

АТЕТ ХЯЗГААРЛАГДМАЛ ХАРИУЦЛАГАТАЙ КОМПАНИ  
“ДУЛААНЫ ГУРАВ ДУГААР ЦАХИЛГААН СТАНЦ” ТӨХК

“ПТ-25-90/10М” МАЯГИЙН ТГ-8 УУРЫН ТУРБИНД ИХ ЗАСВАРЫН ӨМНӨ БОЛОН ДАРАА  
ХИЙСЭН ДУЛААН ТЕХНИКИЙН БА АВТОМАТ ТОХИРУУЛГЫН СИСТЕМИЙН ТУРШИЛТ

Гэрээт ажлын удирдагч:

Хариуцлагатай гүйцэтгэгч:

Гүйцэтгэгч:

Монгол улсын зөвлөх инженер,  
MONGOLIA  
CONSULTING ENGINEER  
Cholmonkhambantsetseg  
BE 0200001492  
Ч.Дашпунцаг  
Магистр, Б.Баттөр  
Б.Батбаяр  
О.Солонго

УЛААНБААТАР ХОТ

2019 ОН

## ОРШИЛ

Манай улсын цахилгаан эрчим хүчний үйлдвэрлэлийн 90 гаруй хувийг 2,5МВт-аас 123 МВт-ын нэгж хүчин чадалтай Дулааны цахилгаан станц(ДЦУС)-уудад үйлдвэрлэж байна. Одоогийн байдлаар монгол улсын эрчим хүчний системд 5 төрлийн 40 гаруй уурын турбины төхөөрөмж ажиллаж байна. 1934 онд анх 1.0МВт-ын чадалтай уурын турбин бүхий 2.5 МВт-ын суурилагдсан хүчин чадалтай анхны ДЦС ашиглалтанд орсноос хойш түүхэн хөгжлийнхөө 50 жилийн хугацаанд 123МВт-ын нэгж хүчин чадалтай турбогенератор ашиглалтанд орж, улсын нийт хүн амын 50 орчим хувь нь оршин суудаг нийслэл Улаанбаатар хот болон төвийн бүсийн оршин суугчид, үйлдвэр,үйлчилгээ, аж ахуйн газруудыг цахилгаан, дулааны эрчим хүчээр хангаж байна. Ийнхүү эрчим хүчний үйлдвэрүүдийн нэгж хүчин чадлыг нэмэгдүүлэхийн зэрэгцээ тэдгээрийн ажлын биеийн эхний параметруудийг дээшлүүлэх болон чанарын үзүү“ӨДХ-4”-ын Тэжээлийн усны дутуу халалт ба тэжээлийн усны зарцуулалтын хамаарал лэлтүүдийг үе шаттайгаар сайжруулах чиглэлд ихээхэн хэмжээний дэвшилт, өөрчлөлтүүд гарсан. Тухайлбал, хурц уурын даралт, температур болон цахилгаан эрчим хүчний гүйдэл, хүчдэл гэх мэт. Түүнчлэн эрчим хүчний хэрэглэгчдийн хэрэгцээ, шаардлагатай уялдан турбины төхөөрөмжийн хийц, маягийг өөрчлөх, эдийн засгийн үр өгөөжийг нэмэгдүүлэх зорилгоор техник зохион байгуулалтын олон тооны шинэчлэлт, өөрчлөлтийн ажлууд хийгдэх болсон. Жишээлбэл, “ДЦС-2”-ын К-6-35 турбиныг Р-4-35/1.2 болгох. ДарДЦС-ын ПТ-12-35/10 турбины хийцийг ПР-9/11-35/1.2 маягийн үйлдвэр, дулаацуулгын тохируулгатай өглөгтэй болгох, түүнчлэн “ДЦС-4” ТӨХК-ийн ПТ-80-130 турбиныг ПТ-100-130 болгож хүчин чадлыг нэмэгдүүлэх зэргээр хэрэглэгчдийн өсөн нэмэгдэж байгаа эрэлт, хэрэгцээтэй уялдуулахад инженер техникийн ажилтнуудын бүтээлч сэтгэлгээгээр дэвшилттэй, үр өгөөжтэй ажлуудыг хийж, гүйцэтгэж ирсэн түүхтэй.

Уурын турбины төхөөрөмжийн үр ашигтай ажиллагаа нь турбоагрегатын аюулгүй, хэвийн найдвартай ажиллах нөхцөлийг бүрдүүлсэн дулаан техник, автомат тохируулгын системийн туршилт, тооцооны ажлын үр дүнгээр тодорхойлогддог. Энэ процесс нь дулаан техникийн туршилт хийх болон хэмжилт авах ажлын аргачлал боловсруулах, төлөвлөгөө зохиохоос эхлэн судалгаа, туршилт-тооцооны материалыг боловсруулж, дүгнэлт, зөвлөмж гаргах хүртэл нарийн дэс дараалалттай явагддаг иж бүрдэл үйл ажиллагаа юм.

### **1.Турбины төхөөрөмжид дулаан техник, тохируулгын системийн хураангуй туршилт хийх ажлын зорилго**

Уурын турбины төхөөрөмжид хийх судалгаа, туршилтын ажлын эзэлхүүн нь турбины хийцийн онцлог, ашиглалтын ажиллагааны горим зэргээс хамаарч ихээхэн ялгаатай байдаг. Ийм учраас туршилтыг ямар зорилгоор гүйцэтгэхээс хамааруулан хэмжилт авах, үр дүнг тооцоох аргачлалаа зөв сонгож, боловсруулах асуудал хамгаас чухал юм. Судалгаа, туршилт-тооцоо хийснээр турбины ашиглалтын ажиллагааны түвшинд үнэлгээ өгөх замаар дүгнэлт гаргаж, зөвлөмж боловсруулах боломжийг бүрдүүлнэ.

Турбогенераторын эдийн засгийн үр ашигтай ажиллагааг 1 кВт.ц цахилгаан эрчим хүчийг боловсруулахад хэчнээн уур, дулааны эрчим хүч зарцуулж байгаагаар тодорхойлогдоно. Цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэхэд зарцуулагдах дулааны тоо хэмжээг олохын тулд цахилгаан генераторын гаргалга дээрх чадлаас хамааруулан уурын зарцуулалтыг мэдэх шаардлагатай.

Турбогенераторт ашигласан нэгж дулааны тоо хэмжээ нь турбинд орж байгаа уурын дулаан агуулалт ба конденсатораас гарч байгаа хувирсан ус(конденсат)-ны дулаан агуулалтын ялгавар буюу уурын дулаан уналтай тэнцүү байна. Энэхүү дулаан уналтын хэмжээг уурын дулаан ашиглалт гэж нэрлэдэг. Турбинд орж байгаа уурын үндсэн болон туслах параметрууд тогтмол байхад тэжээлийн усны дулаан агуулалт өөрчлөгдсний улмаас уурын дулаан ашиглалтын хэмжээ ч мөн өөрчлөгдөнө. Тэжээлийн усны өндөр даралтын халаагуурын сүүлийн үе болон нам даралтын сэргээн халаах төхөөрөмжүүдээс гарч байгаа усны дулаан агуулалт нь конденсаторын үнэмлэхүй даралт буюу сийрэгжилтээс ихээхэн хэмжээгээр хамаардаг. Ийм учраас турбоагрегатын ашиглалтын ажиллагааны бодит байдалд нийцсэн үнэлгээ өгөхийн тулд тухайн горимуудад уурын зарцуулалт болон дулаан ашиглалтын хэмжээг үнэн зөв тодорхойлох шаардлагатай байдаг.

Турбоагрегатад хийгдэх туршилтын ажлын үндсэн зорилго нь дээр дурьдсан үзүүлэлтүүдийн харилцан хамаарлыг туршилтаар тодорхойлж, тооцоо хийсний үндсэн дээр дүгнэлт гарган үнэлгээ өгч, зөвлөмж боловсруулахад оршино.

Турбины төхөөрөмжид туршилт хийснээр уурын дулаан ашиглалтад нөлөөлдөг өөр нэг хүчин зүйл болох хурц уурын зарцуулалт ба тэжээлийн усны температур(дулаан агуулалт)-ын хоорондын харилцан хамаарал, зүй тогтлыг гаргах үйл ажиллагаа юм.

