0.37235	0.37235	1				
Агаарын чийгшил	%	-0.06048	-0.06048	-0.06048	0.43632	1			
Агаарын даралт	кРа	0.30047	0.30047	0.30047	-0.03441	-0.23660	1		
Нүүрс хүчлийн хий, CO <sub>2</sub>	ppm	-0.14824	-0.14824	-0.14824	0.58867	0.73710	-0.27245	1	
	кг/м <sup>3</sup>	-0.14824	-0.14824	-0.14824	0.58867	0.73710	-0.27245	1	1

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд дүүргүүдийн нутаг дэвсгэр дээрх үйлчилгээний олон нийтийн байгууллагуудын орчны ЦСО-ны параметрууд болон агаарын чанарын үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарлын талаарх тодорхой зүй тогтол харагдахгүй байна. Учир нь үзүүлэлтүүдийн хоорондын хос корреляцийн коэффициентууд ихэнх тохиолдолд 0.4-өөс бага гарсан нь тэдгээрийн хооронд харилцан хамаарлын зүй тогтол илрэхгүй байна. Иймд бид ямар ч гэсэн орчны агаарын чанарын үзүүлэлтүүдээс хамаарсан ЦСО-ны параметруудийн регрессийн математик загварыг байгуулж үр дүнд дүгнэлт хийх шаардлагатай юм.

## 2. Цахилгаан соронзон орны параметруудийн регрессийн загварууд

Регрессийн загварын үл хамаарах параметруудад агаарын температур (C), агаарын чийгшилт (ACH), агаарын даралт (AD), нүүрс хүчлийн хий (CO<sub>2</sub>)-г сонгон авч эдгээрээс цахилгаан орны хүчлэг (E), соронзон орны хүчлэгийн хамаарах регрессийн шугаман ба шугаман бус загваруудыг дүүрэг тус бүрийн нутаг дэвсгэр дэх олон нийтийн үйлчилгээний газаруудын хувьд байгуулж холбогдох үнэмшлийн шинжүүрүүдээр шалгасан болно.

Байгуулсан шугаман загварууд ба тэдгээрийн үнэмшлийн шинжүүрүүдийн утгуудыг хүснэгт 14-д харуулав. Харин регрессийн шугаман бус загваруудыг хүснэгт 15-д үзүүлэв.



**Хүснэгт 14. Дүүргүүдийн ЦСО-ны параметруудийн регрессийн шугаман загварууд**

№	Олон хэмжээт шугаман регрессийн загварууд	Фишерийн шинжүүр, F		Олон хэмжээт корреляцийн коэффициент, R
		F	F <sub>эс, α=0.05</sub>	
<b>Хан-Уул дүүргэ</b>				
1	$E = -167.78 + 0.2702 \cdot C + 0.0303 \cdot ACH + 2.102 \cdot AD - 0.0175 \cdot CO2$	2.18	3.11	0.620
2	$H = -0.445 + 0.00072 \cdot C + 0.00008 \cdot ACH + 0.00558 \cdot AD - 0.00005 \cdot CO2$	2.184	3.11	0.619
<b>Баянгол дүүргэ</b>				
3	$E = -993.55 - 0.0646 \cdot C - 0.04262 \cdot ACH + 11.266 \cdot AD + 0.02128 \cdot CO2$	0.153	2.71	0.146
4	$H = -2.64 - 0.00017 \cdot C - 0.00011 \cdot ACH + 0.0299 \cdot AD + 0.00006 \cdot CO2$	0.153	2.71	0.1462
<b>Баянзүрх дүүргэ</b>				
5	$E = 139.76 + 0.0535 \cdot C - 0.00172 \cdot ACH - 1.554 \cdot AD - 0.00055 \cdot CO2$	0.551	3.06	0.3689
6	$H = 0.3707 + 0.000142 \cdot C - 0.000005 \cdot ACH - 0.004122 \cdot AD - 0.000001 \cdot CO2$	0.5512	3.06	0.3689
<b>Сүхбаатар дүүргэ</b>				
7	$E = 272811 + 4467 \cdot C + 4481 \cdot ACH - 32289 \cdot AD + 0.0304 \cdot CO2$	0.6912	3.36	0.4482
8	$H = 7.236 + 0.0118 \cdot C + 0.0119 \cdot ACH - 0.0856 \cdot AD - 0.000081 \cdot CO2$	0.6912	3.36	0.4482
<b>Сонгино хайрхан дүүргэ</b>				
9	$E = -354.08 + 0.0844 \cdot C - 0.1459 \cdot ACH + 4.107 \cdot AD + 0.0022 \cdot CO2$	0.902		0.453
10	$H = -0.9392 + 0.000224 \cdot C - 0.000387 \cdot ACH + 0.01089 \cdot AD + 0.000006 \cdot CO2$	0.902		0.453
<b>Чингэлтэй дүүргэ</b>				
11	$E = 101.98 - 0.4417 \cdot C - 0.0934 \cdot ACH - 1.117 \cdot AD + 0.00705 \cdot CO2$	0.863		0.355
12	$H = 0.271 - 0.00117 \cdot C - 0.00025 \cdot ACH - 0.00296 \cdot AD + 0.000019 \cdot CO2$	0.863		0.355