Турбины төхөөрөмжийн ашиглалтын практикт түүний үр ашигтай ажиллагааг дээшлүүлэхтэй холбогдсон олон төрлийн судалгаа, туршилтыг хийж ирсэн. Тухайлбал, тоног төхөөрөмжийг явуулах, ачаалал авахуулах болон зогсоох ажиллгатай холбоотой турбин болон туслах тоноглолуудын ашиглалтын горимын, түүнчлэн тохируулгын системийн статик, динамик тодорхойломжийг байгуулах гэх мэт. Турбины төхөөрөмжид хийгдэх дулаан техникийн туршилтуудыг үйлдвэрлэсэн заводын нь тооцоот өгөгдлийг хянах, тоноглолын бодит тодорхойломжийг гаргах зорилгоор мэргэжлийн байгууллага, станц болон үйлдвэрлэсэн заводын харилцан тохиролцсон тохиолдолд, түүнчлэн турбины төхөөрөмжийг ашиглалтад анх хүлээлгэн өгөх үед хийдэг. Турбины урсгал хэсгийн хийцийг шинэчлэн өөрчлөх замаар эдийн засгийн үр ашгийг дээшлүүлэх зорилгоор, мөн дулааны хувийн зарцуулалт нь норм хэмжээнээс 1 %-иас илүү хэмжээгээр өөрчлөгдсөн тохиолдолд техник ашиглалтын дүрмийн дагуу хийгдэнэ. Ашиглалтын байдлаас хамааруулан норматив тодорхойломжийг гаргах, түүнчлэн засвар хоорондын ба их засварын өмнө болон дараа хийх туршилт олонтой байдаг.

Манай орны нөхцөлд турбины их засварын өмнө болон дараа хийгдэх дулаан техникийн болон тохируулгын системийн туршилтыг хийж ирсэн боловч сүүлийн жилүүдэд ДЦС-ууд бүтэц, зохион байгуулалт өөрчлөгдөж хэсэг хугацаанд орхигдох

болсон. Ийм учраас турбины төхөөрөмжийн хэвийн үр ашигтай ажиллагааг хангахын тулд энэхүү туршилтыг тогтмол хийж хэвшүүлэх асуудал чухал шаардлагатай болж байна. Турбины төхөөрөмжийн их засварын өмнө хийгдэх туршилтын ажлын зорилго нь турбогенератор, түүний бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн ажиллагааны ашиглалтын түвшинг тогтоож, засварын ажлын эзэлхүүн болон засвар хийх явцад анхаарвал зохих зарим зүйлүүдийг тодотгоход чиглэгддэг бол их засварын дараах туршилт нь засвараар хийсэн ажлын чанарыг засварын өмнө байдалтай харьцуулан үнэлгээ өгч, цаашид ашиглалтын ажиллагаанд мөрдөх үндсэн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж, турбины техник эдийн засгийн үзүүлэлтийг судлан дүгнэлт гаргахад тулгуур материал болгон ашиглах боломжийг бүрдүүлэхэд оршдог.

Турбинд хийх дулаан техник, тохируулгын системийн хураангуй туршилтын ажил нь дараах үндсэн хэсгүүдээс бүрдэнэ.

Үүнд:

1. Уур хуваарилах байгууламжийн ажиллагааны байдал
2. Турбины урсгал хэсгийн төлөв байдал
3. Автомат тохируулгын системийн ажиллагааны байдал
4. Зогсоох ба тохируулах хаалтууд болон буцаахгүй хавхлагуудын ажиллагаа
5. Сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн ашиглалтын түвшин
6. Конденсацийн болон хөргөлтийн системийн ажиллагаа
7. Холхивчуудын ажиллагааны байдал
8. Эжектор системийн ашиглалтын түвшин
9. Нягтруулгын системийн ашиглалтын байдал

Туршилтыг турбогенератор цахилгаан, дулааны бүрэн ачаалалтай ажиллах үеүдэд, мөн сэргээн халаах төхөөрөмжүүд ажиллагаанд залгаатай болон тасархай байх үеийн конденсацийн горимууд, түүнчлэн турбогенераторын хоосон явалтын горимд хийх шаардлагатай байдаг.

Туршилт хийхийн өмнө бүх хэмжих хэрэгслүүдийг шалгаж баталгаажуулсан байх ёстой бөгөөд туршилт явуулахад шаардлагатай бүх боломж, нөхцлийг бүрдүүлсэн байвал зохино.

Турбинд хийх джлаан техникийн болон тохируулгын системийн хураангуй туршилт хийх аргачлалыг “ДЦС-3” ТӨХК-ийн ПТ-25-90/10М турбины төхөөрөмжид хийсэн туршилт, тооцоогоор жишээ болгон авч үзье.

## НЭГДҮГЭЭР ХЭСЭГ

### ПТ-25-90/10М турбины төхөөрөмжид их засварын өмнө хийсэн дулаан техник болон автомат тохируулгын системийн туршилт

#### 1. Туршилт хийх үндэслэл

“ДЦС-3” ТӨХК-тай байгуулсан 2018 оны 7-р сарын 02-ны өдрийн .... тоот гэрээний дагуу “ДЦС-3”-ын ПТ-25-90/10М маягийн ТГ № 8 турбины их засварын өмнөх ба дараах дулаан техник, автомат тохируулгын системийн хураангуй туршилт хийх аргачлалыг боловсруулж, холбогдох судалгаа, туршилт-тооцооны ажлыг хийж гүйцэтгэсэн болно. Захиалагч талаас тус станцын турбин цехийн дарга Э.Нямдаваа, гүйцэтгэгч талаас Монгол улсын зөвлөх инженер, док(Ph.D) Ч.Дашпунцаг нар гарын үсэг зурж, Төрийн болон орон нутгийн өмчийн хөрөнгөөр бараа, ажил үйлчилгээ явуулах ба худалдан авах тухай хуулийн 34.1.2; Монгол Улсын Иргэний хуулийн 343-358 дугаар заалтуудыг үндэслэл болгон харилцан тохиролцож энэхүү гэрээг байгуулав.

Тус турбиныг ОХУ-ын Калугийн турбин заводад үйлдвэрлэсэн. 1972 онд ашиглалтанд орсон бөгөөд өнөөдрийг хүртэл нийт **244018 цаг** ажилласан байна. Энэ хугацаанд 12 удаа их засварт орсон. 2014 оны 5-р сард хийсэн сүүлчийн их засвараас хойш **23562 цаг** ажилласан байв.

Энэхүү уурын турбин нь 25 МВт хэвийн чадалтай бөгөөд цахилгаан генераторын роторыг  $50 \text{ с}^{-1}$  давтамжтайгаар ажиллуулах дулааны хөдөлгүүр болохын зэрэгцээ үйлдвэрийг уураар, хэрэглэгчдийг дулаан ба халуун усаар хангах зориулалттай төхөөрөмж юм. ПТ-25-90/10М турбины төхөөрөмжийн техникийн үндсэн үзүүлэлтүүдийг 1-р хүснэгтэд харуулав.

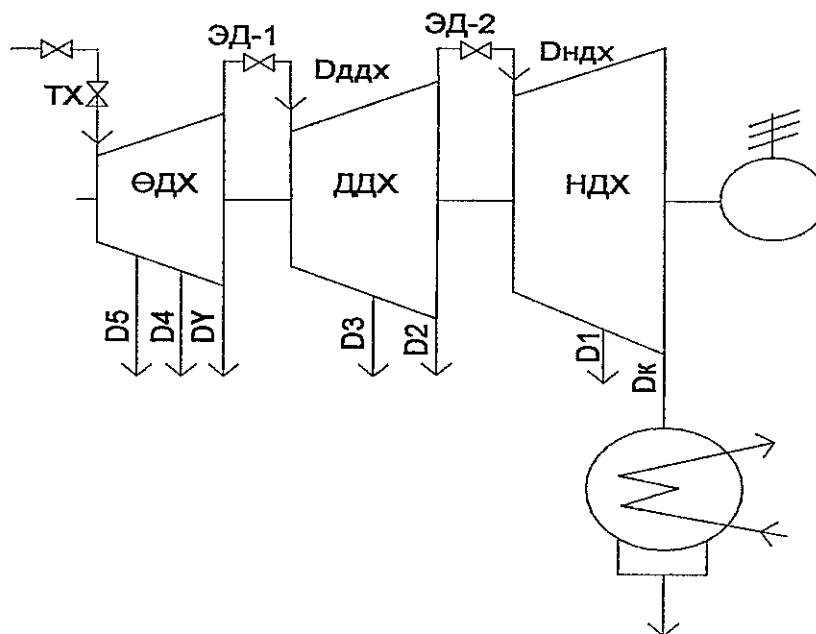
ПТ-25-90/10М маягийн “ТГ-8” турбины техникийн үндсэн үзүүлэлтүүд