**Хүснэгт 15. Дүүргүүдийн ЦСО-ны параметруудийн шугаман бус загварууд**

№	Олон хэмжээт шугаман бус регрессийн загварууд	Фишерийн шинжүүр, F		Олон хэмжээт корреляцийн коэффициент, R
		F <sub>г</sub>	F <sub>эс, α=0.05</sub>	
<b>Хан-Уул дүүргэ</b>				
1	$E = -3168.25 - 33.82 \cdot C - 7.464 \cdot ACH + 22.57 \cdot AD + 8.294 \cdot CO2 + 0.0342 \cdot C \cdot ACH + 0.41 \cdot C \cdot AD - 0.0053 \cdot C \cdot CO2 + 0.1095 \cdot ACH \cdot AD - 0.00261 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.0993 \cdot AD \cdot CO2 - 0.0344 \cdot C^2 - 0.0052 \cdot ACH^2 + 0.1692 \cdot AD^2 + 0.00036 \cdot CO2^2$	1.02	5.87	0.883
2	$H = -8.404 - 0.0897 \cdot C - 0.0198 \cdot ACH + 0.0599 \cdot AD + 0.022 \cdot CO2 + 0.0001 \cdot C \cdot ACH + 0.0011 \cdot C \cdot AD - 0.00001 \cdot C \cdot CO2 + 0.00029 \cdot ACH \cdot AD - 0.000007 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.00026 \cdot AD \cdot CO2 - 0.00009 \cdot C^2 - 0.00001 \cdot ACH^2 + 0.00045 \cdot AD^2 + 0.000001 \cdot CO2^2$	1.019	5.87	0.883
<b>Баянгол дүүргэ</b>				
3	$E = 1609459 + 2407.13 \cdot C - 2489.32 \cdot ACH - 37545.43 \cdot AD + 72.58 \cdot CO2 - 0.6969 \cdot C \cdot ACH - 27.38 \cdot C \cdot AD + 0.03398 \cdot C \cdot CO2 + 28.19 \cdot ACH \cdot AD - 0.0132 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.8082 \cdot AD \cdot CO2 + 0.1324 \cdot C^2 + 0.2612 \cdot ACH^2 + 211.03 \cdot AD^2 - 0.00067 \cdot CO2^2$	0.496	2.29	0.527
4	$H = 4428.27 + 6.38 \cdot C - 6.6 \cdot ACH - 99.59 \cdot AD + 0.1925 \cdot CO2 - 0.0018 \cdot C \cdot ACH - 0.0726 \cdot C \cdot AD + 0.00009 \cdot C \cdot CO2 + 0.07478 \cdot ACH \cdot AD - 0.00004 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.00214 \cdot AD \cdot CO2 + 0.00035 \cdot C^2 + 0.00069 \cdot ACH^2 + 0.5598 \cdot AD^2 - 0.000002 \cdot CO2^2$	0.496	2.29	0.527
<b>Баянзүрх дүүргэ</b>				
5	$E = 23016.88 - 77.07 \cdot C - 36.39 \cdot ACH - 529.61 \cdot AD + 1.026 \cdot CO2 - 0.0442 \cdot C \cdot ACH + 0.8839 \cdot C \cdot AD + 0.00103 \cdot C \cdot CO2 + 0.4122 \cdot ACH \cdot AD + 0.00121 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.0116 \cdot AD \cdot CO2 - 0.00697 \cdot C^2 - 0.0088 \cdot ACH^2 + 3.046 \cdot AD^2 - 0.00002 \cdot CO2^2$	0.507	4.64	0.7996
6	$H = 61.05 - 0.2044 \cdot C - 0.0965 \cdot ACH - 1.405 \cdot AD + 0.00272 \cdot CO2 - 0.00012 \cdot C \cdot ACH + 0.00234 \cdot C \cdot AD + 0.000003 \cdot C \cdot CO2 + 0.00109 \cdot ACH \cdot AD + 0.000003 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.000031 \cdot AD \cdot CO2 - 0.000018 \cdot C^2 - 0.000023 \cdot ACH^2 + 0.00008 \cdot AD^2 + 0.0000001 \cdot CO2^2$	0.5067	4.64	0.7996

Сүхбаатар дүүргэ				
7	$E = 65896107 + 7003675 \cdot C + 9080148 \cdot ACH - 15607439 \cdot AD + 408164 \cdot CO2 - 14.15 \cdot C \cdot ACH - 72804 \cdot C \cdot AD - 10.27 \cdot C \cdot CO2 - 102715 \cdot ACH \cdot AD - 1.685 \cdot ACH \cdot CO2 - 47.66 \cdot AD \cdot CO2 + 47.95 \cdot C^2 + 0.1267 \cdot ACH^2 + 9232.88 \cdot AD^2 + 0.08804 \cdot CO2^2$	4.217	19.44	0.9916
8	$H = 174790.7 + 185.77 \cdot C + 240.85 \cdot ACH - 4139.9 \cdot AD + 10.83 \cdot CO2 - 0.0375 \cdot C \cdot ACH - 1.931 \cdot C \cdot AD - 0.0272 \cdot C \cdot CO2 - 2.725 \cdot ACH \cdot AD - 0.00447 \cdot ACH \cdot CO2 - 0.1264 \cdot AD \cdot CO2 + 0.1272 \cdot C^2 + 0.00034 \cdot ACH^2 + 24.49 \cdot AD^2 + 0.00023 \cdot CO2^2$	4.2173	19.44	0.9916
<b>Сонгино хайрхан дүүргэ</b>				
9	$E = -86680.34 + 258.43 \cdot C + 94.91 \cdot ACH + 1990.62 \cdot AD - 6.732 \cdot CO2 - 0.0562 \cdot C \cdot ACH - 2.932 \cdot C \cdot AD - 0.00038 \cdot C \cdot CO2 - 1.0612 \cdot ACH \cdot AD - 0.00239 \cdot ACH \cdot CO2 + 0.076 \cdot AD \cdot CO2 - 0.0986 \cdot C^2 - 0.0251 \cdot ACH^2 - 11.427 \cdot AD^2 + 0.00011 \cdot CO2^2$	0.589	5.87	0.821
10	$H = -229.92 + 0.6855 \cdot C + 0.2517 \cdot ACH + 5.28 \cdot AD - 0.0179 \cdot CO2 - 0.00015 \cdot C \cdot ACH - 0.00778 \cdot C \cdot AD - 0.000001 \cdot C \cdot CO2 - 0.0028 \cdot ACH \cdot AD - 0.0000063 \cdot ACH \cdot CO2 + 0.0002 \cdot AD \cdot CO2 - 0.0003 \cdot C^2 - 0.00007 \cdot ACH^2 - 0.0303 \cdot AD^2 + 0.0000003 \cdot CO2^2$	0.589	5.87	0.821
<b>Чингэлтэй дүүргэ</b>				
11	$E = 24125.03 - 126.74 \cdot C + 137.72 \cdot ACH - 559.4 \cdot AD - 2.0441 \cdot CO2 - 0.1813 \cdot C \cdot ACH + 1.45 \cdot C \cdot AD + 0.00418 \cdot C \cdot CO2 - 1.588 \cdot ACH \cdot AD + 0.00191 \cdot ACH \cdot CO2 + 0.0239 \cdot AD \cdot CO2 + 0.0739 \cdot C^2 - 0.00315 \cdot ACH^2 + 3.242 \cdot AD^2 - 0.000056 \cdot CO2^2$	1.222	2.48	0.742
12	$H = 63.99 - 0.3362 \cdot C + 0.3653 \cdot ACH - 1.484 \cdot AD - 0.00542 \cdot CO2 - 0.00048 \cdot C \cdot ACH + 0.00385 \cdot C \cdot AD + 0.000011 \cdot C \cdot CO2 - 0.00421 \cdot ACH \cdot AD + 0.000005 \cdot ACH \cdot CO2 + 0.00006 \cdot AD \cdot CO2 + 0.000196 \cdot C^2 - 0.000008 \cdot ACH^2 + 0.0086 \cdot AD^2 - 0.0000002 \cdot CO2^2$	1.222	2.48	0.742

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд бидний байгуулсан цахилгаан соронзон орны параметруудийн шугаман загваруудын үнэмшил Фишерийн болон олон хэмжээт корреляцийн коэффициентийн шинжүүрүүдээр хангалтай үр дүн өгөхгүй байна. Харин шугаман бус загварууд олон хэмжээт корреляцийн коэффициентийн шинжүүрээр хангалтай үнэмшилтэй гарч байгаа ба Фишерийн шинжүүрээр төдийлөн үнэмшилтэй үр дүн өгөхгүй байна.

Иймд бид цаашид шугаман бус загваруудыг ашиглах боломжтой юм.

**Дүгнэлт**

Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны хэмжилтийг гүйцэтгэхдээ аль болох олон хүн зорчиж байдаг нийтийн үйлчилгээний газрууд болох 10 жилийн болон их, дээд сургууль, цэцэрлэг, ясли, дэлгүүр, зорчигч тээврийн газар, шатахуун түгээх станц, худалдааны төв, музей, кино театр, банк, худалдааны зах, эрүүл мэндийн төв, явган хүний зорчих гудамж орчинг сонгон авсан болно. Нөгөө талаас цаг уурын нөхцөл байдлыг тооцох зорилгоор зун, намар, өвөл, хаврын улирлуудад өглөө, өдөр, оройн бүх цагуудад хэмжилт хийсэн ба цахилгаан соронзон орны параметруудийг хэмжихдээ үүнтэй нэгэн зэрэг орчны агаарын чанарын үзүүлэлтүүд болох агаарын даралт,



температур, чийгшилт ба нүүрс хүчлийн хийн хэмжилт хийсэн юм. Нийтдээ 135 цэгт улирал бүрд 3 удаа хэмжилт хийсэн болно. Судалгааны үр дүнд дээрх бүх нийтийн үйлчилгээний газруудад цахилгаан орны (E) ба соронзон орны (H) хүчлэгийн утгууд бүгд зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байна.

Нийслэл хотын орчны ЦСО-ны параметрууд болох цахилгаан орны хүчлэг (E), соронзон орны индукц (B) болон соронзон орны хүчлэг (H) орчны агаарын чанарын үзүүлэлтүүдээс хамаарах зүй тогтол байгаа эсэхийг судлах зорилгоор математик статистикийн корреляцийн ба регрессийн шинжлэлийн аргуудыг ашиглаж корреляцийн матриц ба регрессийн загваруудыг байгуулж тэдгээрийн үнэмшил (нарийвчлал)-ийг холбогдох онолын шинжүүрүүд (Фишерийн F, олон хэмжээст корреляцийн коэффициент)-ээр шалгасан болно. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд дүүргүүдийн нутаг дэвсгэр дээрх үйлчилгээний байгууллагуудын орчны ЦСО-ны параметрууд болон агаарын чанарын үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарлын корреляцийн матрицын хос корреляцийн коэффициентууд ихэнх тохиолдолд 0.4-өөс бага гарсан нь дээрх үзүүлэлтүүдийн хоорондын харилцан хамаарлын талаар тодорхой зүй тогтол харагдахгүй байна.