1-р хүснэгт

| д/д | Үндсэн үзүүлэлтүүдийн нэр   | Тоон утга  |
|-----|---|------------|
| 1.  | Хурц уурын үнэмлэхүй даралт, кгх/см <sup>2</sup> (МПа)  | 90 (8.83)  |
| 2.  | Хурц уурын температур, °С   | 535        |
| 3.  | Турбинд орох уурын хэвийн зарцуулалт(хурц уурын параметрууд болон тохируулгатай өглөгүүдийн уурын зарцуулалт хэвийн тохиодолд), т/ц | 164.0      |
| 4.  | Үйлдвэрийн уурын хэвийн зарцуулалт, т/ц   | 70         |
| 5.  | Үйлдвэрт өгөх уурын хэвийн үнэмлэхүй даралт, кгх/см <sup>2</sup> (МПа)  | 10 (0.98)  |
| 6.  | Дулаацуулгын өглөгийн уурын хэвийн зарцуулалт, т/ц  | 50         |
| 7.  | Дулаацуулгад өгөх уурын хэвийн үнэмлэхүй даралт, кгх/см <sup>2</sup> (МПа)  | 1,2 (0.11) |
| 8.  | Конденсаторт орох хөргөлтийн усны хэвийн зарцуулалт, м <sup>3</sup> /ц  | 3400       |
| 9.  | Хөргөлтийн усны тооцоот температур, °С  | 20         |
| 10. | Хөргөлтийн усны оногдол, кг/кг  | 47         |
| 11. | Конденсацийн горимд конденсаторын тооцоот сийрэгжилт, %   | 91         |
| 12. | Конденсаторын хөргөлтийн гадаргуу, м <sup>2</sup>   | 935        |

|     |   |      |
|-----|---|------|
| 13. | Конденсаторын уурын хувийн ачаалал, $(d_k = \frac{D_k}{F})$ , кг/м <sup>2</sup> ц | 46.9 |
| 14. | Уурын хувийн зарцуулалт, кг/кВт.ц   | 6.56 |

Энэ турбины урсгал хэсэг нь хоёр титэмт хурдны үе, үйлдвэрийн болон дулаацуулгын уурын даралтыг тохируулах 2 эргэх диафрагм, даралтын 16 нийт 19 үеэс бүрддэг. Турбин нь халааж суулгасан диск бүхий ротортой. Турбины урсгал хэсгийг ерөнхийд нь тохируулгатай өглөг(отбор)-үүдийн камераар нь 3 хэсэгт хуваадаг. Үүнд тохируулах хаалт буюу уур хуваарилах байгууламжаас үйлдвэрийн тохируулгатай өглөгийн камер хүртэл өндөр даралтын хэсэг(ӨДХ), үйлдвэрийн өглөгөөс дулаацуулгын тохируулгатай өглөгийн камерын хоорондох хэсгийг дунд даралтын(ДДХ), дулаацуулгын өглөгийн камераас турбины сүүлийн үеэс уур гарах хүртэлхийг нам даралтын хэсэг (НДХ) гэж ангилдаг. Турбины урсгал хэсгийн бүтэц болон уурын урсгал хуваарилалтын схемийг 1-р зурагт үзүүлэв.



$$D_{\kappa} = D_o - \sum_{i=1}^n D_i = D_o - (D_1 + D_2 + D_3 + D_{\gamma} + D_4 + D_5), \text{ кг/с}$$

1-р зураг. ПТ-25-90/10М турбины урсгал хэсгийн уурын урсгалын хуваарилалт

Уур хуваарилах байгууламж нь 8 тохируулах хаалттай бөгөөд уурыг хурдны үеийн тойргийн уртын дагууд хэсэгчлэн өгөхөөр зохион бүтээсэн хийцийн онцлогтой.

Турбины өндөр даралтын хэсгээс уур гадагш алдахгүй, нам даралтын хэсэгт гаднаас агаар сорогдож оруулахгүйн тулд нягруулгын системийг хэрэглэдэг.

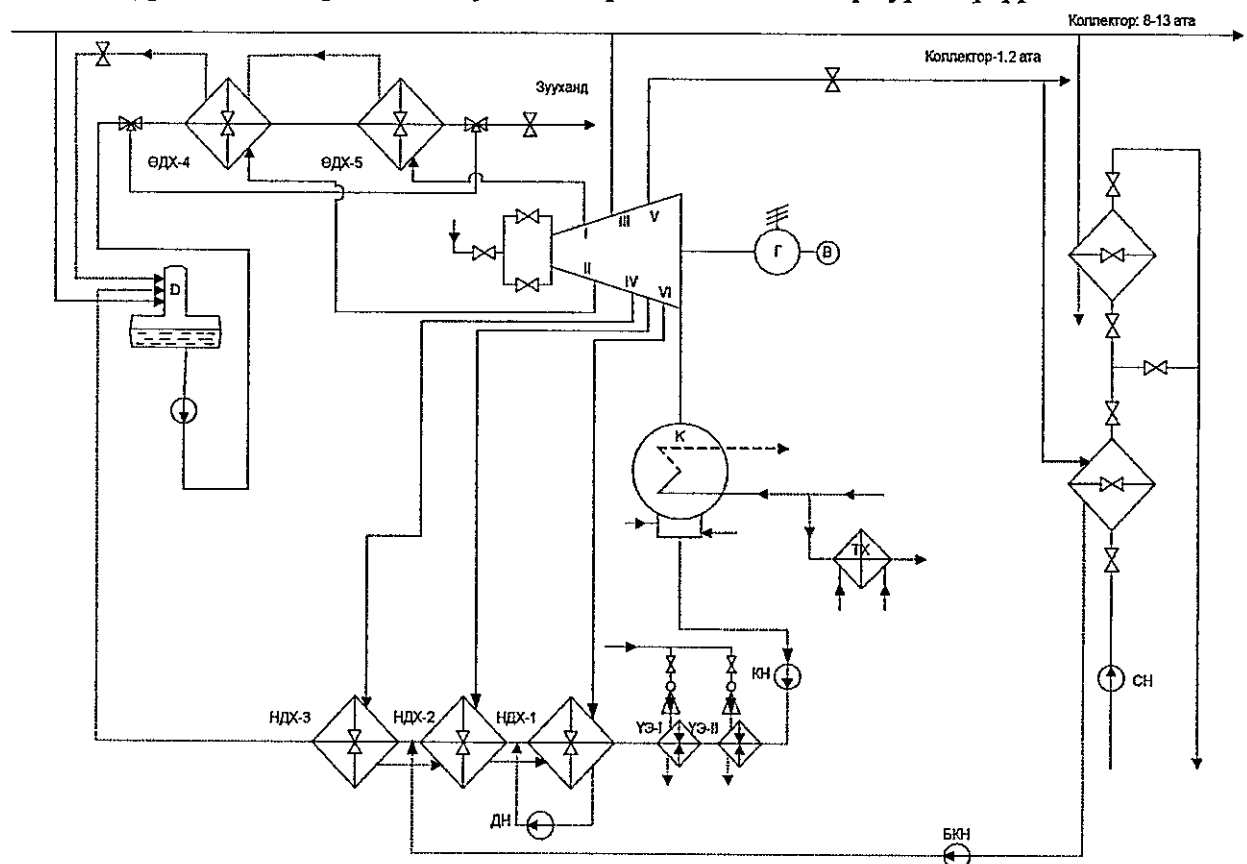
Турбины сүүлийн хэсгийн даралт хэт ихэссэн тохиолдолд конденсатор болон турбины их биеийг хамгаалах зориулалттай хоёр ширхэг хамгаалах диафрагмыг турбины уур гарах хэсэгт байрлуулсан байдаг.

Хурц уурыг турбинд зогсоох хаалтаар дамжуулах өгөх бөгөөд хамгаалалтын систем ажилласан үед тохируулгатай өглөгүүдийн уурыг хурдан хаах зориулалттай буцаахгүй хавхлагуудтай байдаг.

Конденсатороос уур-агаарын холимогийг эжекторын төхөөрөмжөөр соруулна. Турбинд үндсэн ба явуулах гэсэн хоёр төрлийн эжекторыг ашигладаг.

Эжекторын хөргөлтийн бие болгон үндсэн конденсатыг ашигладаг. Турбин конденсацййн горимоор ажиллаж байхад НДХ-аар өнгөрөх конденсатын хэмжээ 25т/ц-аас их тохиолдолд конденсатын зарим хэсгийг нь тойруу шугамаар дамжуулж, 0.12МПа даралттай деаэраторт өгнө. Сүлжээний усны халаагуурыг дулаацуулгын өглөгөөс уураар халаадаг.

Тэжээлийн усыг халаах зориулалтаар угсраа ажиллагаатай өндөр даралтын халаагуур хоёр байдаг. ӨДХ-ын уурын конденсат деаэраторт өгөгддөг байна. ПТ-25-90/10М турбины төхөөрөмжийн дулааны зарчмын схемийг 2-р зурагт үзүүлэв.



2-р зураг. ПТ-25-90/10М турбины төхөөрөмжийн дулааны зарчмын схем

Туршилт хийхдээ хэмжилтийг 2 минут тутамд тэмдэглэж авав. Туршилт хийхэд дараах багаж, хэрэсэлүүдийг ашигласан болно.

## 2. Туршилт хийхэд ашигласан хэмжих хэрэгсэлүүд

Турбины төхөөрөмжийн ашиглалтын түвшинг тодорхойлох үзүүлэлтүүд болон хэмжих хэрэгсэлүүдийг ерөнхийд нь хоёр хэсэг болгон ангилж, тооцоонд ашигласан болно. Үүнд: нэгдүгээрт, шууд хэмжих хэрэгсэлүүд тухайлбал, уур болон усны даралт, температур, зарцуулалтын хэрэгсэл, барометрийн даралт болон цахилгаан генераторын гаргалга дээрх чадал г.м. **хоёрдугаарт**, шууд хэмжилтийн үр дүнд тулгуурлан ус ба усны уурын "h-s" диаграмм буюу хүснэгтийг ашиглан тодорхойлдог үзүүлэлтүүд, жишээ нь уур болон усны зарцуулалт, дулааны ачаалал, дулааны ба уурын хувийн зарцуулалт, дулааны горимоор үйлдвэрлэх цахилгаан эрчим хүчний хувь хэмжээ зэрэг үзүүлэлтүүд ордог.

Турбины төхөөрөмжийн үр ашгийг тодорхойлдог үндсэн үзүүлэлтүүдийн нарийвчлал нь хэмжилтэд ашигласан багаж, хэрэгсэлийн нарийвчлалын зэргээс ихээхэн хэмжээгээр хамаардаг. Энэ хамаарлыг хэмжих багажийн тохиргоог чанартай хийж, зөөврийн хэрэгсэлээр давхар хянах замаар нарийн зөв тусгаж болно.

### **Зарцуулалт.**

Уур болон усны зарцуулалтыг ихэнхдээ шугам хоолойнуудыг холбох норм, дүрмийн дагуу угсарч суурилуулсан стандарт хэрэгсэлүүдийн даралтын уналтаар хэмждэг. Хэт авианы зарцуулалтын хэмжүүр нь ажлын биеийн температур 150°C-ээс ихгүй, шугамын дотоод диаметр 300...400 мм хоолойгоор урсах шингэнийг хэмждэг. Температурын дээд хязгаар нь вибраторын пьезоэлементүүдийн дулаан тэсвэрлэх нөхцөлөөр тогтоогддог.

### **Даралт.**

Даралтыг хэмжихдээ 0.6...1.0 нарийвчлалтай пүршт манометр болон МТИ маягийн мановакуумметр, ВТИ маягийн вакуумметрийг даралт нь 0.2 МПа-аас бага тохиолдолд мөнгөн усаар дүүргэсэн U-маягийн манометр, баровакуумметрийг хэрэглэх боломжтой. Гэхдээ орчин үед ДЦС-уудад мөнгөн ус хэрэглэх нь хөдөлмөр хамгаалал болон техникийн аюулгүй ажиллагааны дүрмийг мөрдөх нөхцлөөр хязгаарлагдах болсныг анхаарах хэрэгтэй.

### **Температур.**

Температурыг хэмжихдээ дулаан-хувиргах(термопреобразователь) төрөл бүрийн хэрэгсэлүүдийг ашигладаг. Жишээлбэл, мөнгөн уст термометр, дулаан-цахилгааны хувиргуур(термопар)-ууд, эсэргүүцлийн болон лазерйн термометрүүд г.м. Мөнгөн уст термометрийг ихэвчлэн эргэлтийн ус, орчны температур зэрэг 50°C хүртэл халуунтай харьцангуй хязгаарлагдмал хүрээнд хэрэглэж байна. Дулаан-цахилгааны хувиргуурт хромель-копель ба хромель-хөнгөн цагаан зэрэг термопарыг ашигладаг. Энэ хувиргуурыг ихэвчлэн 200°C-ээс их температурыг хэмжихэд хэрэглэнэ.

Хамгийн түгээмэл хэрэглэгдэж байгаа мөнгөн уст термометр нь ТЛ-4 №1-8 хуваарийн үнэлгээ нь 0.1°C, 50 °C хүртэл, ТЛ-2 №1-4 хуваарийн үнэлгээ нь 0.5 °C, 100 °C хүртэл, ТЛ-1 №1-5 хуваарийн үнэлгээ нь 1°C, 0...100 °C хүртэл тус тус заадаг.



Температурын хоёрдогч хэмжүүр болгон тогтмол гүйдлийн 0.05 нарийвчлалтай ПИ-63 маягийн зөөврийн потенциометр, 0.25 ба 0.5 нарийвчлал бүхий КСП-4 маягийн автомат потенциометрийг хэрэглэдэг.

#### **Дулааны ачаалал.**

Туршилтын үед дулааны анаалыг сүлжээний усны зарцуулалт ба халалтаар эсвэл сүлжээний халаагуурт орж байгаа уурын дулаан уналтыг хэмжих аргаар тодорхойлно.

Сүлжээний усны температурыг тодорхойлохдоо 0.05...0.1°C-ийн нарийвчлалтай хэмжүүрийг хэрэглэх шаардлагатай.

#### **Цахилгаан генераторын чадал.**

Цахилгаан генераторын чадал нь шууд хэмждэг хэмжигдэхүүнүүдээс хамгийн чухал үзүүлэлтийн нэг байдаг. Ийм учраас туршилтын үед түүнийг маш нарийн зөв тодорхойлоход ихээхэн анхаарал тавьдаг. Чадлыг хэмжихдээ голчлон хоёр буюу гурван ваттметрыг холбосон нэг фазын болон гурван фазын ваттметр буюу тоолуурыг ашигладаг.  $\cos\varphi$  -ыг тодорхойлохын тулд нэмэлт хэрэгсэлийг ашиглах шаардлагатай. Энэ тохиолдолд чадал хэмжих аргыг сонгохдоо туршилтад тавигдах шаардлага, нөхцөлийг урьдчилан нарийн судлах хэрэгтэй. Хэмжилтэд ихэвчлэн 0.1..0.2 гэсэн нарийвчлалтай нэг фазын лабораторийн ваттметр, эсвэл 0.5 нарийвчлалтай гурван фазын ваттметр, түүнчлэн 0.2 нарийвчлал бүхий актив чадлын цахилгаан тоолуурыг хэрэглэдэг.

- Тахометр, RPM Range , 100RPM- $\pm$ (0.04% + 2)
- Агаарын зарцуулалтын хэмжүүр -U маягийн манометр
- Лабораторийн ваттметр
- Мөнгөн уст термометр ( $t = 0 \dots 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t = 0 \dots 160 \text{ }^\circ\text{C}$  )
- Лазерын термометр
- Барометр
- Доргионы хэмжүүр- Фирма "Диамех", Кварц, ТУ 4277-008-33662756-99, № 445
- Зарцуулалтын суурин хэмжүүрүүд
- Давтамжийн хэмжүүр

### **3. ПТ-25-90/10М турбины төхөөрөмжид их засварын өмнө хийсэн дулаан техникийн туршилтын хувилбаруудын хэмжилт, тооцоо**

Турбины дулаан техник, автомат тохируулгын системийн туршилтыг хоёр талын тохиролцсон гэрээ болон хөтөлбөрийн дагуу 2018 оны 7-р сарын 02-ны өдрийн 9<sup>30</sup> цагаас 18<sup>10</sup> цаг хүртэл дараах горимуудад хийж гүйцэтгэсэн болно. Үүнд:

- а). Дулаанжуулалтын горим буюу сэргээн халаах төхөөрөмжүүд болон үйлдвэр, дулаацуулгын тохируулгатай өглөг(отбор)-үүд залгаатай;
- б). Үйлдвэрийн тохируулгатай өглөг салгаатай, сэргээн халаах төхөөрөмжүүд залгаатай;
- в). Өндөр даралтын халаагуурыг салгасан байхад;
- г). Дулаацуулгын өглөгийн уур тасархай байх тохиолдолд

#### 4. ПТ-25-90/10М турбины төхөөрөмжийн ашиглалтын ажиллагааны 5 хувилбар

ПТ-25-90/10М турбины ашиглалтын горим ажиллагааг 5 хувилбараар тооцож, туршилт хийсэн бөгөөд хэмжилтийн үзүүлэлтүүдийг 2-р хүснэгтэд харуулав.