#### Ном зүй:

- [1] Артемов И.Е. Влияние современной антропогенной деятельности на природную среду и климатические особенности Урала / И. Е. Артемов // Использование и охрана природ. ресурсов в России. – 2006, №1. – с.98-104.
- [1] Битюкова В.Р. Экологическая безопасность как фактор качества жизни и социального развития регионов России // Межрегиональный экологический форум «Человек. Экология. Здоровье». - Барнаул, 2004. - с.161-163.
- [2] Борисов Б.М. К вопросу об оценке состояния здоровья населения в условиях антропогенного загрязнения окружающей среды. // Экология промышленного производства. 1999. №1. - с.3-6.
- [3] Булгаков Н.Г. Технология регионального контроля природной среды по данным биологического и физико-химического мониторинга. // Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Москва, МГУ, 2003. – 270 с.
- [4] Быстрова А.К. Экология и капиталистический город. М.: Н., 1980.- 173 с.
- [5] Кубанов В.П., Маслов О.Н., Сподобаев Ю.М. Электромагнитная экспертиза – независимость и компетентность. // Телекоммуникационное поле регионов, № 3, 1999. – с. 22-25.
- [6] Маслов М.Ю. Численный анализ электромагнитной обстановки в офисном помещении. // Вестник СНИИР №1, 2004. – с.162 – 168.
- [7] Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. – М.: Радио и связь, 2000. – 239 с.
- [8] Григорьев Ю.Г., Степанов В.С., Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитная безопасность человека. Справочно-информационное издание. – М.: Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения, 1999. – 151 с.
- [9] Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза. Практика: учеб. пособие - М.: Аспект Пресс, 2005. – 286 с.
- [10] Кузнецов А.Н. Биофизика электромагнитных воздействий (основы дозиметрии). – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 80 с.
- [11] Суворов Г.А., Пальцев Ю.П., Хунданов Л.Л. и др. Неионизирующие электромагнитные излучения поля (экологические и гигиенические аспекты). / Под общей ред. Н.Ф. Измерова. – М.: Изд-во «Вооружение. Политика. Конверсия», 1998. – 110 с.
- [12] Иванов В.А. Система управления промышленной безопасностью. // Экология и промышленность России. - 2005. - №6. - Спец. вып.: Природоохранная деятельность химического предприятия.
- [13] Кузнецов А.Н. Биофизика низкочастотных электромагнитных воздействий. Учебное пособие. – М.: МФТИ, 1994. – 90 с.
- [14] Нипольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1989. – 544 с.

- [15] Нипольский В.В. Теория электромагнитного поля. Изд-е 3-е. М., Высшая школа, 1964. – 384 с.
- [16] Теоретические основы электротехники. 4-е издание, дополненное. Учебник для вузов. Том3.-СПб.: Питер, 2004. – 377 с.
- [17] Н. Дрейпер, Г. Смит. Прикладной регрессионный анализ. В 2-х кн. Кн. 2/Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 351 с.
- [18] Д. Содномдорж. Инженерийн судалгааны математик аргууд. Нэг сэдэвт бүтээл. Улаанбаатар, 2009. – 377 хх.
- [19] Д. Содномдорж. Цахилгаан эрчим хүчний системийн горимын цогцолбор судлал ба математик загварчлал. Шилмэл бүтээл. Улаанбаатар, 2012. – 69 хх.
- [20] Я.Базарсад, Р.Энхбат. Магадлалын онол математик статистик. Улаанбаатар 2008, 195 х.
- [21] Ч.Авдай, Д.Энхтуяа. Судалгаа шинжилгээний ажил гүйцэтгэх арга зүй. Улаанбаатар хот. 2017, 368 х.





Ш.ОТГОНБИЛЭГИЙН НЭРЭМЖИТ  
ТЕХНОЛОГИЙН СУРГУУЛЬ

ЭРДЭНЭТ ҮЙЛДВЭР ХХК-ИЙН, ШУТИС-ИЙН ХАРЬЯА



"ЭРДЭНЭТ-40"  
ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БАГА ХУРАЛ  
УУЛ УУРХАЙН ДЭД БҮТЭЦ САЛБАРЫН  
ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БҮТЭЭЛИЙН  
ЭМХЭТГЭЛ



Эрдэнэт хот  
2018 он



## ХҮРЭЭЛЭН БУЙ ОРЧНЫ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН БОХИРДОЛ

Академич Д. Содномдорж\*, Доктор (Ph.D), дэд профессор Б. Бат-Эрдэнэ\*,  
Докторант М. Баттулга\*, Доктор (Ph.D) Б.Билгүүн

\*Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Эрчим Хүчний Сургууль  
battulga@must.edu.mn, bat\_erd@must.edu.mn

### Хураангуй

Монгол улсад уул уурхай, хөнгөн үйлдвэрүүд эрчимтэй хөгжиж байгаатай холбогдон эрчим хүчний хэрэглээ хурдацтай өсөн нэмэгдэж, тэдгээрт ашиглагдаж буй техник, технологийн шинэчлэл хийгдэж олон орны төрөл бүрийн үйлдвэрийн тоног төхөөрөмжөөр тоноглогдож байна. Эдгээр төхөөрөмжүүд нь хүрээлэн буй орчиндоо харилцан адилгүй цахилгаан болон соронзон орныг үүсгэж мөн цахилгаан соронзон орны үйлчлэлд орж байдаг. Төхөөрөмжүүдийн цахилгаан соронзон нийцтэй байдал алдагдсанаас болж цахилгаан соронзон бохирдлын (гаж нөлөөлөл) төвшин зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс давсан тохиолдолд хяналт, удирдлагын систем болон хэмжүүрийн төхөөрөмжүүдэд алдаа гарах, цаашилбал гэмтэл учрах, ажиллаж буй хүний бие организмд сөргөөр нөлөөлөх зэрэг сөрөг үр дагавар бий болно.