ПТ-25-90/10М турбины туршилтын урсгал хэсгийн үндсэн үзүүлэлтүүд

2-р хүснэгт

| д/д | Хэмжигдэхүүний нэр                 | Хэм. нэгж           | Турбогенераторын цахилгаан чадал, МВт |       |       |       |       |
|-----|------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|     |                                    |                     | 23                                    | 20    | 18    | 16    | 14    |
| 1.  | Хурц уурын зарцуулалт              | т/ц                 | 150.7                                 | 127.3 | 115.2 | 100.5 | 84.7  |
| 2.  | Хурц уурын даралт                  | кгх/см <sup>2</sup> | 88.7                                  | 91.7  | 89.4  | 100.5 | 90.6  |
| 3.  | Хурц уурын температур              | °С                  | 523                                   | 530   | 524   | 532   | 526   |
| 4.  | Тохируулгын үеийн даралт           | кгх/см <sup>2</sup> | 51.6                                  | 44.8  | 40.5  | 36.2  | 31.2  |
| 5.  | Үйлдвэрийн уурын даралт            | кгх/см <sup>2</sup> | 10.5                                  | 10.1  | 10.4  | 10.2  | 10.7  |
| 6.  | Үйлдвэрийн уурын температур        | °С                  | 372                                   | 330   | 336   | 343   | 249   |
| 7.  | Дулаацуулгын уурын даралт          | кгх/см <sup>2</sup> | 1.37                                  | 1.38  | 1.52  | 1.49  | 1.45  |
| 8.  | Дулаацуулгын уурын температур      | °С                  | 185                                   | 170   | 171   | 177   | 188   |
| 9.  | Орчны агаарын даралт               | кгх/см <sup>2</sup> | 0.875                                 | 0.875 | 0.875 | 0.925 | 0.925 |
| 10. | Конденсаторын сийрэгжилт           | кгх/см <sup>2</sup> | 0.428                                 | 0.459 | 0.51  | 0.53  | 0.569 |
| 11. | Конденсаторын үнэмлэхүй даралт     | кгх/см <sup>2</sup> | 0.447                                 | 0.416 | 0.365 | 0.395 | 0.356 |
| 12. | Конденсаторын сийрэгжилт           | %                   | 48.91                                 | 52.45 | 59.42 | 57.0  | 61.5  |
| 13. | Уурын ханалтын температур          | °С                  | 78.1                                  | 76.3  | 75    | 75.4  | 72.3  |
| 14. | Үндсэн конденсатын температур      | °С                  | 77                                    | 75    | 72    | 71    | 69.5  |
| 15. | Турбины сүүлийн хэсгийн халуун     | °С                  | 100                                   | 102   | 97.2  | 101   | 103   |
| 16. | Тэжээлийн усны температур          | °С                  | 218                                   | 221   | 224   | 223   | 219   |
| 17. | Конденсаторт орох уурын зарцуулалт | т/ц                 | 45.7                                  | 30.0  | 17.2  | 13.5  | 11.7  |

#### Цахилгаан, дулааны ачаалалтай дулаанжуулалтын горим

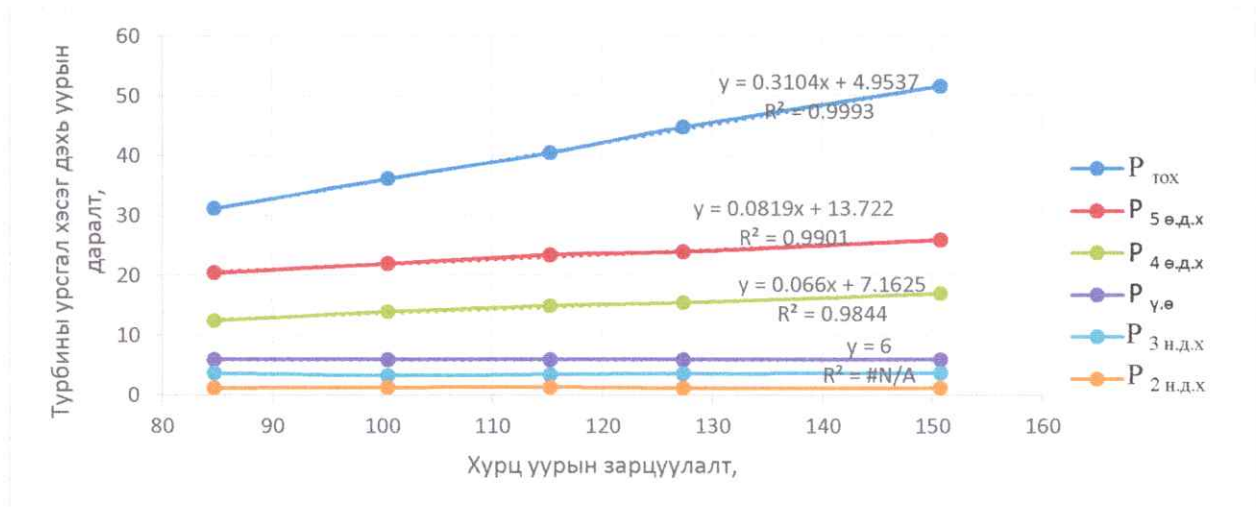
Турбины дагуу хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс болон уурын даралтын уналтыг тодорхойлох замаар турбины ашиглалтын төлөв байдлыг тодорхойлж, үнэлгээ өгөх боломжтой байдаг.

Үйлдвэрийн болон дулаацуулгын тохируулагатай өглөг(отбор)-үүд, өндөр даралтын халаагуур залгаатай байхад турбины дулаацуулгын горимд туршилт хийв. Туршилтыг турбогенераторын харгалзах ачаалал бүрд 2 минутын зайцтайгаар 5 удаа хэмжилт авав. Туршилт 2018 оны 7-р сарын 04-ны өдрийн 13<sup>10</sup> цагаас 17<sup>40</sup> цаг хүртэл үргэлжилж, турбины урсгал хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс болон хурц уурын зарцуулалтын хоорондох хамаарлыг 3-р хүснэгт болон 3-р зурагт үзүүлэв.

Турбины урсгал хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс болон хурц уурын зарцуулалтын хоорондох хамаарал

3-р хүснэгт

| д/д | Хурц уурын зарцуулалт (D <sub>0</sub> ), т/ц | Турбины урсгал хэсэг дэхь уурын даралт, кгх/см <sup>2</sup> |                      |                      |                  |                      |                      |                      |                |
|-----|--|---|----------------------|----------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|     |  | P <sub>тох</sub>  | P <sub>5 ө.д.х</sub> | P <sub>4 ө.д.х</sub> | P <sub>ү.ө</sub> | P <sub>3 н.д.х</sub> | P <sub>2 н.д.х</sub> | P <sub>1 н.д.х</sub> | P <sub>к</sub> |
| 1.  | 150.7  | 51.6  | 26.0                 | 17.0                 | 10.5             | 3.2                  | 1.19                 | 0.40                 | 0.447          |
| 2.  | 127.3  | 44.8  | 24.0                 | 15.5                 | 10.1             | 3.28                 | 0.87                 | 0.39                 | 0.416          |
| 3.  | 115.2  | 40.5  | 23.1                 | 15.0                 | 10.4             | 3.30                 | 0.86                 | 0.39                 | 0.355          |
| 4.  | 100.4  | 36.2  | 22.0                 | 14.0                 | 10.2             | 3.38                 | 0.86                 | 0.38                 | 0.398          |
| 5.  | 84.7   | 31.2  | 20.4                 | 12.8                 | 10.7             | 3.4                  | 0.85                 | 0.30                 | 0.356          |



3-р зураг. Турбины урсгал хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс болон хурц уурын зарцуулалтын хоорондох хамаарал  
 ПТ-25-90/10М турбины сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн температурын напорын судалгаа, тооцооны үр дүнг 4-р хүснэгтэд үзүүлэв.

ПТ-25-90/10М турбины сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн температурын напорын судалгаа, тооцооны үр дүн

4-р хүснэгт

| д/д  | Үзүүлэлтүүдийн нэр                      | Хэмж. нэгж          | Сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн нэр |       |           |       |       |       |
|--|---|---------------------|------------------------------------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|  |   |                     | ӨДХ-5                              | ӨДХ-4 | Деаэратор | НДХ-3 | НДХ-2 | НДХ-1 |
| А. Үйлдвэрийн тооцоот горимоор:                  |   |                     |                                    |       |           |       |       |       |
| 1.   | Тэжээлийн усны гарах температур         | °C                  | 215                                | 186   | 158       | 138   | 113   | 93    |
| 2.   | Тэжээлийн усны орох температур          | °C                  | 186                                | 158   | 138       | 113   | 93    | 47    |
| 3.   | Тэжээлийн усны халалт                   | °C                  | 29                                 | 28    | 20        | 25    | 20    | 46    |
| 4.   | Халаагдаж байгаа усны зарцуулалт        | т/ц                 | 170.3                              | 170.3 | 165       | 165   | 89    | 74.6  |
| 5.   | Халааж байгаа уурын зарцуулалт          | т/ц                 | 9.4                                | 3.58  | 1.8       | 11.3  | 3.1   | 6.3   |
| 6.   | Халааж байгаа уурын температур          | °C                  | 410                                | 330   | 278       | 184   | 124   | 106   |
| 7.   | Халааж байгаа уурын ханалтын температур | °C                  | 234.6                              | 204.8 | 158       | 154.8 | 125   | 104   |
| 8.   | Температурын напор                      | °C                  | 19.6                               | 18.8  | 0         | 16.8  | 12    | 11    |
| I. Туршилтын I- хувилбар N <sub>ц</sub> = 23 МВт |   |                     |                                    |       |           |       |       |       |
| 9.   | Усны зарцуулалт                         | т/ц                 | 158.2                              | 158.2 | -         | 48    | 48    | 48    |
| 10.  | Усны гарах температур                   | °C                  | 220                                | 188   | 158       | 133   | 96    | 85    |
| 11.  | Усны орох температур                    | °C                  | 189                                | 158   | 133       | 96    | 85    | 77    |
| 12.  | Усны халалт                             | °C                  | 31                                 | 30    | 25        | 37    | 11    | 8     |
| 13.  | Уурын зарцуулалт                        | т/ц                 | 11                                 | 4     | 3.8       | 4.8   | 1.1   | 0.3   |
|  | Уурын даралт                            | кгх/см <sup>2</sup> | 26                                 | 17    | 6         | 3.7   | 1.2   | -     |
| 14.  | Уурын температур                        | °C                  | 419                                | 342   | 278       | 228   | 111   | -     |
| 15.  | Уурын ханалтын                          | °C                  | 225                                | 203   | 158       | 140   | 104   | -     |

|   |                                |                     |       |       |       |       |      |      |
|---|--------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|   | температур                     |                     |       |       |       |       |      |      |
| 16.   | Температурын напор             | °C                  | 5     | 15    | 0     | 7     | 8    | -    |
| II. Туршилтын 2- хувилбар $N_{ц} = 20$ МВт  |                                |                     |       |       |       |       |      |      |
| 17.   | Усны зарцуулалт                | т/ц                 | 133.7 | 133.7 | -     | 31.5  | 31.5 | 31.5 |
| 16.   | Усны гарах температур          | °C                  | 215   | 186   | 158.1 | 131   | 96   | 85.3 |
| 17.   | Усны орох температур           | °C                  | 186   | 158.1 | 131   | 96    | 85.3 | 79   |
| 18.   | Усны халалт                    | °C                  | 29    | 27.9  | 27.1  | 35    | 10.7 | 6.3  |
| 19.   | Уурын зарцуулалт               | т/ц                 | 8.4   | 3.4   | 2.1   | 2.5   | 1.2  | 0.6  |
|   | Уурын даралт                   | кгх/см <sup>2</sup> | 24    | 15.5  | 6     | 3.6   | 1.2  | -    |
| 20.   | Уурын температур               | °C                  | 415   | 362   | 278   | 229.7 | 108  | -    |
| 21.   | Уурын ханалтын температур      | °C                  | 221   | 199   | 158.1 | 139   | 104  | -    |
| 23.   | Температурын напор             | °C                  | 6     | 13    | 0     | 8     | 8    | -    |
| III. Туршилтын 3- хувилбар $N_{ц} = 18$ МВт |                                |                     |       |       |       |       |      |      |
| 16.   | Усны зарцуулалт                | т/ц                 | 121   | 121   | -     | 18.1  | 18.1 | 18.1 |
|   | Усны гарах температур          | °C                  | 211   | 183   | 158   | 131   | 94   | 81   |
| 17.   | Усны орох температур           | °C                  | 183   | 158   | 131   | 94    | 81   | 72   |
| 18.   | Усны халалт                    | °C                  | 28    | 25    | 27    | 37    | 13   | 9    |
| 19.   | Усны зарцуулалт                | т/ц                 | 115.2 | 127.3 | 115.2 | 115.2 | 71   | 70   |
| 20.   | Уурын зарцуулалт               | т/ц                 | 8.2   | 8.1   | 7.9   | 7.8   | 2    | 0.5  |
|   | Уурын даралт                   | кгх/см <sup>2</sup> | 23.5  | 15    | 6     | 3.5   | 1.35 | -    |
| 21.   | Халааж байгаа уурын температур | °C                  | 404   | 219   | 197   | 136.4 | 118  | -    |
| 23.   | Уурын ханалтын температур      | °C                  | 219   | 197   | 158   | 138   | 107  | -    |
| 24.   | Температурын напор             | °C                  | 8     | 14    | 0     | 7     | 13   | -    |
| VI. Туршилтын 4- хувилбар $N_{ц} = 16$ МВт  |                                |                     |       |       |       |       |      |      |
| 25.   | Усны зарцуулалт                | т/ц                 | 105.5 | 105.5 | -     | 14.2  | 14.2 | 14.2 |
| 26.   | Усны гарах температур          | °C                  | 208.3 | 184.3 | 158.1 | 131   | 93.2 | 81   |
| 27.   | Усны орох температур           | °C                  | 183.2 | 156   | 130.3 | 93.2  | 81   | 71   |
| 28.   | Усны халалт                    | °C                  | 25.1  | 28.3  | 27.8  | 37.1  | 12.2 | 10   |
| 29.   | Уурын даралт                   | кгх/см <sup>2</sup> | 22    | 14    | 6     | 3.3   | 1.3  | -    |
|   | Уурын зарцуулалт               | т/ц                 | 412   | 368   | 278   | 231   | 118  | -    |
| 30.   | Уурын температур               | °C                  | 216   | 194   | 158   | 136   | 107  | -    |
| 31.   | Уурын ханалтын температур      | °C                  | 7.7   | 9.7   | -0.1  | 5.7   | 13.8 | -    |
| 32.   | Температурын напор             | °C                  | 105.5 | 105.5 | -     | 14.2  | 14.2 | 14.2 |
| V. Туршилтын 5- хувилбар $N_{ц} = 14$ МВт   |                                |                     |       |       |       |       |      |      |
| 16.   | Усны зарцуулалт                | т/ц                 | 88.9  | 88.9  | -     | 12.3  | 12.3 | 12.3 |
|   | Усны гарах температур          | °C                  | 203   | 183   | 158   | 133   | 92   | 80   |
| 17.   | Усны орох температур           | °C                  | 183   | 158   | 133   | 92    | 80   | 69.5 |
| 18.   | Усны халалт                    | °C                  | 20    | 25    | 25    | 41    | 12   | 10.5 |
| 19.   | Уурын зарцуулалт               | т/ц                 | 9.6   | 4.2   | 4     | 2.6   | 2    | 0.4  |
| 20.   | Уурын температур               | °C                  | 408   | 372   | 278   | 238   | 140  | 98   |
|   | Уурын даралт                   | кгх/см <sup>2</sup> | 20.5  | 12.5  | 6     | 3.7   | 1.2  | -    |
| 21.   | Уурын ханалтын температур      | °C                  | 212   | 189   | 158   | 139   | 104  | -    |
| 23.   | Температурын напор             | °C                  | 9     | 6     | 0     | 4     | 12   | -    |
| 24.   | Усны халалт                    | °C                  | 21    | 25    | 25    | 41    | 12   | 10.5 |

**Турбины дагуу хэсгээс тэжээгдэж байгаа өглөгүүдийн байрлал:**

- 1."ӨДХ-5"-ын уурыг турбины 3-р үеийн дараагаар;
- 2."ӨДХ-4"-ын уурыг 6-р үеийн дараагаар;
- 3.Үйлдвэрийн ба дезараторын уурыг эргэх диафрагмын өмнөөс 8-р үеийн дараагаар;
4. "НДХ-3"ын уурыг 12-р үеийн дараагаар;
5. "НДХ-2,0", атм.деазратор нам даралтын эргэх диафрагмын өмнөөс 15-р үеийн дараа.
6. "НДХ-1" ын уурыг 16-р үеийн дараагаар тус тус авсан байна.

**5. ИТ-25-90/10М турбины урсгал хэсэг болон сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн ашиглалтын ажиллагааны төлөв байдал**

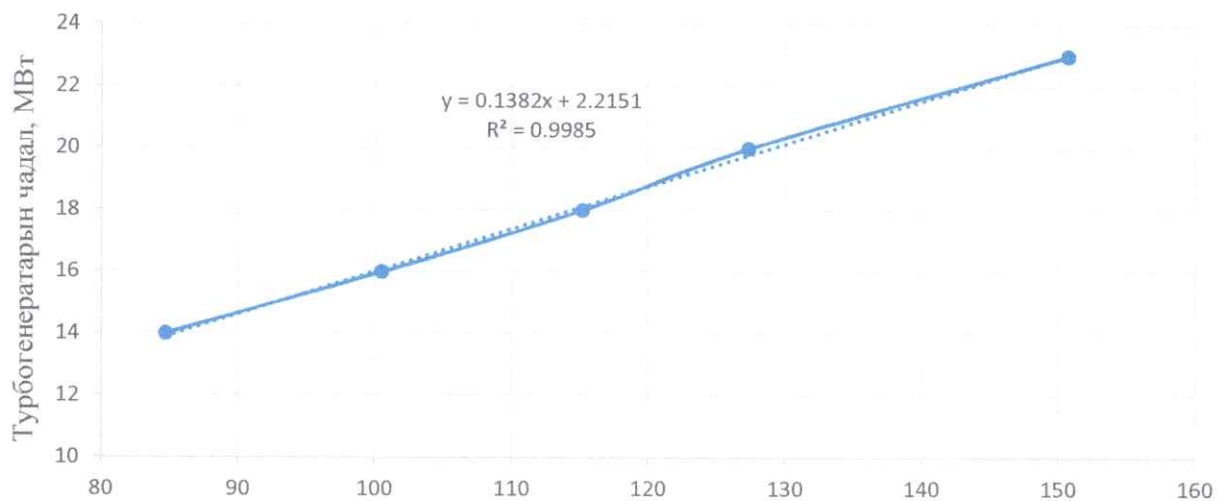
Энэхүү турбин нь бүлэг хавхлагт уур хуваарилах байгууламжтай тул тохируулах хаалтууд нь сервомоторын явалтаас хамааран дэс дараалан жигд нээгдэж, хаагдаж байх шаардлагатай тул,