Мөн хүн амын ахуйн хэрэглээнд электрон төхөөрөмжүүд ердийн хэрэглээ болж, үүрэн телефоны дамжуулах, хүлээн авах антеннууд асар олноор суурилуулагдсанаас хүн амын суурьшлын бүс дээрх төхөөрөмжүүдийн бий болгож буй цахилгаан соронзон долгионууд аалзны тор мэт сүлжилдэж хүн амын эрүүл мэндэд тодорхой нөлөө үзүүлж байгаа тул хот суурин газарт цахилгаан соронзон бохирдлын судалгааг шинжлэх ухааны төвшинд онолын өндөр түвшинд гүйцэтгэж, хойшид учирч болох эрсдлээс урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээг цаг алдалгүй зохион байгуулах шаардлага гарч байна.

Энэхүү илтгэлд Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орныг тодорхойлох, хүн ам суурьшсан суурин газрын орчны цахилгаан соронзон бохирдлыг тодорхойлох зорилгоор хийгдсэн зарим судалгааны ажлын явц, эхний үр дүнгийн талаар өгүүлнэ.

**Түлхүүр үг:** цахилгаан төхөөрөмж, цахилгаан орон, соронзон орон

### Удиртгал

Электрон тоног төхөөрөмжүүд болон амьд организмуудын хувьд цахилгаан соронзон оронд нийцтэй байх онолын үндсэн ойлголт нь цахилгаан соронзон энергийн (цахилгаан соронзон шуугиан) дамжуулагч болон хүлээн авагчийн тухай ойлголт юм. Цахилгаан соронзон энергийн дамжуулагчид телевизийн болон радио холбооны төхөөрөмжүүд, цахилгаан хэлхээ ба систем, хүрээлэн буй орчинд цахилгаан соронзон энерги цацруулж байдаг төхөөрөмж, цахилгаан хүлээн авагчууд, цахилгаан соронзон шуугианы үүсгэгчүүд гэх мэтийг хамруулна.

#### 1. Онолын хэсэг

Цахилгаан орон нь хүчдлийн зөрүүнээс үүсдэг бөгөөд хүчдэл их байх тусам цахилгаан орны хүч их байна. Эндээс харахад цахилгаан орон нь гүйдэл гүйхгүй байсан ч байж байдаг. Цахилгаан орны хүч нь 1 метр дэх Вольтын (В/м) хэмжээгээр хэмжигдэнэ. Ямар ч цэнэглэгдсэн дамжуулагч нь цахилгаан орон бий болгоно. Цахилгаан орон болон соронзон орны харилцан үйлчлэлээс цахилгаан соронзон орон бий болдог. Цахилгаан соронзон орныг молекулын холбоогоо эвдэх чадвараар нь ионжих болон үл-ионжих гэж ангилдаг. Тийм учраас барилгын гадна байрлах цахилгаан дамжуулах агаарын шугам (ЦДАШ)-аас бий болж буй цахилгаан орныг барилгын хана тусгаарлаж чаддаг байна [7].

Соронзон орон нь цахилгаан цэнэгүүдийн хөдөлгөөн болж үүсдэг бөгөөд гүйдэл их байх тусам соронзон орны хүч их байна. Соронзон орны хүч нь 1 метр дэх Амперийн хэмжээгээр (А/м) болон Теслагаар (Т) хэмжигдэнэ. Соронзон орныг цахилгаан орныг тусгаарладаг металл, мод гэх мэт материалууд тусгаарлаж чаддаггүй байна. Цахилгаан орон болон соронзон орон

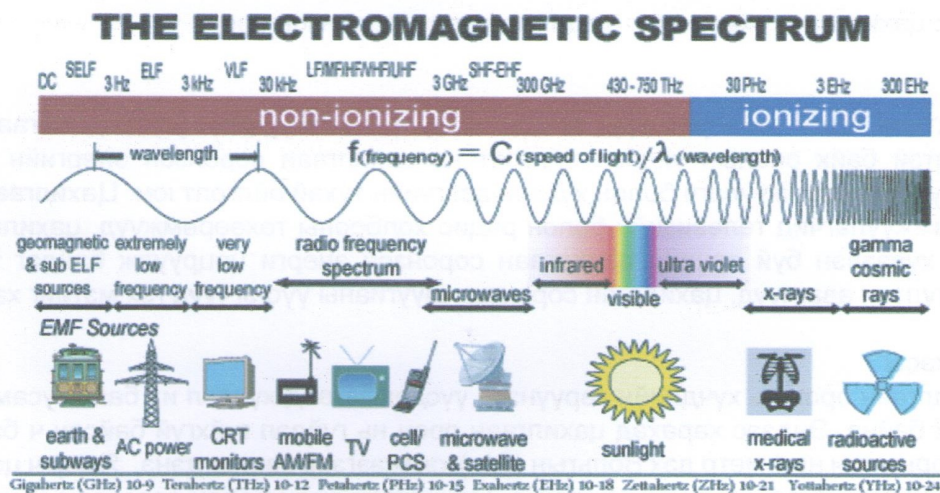


эх үүсвэрээсээ холдох тусам хүч нь багасдаг [7]. Цахилгаан соронзон орон нь бидний хүрээлэн буй орчинд хаа саагүй байнга байж байдаг боловч хүний нүдэнд харагдахгүй [2].