- зогсоох болон тохируулгын бүлэг хавхлагуудын суулт, шилбэ(шток)-ний нягтруулгын ажиллагааны байдлыг шалгаж засварлах;
- Тохируулгын системийн үрлэн холбоос, хөшүүрэгт механизмд засвар, үйлчилгээ хийх;
- Тохируулгатай өглөгүүдийн уурын даралтын өөрчлөлт тооцоот утгын  $\pm 10\%$ -иас ихгүй байх;
- Хурц уурын хавхлагуудад уурын даралтын уналт нь хаалтууд бүрэн онгорхой үед  $\Delta P_x = (0.03 \dots 0.05) \cdot P_0$  хэмжээнд байх;
- Турбины урсгал хэсгийн эд ангиудын зэврэлт, механик элэгдэл(эрозия)-ийн байдлыг шалгаж засварлах;
- Турбины сүүлийн хэсгийн халууныг ихэсгэхэд нөлөөлж байгаа хүчин зүйлүүдийг тогтоож, шаардлагатай засвар, үйлчилгээний ажлуудыг хийх.

Турбогенераторын хурц уурын зарцуулалт ба цахилгаан чадлын хоорондын хамаарлыг 4-р зурагт үзүүлэв.

Турбогенераторын хурц уурын зарцуулалт ба цахилгаан чадлын хоорондын хамаарал

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр       | Хэмжих нэгж | Турбогенераторын чадал, МВт |       |       |       |       |
|-----|-----------------------|-------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
|     |                       |             | 14                          | 16    | 18    | 20    | 23    |
| 1.  | Хурц уурын зарцуулалт | т/ц         | 84.7                        | 100.5 | 115.2 | 127.3 | 150.7 |

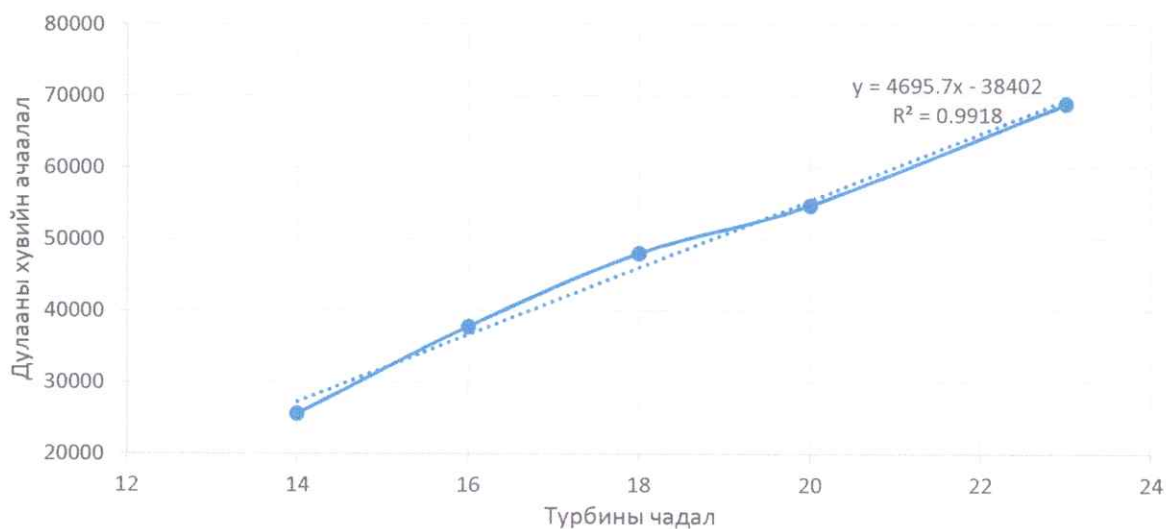


4-р зураг. Турбогенераторын цахилгаан чадал ба хурц уурын зарцуулалтын хамаарал

Турбогенераторын цахилгаан чадал ба дулааны хувийн зарцуулалтын хамаарлыг 5-р зурагт, цахилгаан чадал ба уурын хувийн зарцуулалтын хамаарлыг 6-р зурагт тус тус үзүүлэв.

Турбогенераторын цахилгаан чадал ба дулааны хувийн зарцуулалтын хамаарал

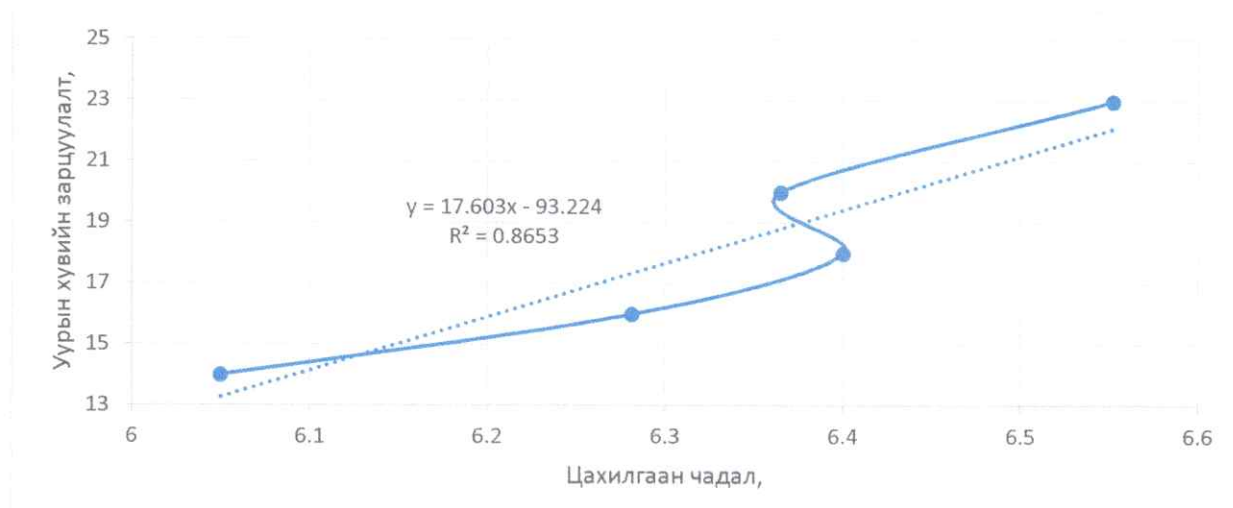
| д/д | Үзүүлэлтийн нэр | Хэмжих нэгж | Хувийн дулааны ачаалал, ккал/кВт.ц |         |       |       |           |
|-----|-----------------|-------------|------------------------------------|---------|-------|-------|-----------|
|     |                 |             | 25628.5                            | 37829.2 | 48080 | 54810 | 68952.857 |
| 1.  | Турбины чадал   | МВт         | 14                                 | 16      | 18    | 20    | 23        |



5-р зураг. Цахилгаан чадал ба дулааны хувийн ачааллын хамаарал

Цахилгаан чадал ба дулааны хувийн ачааллын хамаарал

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр | Хэмжих нэгж | Уурын хувийн зарцуулалт, кг/кВт.ц |      |     |       |      |
|-----|-----------------|-------------|-----------------------------------|------|-----|-------|------|
|     |                 |             | 6.05                              | 6.28 | 6.4 | 6.365 | 6.55 |
| 1.  | Цахилгаан чадал | МВт         | 14                                | 16   | 18  | 20    | 23   |



6-р зураг. Цахилгаан чадал ба уурын хувийн зарцуулалтын хамаарал

**Турбины өндөр, нам даралтын халаагууруудын ашиглалтын ажиллагааны өнөөгийн байдал**

ӨДХ нь зууханд орох тэжээлийн усыг халаах үндсэн зориулалттай тоноглол юм. Түүний ажиллагааны байдлаас үйлдвэрлэлийн үр ашиг, техник эдийн засгийн үзүүлэлт ихээхэн хэмжээгээр хамаардаг. Энэхүү халаах төхөөрөмжийн ашиглалтын үр ашгийг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлт нь тэжээлийн усны халалт болон температурын напор юм. Энэ үзүүлэлтүүд нь тоног төхөөрөмжийн ажиллагааны бүрэн бүтэн байдал, хийцээс гадна халааж байгаа уурын параметруудээс хамааралтай байдаг.