Цахилгаан соронзон оронг тодорхойлдог үндсэн тодорхойлолжууд нь давтамж болон долгионы урт юм. Давтамж нь ерөнхийдөө хэлбэлзлийн тоог илэрхийлнэ. Харин долгионы урт гэдэг нь тухайн долгионы ижил хоёр фазын дарааллаж байрлах хоёр цэгийн хоорондын зай юм. Тийм учраас долгионы урт болон давтамж нь салшгүй холбоотой бөгөөд давтамжтай ихсэх тусам долгионы урттай багасна [8]. Цахилгаан соронзон долгионыг давтамжийнх нь хувьд бага давтамжийн, дунд давтамжийн, өндөр давтамжийн гэж ангилдаг [5]. Өндөр давтамжтай (бага долгионы урттай) долгион нь бага давтамжтай (урт долгионы урттай) орноос илүү их энергийг зөөж чаддаг. Цахилгаан соронзон орны долгион нь квант гэж нэрлэгдэх жижиг хэсгээр зөөгддөг. Бага давтамжтай цахилгаан соронзон орон нь 300 Гц хүрдэг. Дунд зэргийн давтамж үүсгэдэг бусад техник хэрэгслийн давтамж нь 300 Гц-ээс 10 МГц хүрдэг ба радио давтамжтай орон нь 10МГц-ээс 300 ГГц хүрдэг [4]. Цахилгаан соронзон орны хүний биед нөлөөлөх нөлөөлөл нь орны хэмжээнээс шалтгаалахаас гадна түүний давтамж болон энергийн түвшингээс шалтгаалдаг [7].

### 1.1. Цахилгаан соронзон төлөв байдлыг тодорхойлох ажлын үе шат.

- Цахилгаан соронзон долгионы үүсгүүрүүдийн судалгаа
- Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэр дээрх цахилгаан соронзон долгионы хэмжилт хийх
- Улаанбаатар хотын байгаль орчны өнөөгийн байдалд шинжилгээ хийж
- Цахилгаан соронзон долгионы бохирдлын хүрээлэн буй орчинд нөлөөлөх нөлөөллийн зураглал гаргах
- Цахилгаан соронзон долгионы гол үүсгүүрүүдийг тогтоож тэдгээрийн хүрээлэн буй орчин, хүн амын эрүүл мэндэд үзүүлж буй нөлөөллийг бууруулах судалгааг гүйцэтгэх
- Цахилгаан соронзон долгионы зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээг тогтоож, норм боловсруулах
- Улаанбаатар хотын цахилгаан соронзон долгионы тархалтын зураглал гаргах



Зураг 1. Цахилгаан соронзон долгионы хамрах хүрээ

### 1.2. Цахилгаан соронзон орны үүсгүүр ба нөлөөлөл

Цахилгаан соронзон орон нь гурван төрөлд ангилагддаг. Үүнд:

1. Статик цахилгаан орон – үүсгүүр нь тайван байдалд орших цэнэг юм.
2. Статик соронзон орон – үүсгүүр нь тогтмол гүйдлийн урсгал.
3. Динамик буюу хувьсах цахилгаан соронзон орон - үүсгүүр нь хувьсах цахилгаан соронзон орон өөрөө.



Цахилгаан соронзон орны энергийн үүсгүүрийг идэвхтэй ба идэвхгүй гэж ангилан үзэж болно. Цахилгаан соронзон долгион (ЦСД) нь давтамжийн цараагаараа ангилагдах ба үүсгүүр нь мөн давтамжийн диапозон бүрд өөр өөр байдаг (хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Цахилгаан соронзон орны үүсгүүр

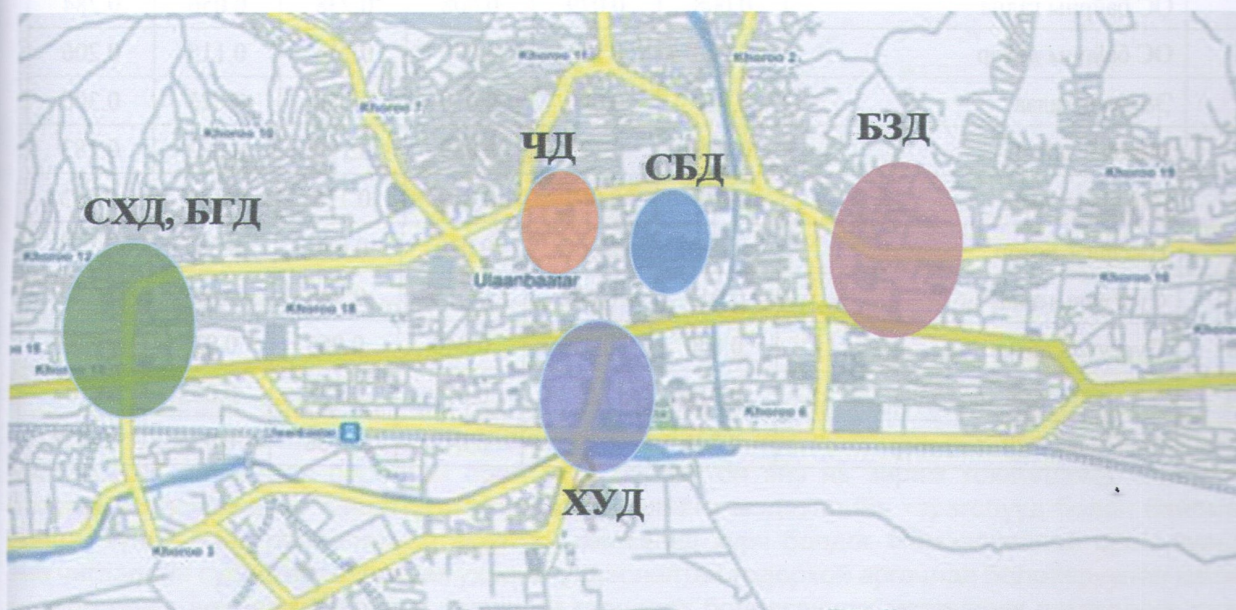
Давтамжийн цар	Давтамж	Нөлөөллийн эх үүсгүүрүүдийн зарим жишээ
Статик орон	0 Гц	Видео дэлгэц (VDU (video displays unit)); MRI болон бусад диагностикакуудын төхөөрөмжүүд, үйлдвэрлэлийн электролиз.
Хэт нам давтамж /ELF/	(0-300) Гц	Цахилгаан эрчим хүч дамжуулах шугам, хүчний тоноглолууд, гэр ахуйн цахилгаан хэрэгсэл, гал тэрэг болон машины цахилгаан мотор, гагнуурын төхөөрөмж.
Дунд давтамж /LF/	300Гц-100кГц	Видео дэлгэц VDU, дэлгүүрийн кассны машин, автомат удирдлагын машин, автомат удирдлагын хяналтын систем, металл илрүүлэгч, карт уншигч.
Радио давтамж /RF/	100кГц-300Гц	Үүрэн телефон, радио ба TV өргөн нэвтрүүлэгч, зөврийн болон суурин радио нэвтрүүлэгч хүлээн авагч, РАДАР, хувийн хөдөлгөөнт радио дамжуулагч, бичил долгионы зуух гэх мэт электрон хэрэгсэл

## 2. Цахилгаан соронзон орны хэмжилт.

Судалгааны ажлын хүрээнд Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэрийн хүрээнд цахилгаан соронзон хэмжилтийг гүйцэтгэв. Хэмжилтийг гүйцэтгэхдээ Улаанбаатар хотын засаг захиргааны нэгжээр буюу дүүрэг дүүргүүдийн хэмжээнд тухайн нутаг дэвсгэрт хамаарах сургууль, цэцэрлэг, үйлчилгээний газар, албан байгууллага, эрүүл мэндийн газар, орон сууцны хороолол гэх мэт газруудыг сонгон авсан. Хэмжилт гүйцэтгэсэн цэгүүдийг зураг 2-д үзүүлэв.

Хэмжилт гүйцэтгэсэн үндсэн үе шат:

1. Тухайн объектод өдрийн 3 удаа (өглөө, өдөр, орой) хэмжилт гүйцэтгэсэн.
2. Хэмжилт хийх үеийн орчны даралт, температур, чийгшил, хүчэлтөрөгчийн хэмжээг тэмдэглэн авсан.
3. Тухайн орчинд ажиллаж буй цахилгаан соронзон орны үүсгэгчүүдийг тодорхойлсон.
4. Тухайн объектын ерөнхий мэдээлэл цуглуулсан. (байршил, план зураг, цахилгааны монтажийн схем, гэх мэт).



Зураг 2. Улаанбаатар хотын орчны цахилгаан соронзон орны хэмжилт хийсэн цэгүүд

Зураг 2-т үзүүлсэн цэгүүдэд хийсэн хэмжилтийн тоон утгыг хүснэгт 2-д үзүүлэв.



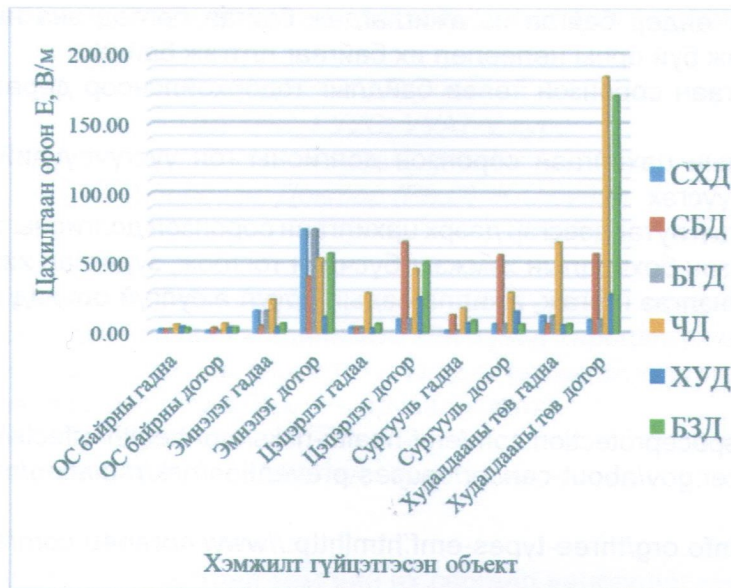
Хүснэгт 2. Цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн утгууд

№	Хэмжилт гүйцэтгэсэн Байршил	Цахилгаан орон E, В/м					
		5 - 400 кГц					
		СХД	СБД	БГД	ЧД	ХУД	БЗД
1	ОС байрны гадна	2.7	2.7	2.7	6.1	4.5	3.7
2	ОС байрны дотор	1.6	3.9	1.6	7.1	4.1	4.2
3	Эмнэлэг гадаа	16	5.2	16	24.2	4.4	7.1
4	Эмнэлэг дотор	74.3	40.6	74.3	53.9	11.8	57.3
5	Цэцэрлэг гадаа	4.3	4.4	4.3	29.0	3.8	7.0
6	Цэцэрлэг дотор	10.2	65.5	10.2	46.5	25.9	51.3
7	Сургууль гадна	2.0	13.1	2.0	18.2	7.4	9.3
8	Сургууль дотор	6.7	56.1	6.8	29.4	15.7	6.5
9	Худалдааны төв гадна	12.5	6.8	12.5	65.2	6.2	7.0
10	Худалдааны төв дотор	10.1	57.2	10.1	183.9	28.6	170.5

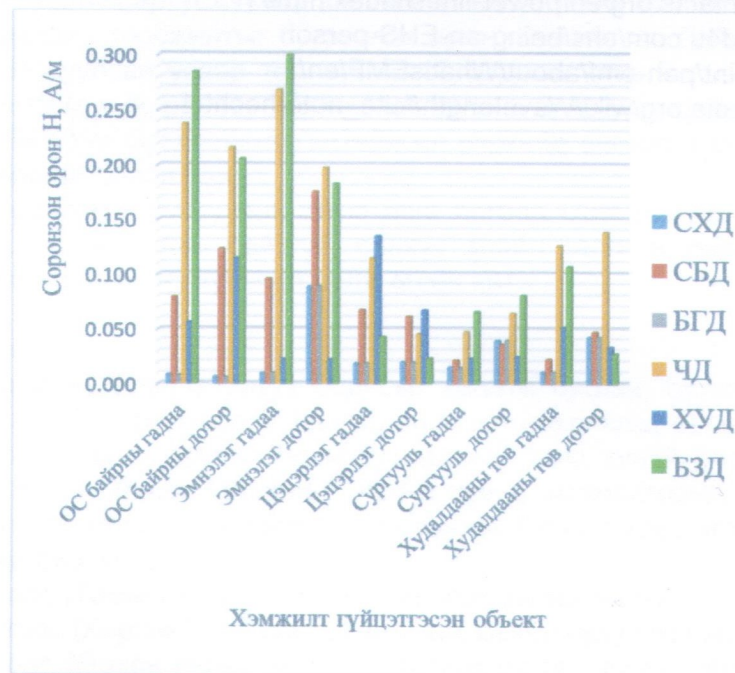
Хүснэгт 3. Цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн утгууд

№	Хэмжилт гүйцэтгэсэн Байршил	Соронзон орон H, А/м					
		5 - 400 кГц					
		СХД	СБД	БГД	ЧД	ХУД	БЗД
1	ОС байрны гадна	0.008	0.079	0.008	0.238	0.056	0.284
2	ОС байрны дотор	0.006	0.123	0.006	0.216	0.115	0.206
3	Эмнэлэг гадаа	0.010	0.096	0.010	0.268	0.023	0.300
4	Эмнэлэг дотор	0.089	0.175	0.089	0.197	0.022	0.183
5	Цэцэрлэг гадаа	0.019	0.067	0.019	0.115	0.134	0.043
6	Цэцэрлэг дотор	0.020	0.062	0.020	0.046	0.067	0.023
7	Сургууль гадна	0.015	0.022	0.015	0.048	0.023	0.066
8	Сургууль дотор	0.040	0.036	0.040	0.065	0.025	0.081
9	Үйлчилгээний төв гадна	0.011	0.023	0.011	0.126	0.052	0.107
10	Үйлчилгээний төв дотор	0.043	0.048	0.043	0.138	0.034	0.028





Зураг 3. Улаанбаатар хотын Цахилгаан орны хэмжилтийн үр дүн



Зураг 4. Улаанбаатар хотын Соронзон орны хэмжилтийн үр дүн

### Дүгнэлт

Цахилгаан эрчим хүчний гол объектууд болох цахилгаан станц, өндөр хүчдлийн ЦДАШ, өндөр хүчдлийн дэд станцуудын хэвийн ажиллагааны явцад тэдгээрээс үйлдвэрийн давтамжтай цахилгаан соронзон орон үүсч байдаг ба энэ нь зарим тохиолдолд электрон болон микросхем дээр гүйцэтгэгдсэн хэмжилт, хяналт-мэдээллийн хэрэгслүүд болон байгаль орчин, хүний биед нөлөөлөхүйц аюултай хэмжээнд хүрч болдог. Иймээс манай орны хувьд энэ чиглэлийн судалгааг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тодорхой аргачлал боловсруулан хийж, монгол орны нөхцөлд тохирсон тодорхой стандарт боловсруулж мөрдүүлэх шаардлага гарч байна.

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд хийсэн хэмжилтийн үр дүнгээс харахад тухайн объектын гадна орчноос илүүтэй ихэнх тохиолдолд дотор орчинд бий болж буй цахилгаан

соронзон орны хүчлэг өндөр байгаа нь ажиглагдаж байгаа бөгөөд энэ нь цахилгаан тоног төхөөрөмжүүдээс үүсэж буй орны нөлөөлөл их байгааг илтгэж байна.

Цаашид цахилгаан соронзон төлөв байдлыг тодорхойлсноор дараах үр дүнгүүд бий болно.

- Улаанбаатар хотын цахилгаан соронзон долгионы гол үүсгүүрүүдийг судлан тогтоож, мэдээллийн сан үүсгэх
- Улаанбаатар хотын нутаг дэвсгэр дээрх цахилгаан соронзон долгионы тархалтыг тогтоож, цахилгаан соронзон бохирдлын хэмжээг бүсчлэн тогтоож, зураглал хийх
- Ажлын байрны үнэлгээ гаргаж, ажиллагсадын эрүүл аюулгүй орчинд ажиллах нөхцлийг бүрдүүлнэ.

#### Ном зүй:

- [1]. <http://www.safespaceprotection.com/emf-health-risks/emf-health-effects/emfs-in-the-home/>
- [2]. <http://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/magnetic-fields-fact-sheet>
- [3]. <http://www.emfinfo.org/three-types-emf.html><http://www.norad4u.com/ehs/being-an-EHS-person>
- [4]. [http://www.ewh.ieee.org/soc/pes/switchgear/presentations/2015-2\\_Thurs\\_Uzelac.pdf](http://www.ewh.ieee.org/soc/pes/switchgear/presentations/2015-2_Thurs_Uzelac.pdf)
- [5]. <http://www.greenfacts.org/en/power-lines/index.htm#1>
- [6]. <http://www.norad4u.com/ehs/being-an-EHS-person>
- [7]. <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/>
- [8]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength#cite\\_note-hecht-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength#cite_note-hecht-1)