**ӨДХ-ын ашиглалтын түвшинг тодорхойлох үндсэн үзүүлэлтүүд:**

ӨДХ-ын ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүдийг 5-р хүснэгт, 7; 8-р зургуудад харуулав. ӨДХ-т халаагдаад гарч байгаа тэжээлийн усны температур нь түүнд өгч байгаа уурын ханалтын температураас ямагт бага утга ( $t_x > t_{2т.у}$ )-тай байдаг. Энэ хэмжигдэхүүнийг тэжээлийн усны дутуу халалт ( $\delta t = t_x - t_{2т.у}$ ) гэнэ. Температурын напор буюу усны дутуу халалт гэдэг нь сэргээн халаах төхөөрөмж болон конденсаторт өгч байгаа уурын даралтанд харгалзах ханалтын температураас халаагдаад гарч байгаа усны температурыг хасахад гарах температурын хэмжээ бөгөөд түүнийг 1-р томъёогоор олно.

$$\delta t = t_{x,т} - t_2, \quad (1)$$

Халаагуурын хувийн дулааны ачаалал ( $q_{ө.д.х}$ ) ба температурын напор ( $\delta t$ )-ын хоорондох хамаарлыг графикаар илэрхийлж, 6-р зурагт үзүүлэв. Өндөр даралтын халаагуурын дулааны хувийн ачааллыг 2-р томъёогоор олно. Өндөр даралтын

халаагуурын ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүдийг 6-р хүснэгтэд харуулав.

$$q = \frac{G_{т.у} \cdot C_{т.у} \cdot (t_{2,ӨДХ} - t_{1,ӨДХ})}{F_{ӨДХ}} \cdot 10^3, \text{ ккал/м}^2 \text{ ц}, \quad (2)$$

Үүнд:  $G_{т.у}$  - тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц;  $t_{2,ӨДХ}$  - ӨДХ-аас гарч байгаа тэжээлийн усны температур, °C;  $t_{1,ӨДХ}$  - ӨДХ-г орж байгаа тэжээлийн усны температур, °C;  $C_{т.у}$  - тэжээлийн усны дулаан багтаамж,  $F_{ӨДХ}$  - ӨДХ-ын халах гадаргуу, м<sup>2</sup>;  $C_{т.у}$  - тэжээлийн усны дулаан багтаамж, ккал/кг °C.

Туршилт, тооцоонд тулгуурлан сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн температурын напоруыг олъё.

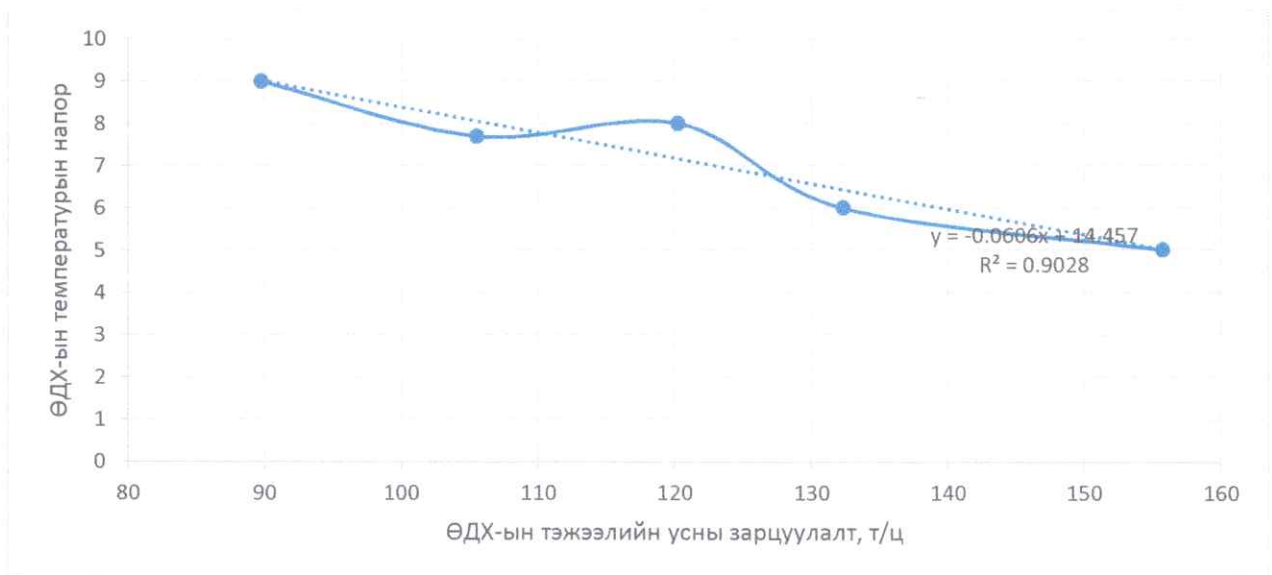
“ӨДХ-5”-ын ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүд

5-р хүснэгт

| ӨДХ-г орох тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц | Халаагуурт орох уурын ханалтын темп, °C | Халаагуурт орох тэжээлийн усны темп, °C | Халаагуураас гарах тэжээлийн усны темп, °C | Тэжээлийн усны халалт, °C | Тэжээлийн усны дутуу халалт, °C | Дулааны хувийн ачаалал, ккал/м <sup>2</sup> .ц, |
|---|---|---|--|---------------------------|---------------------------------|---|
| 89.7                                      | 212                                     | 183                                     | 208.3                                      | 20                        | 9                               | 25628.57  |
| 105.5                                     | 216                                     | 183.2                                   | 211  | 25.1                      | 7.7                             | 37829.28  |
| 120.2                                     | 219                                     | 183                                     | 215  | 28                        | 8                               | 48080   |
| 132.3                                     | 221                                     | 186                                     | 220  | 29                        | 6                               | 54810   |
| 155.7                                     | 225                                     | 189                                     | 208.3                                      | 31                        | 5                               | 68952.85  |

Тэжээлийн усны зарцуулалт ба ӨДХ-ын температурын напоруын хамаарал

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр    | Хэмжих нэгж | ӨДХ-г орох тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц |       |       |       |       |
|-----|--------------------|-------------|---|-------|-------|-------|-------|
|     |                    |             | 89.7                                      | 105.5 | 120.2 | 132.3 | 155.7 |
| 1.  | Температурын напор | °C          | 9   | 7.7   | 8     | 6     | 5     |



7-р зураг. ӨДХ-ын температурын напор ба тэжээлийн усны зарцуулалтын хамаарал



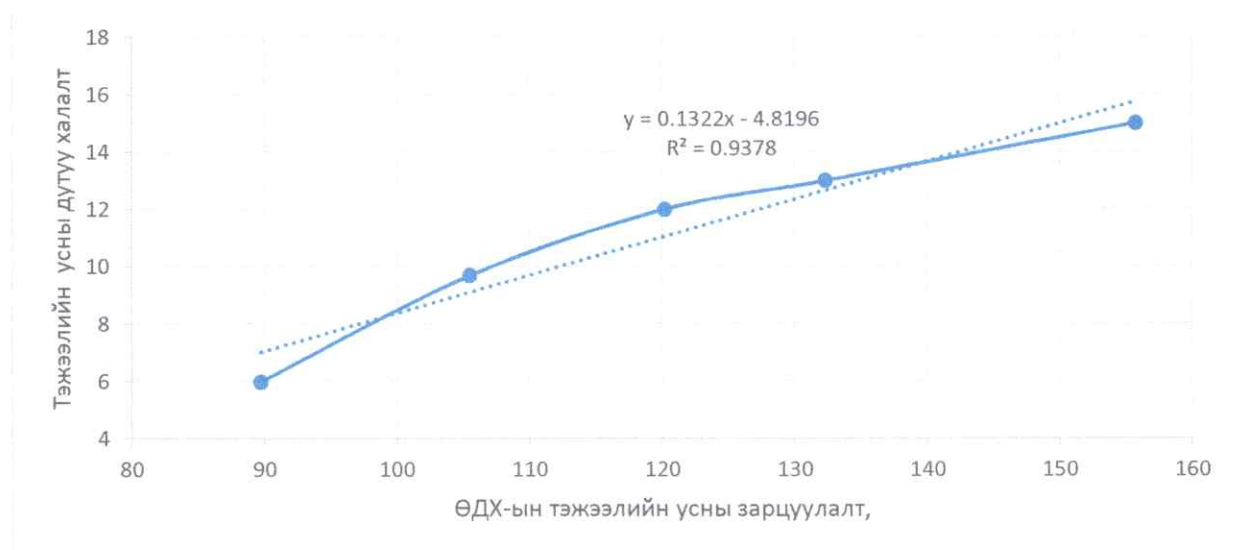
“ӨДХ-4”-ын ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүд

6-р хүснэгт

| ӨДХ-т орох тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц | Халаагуурт орох уурын ханалтын темп, °C | Халаагуурт орох тэжээлийн усны темп, °C | Халаагуураас гарах тэжээлийн усны темп, °C | Тэжээлийн усны халалт, °C | Тэжээлийн усны дутуу халалт, °C |
|---|---|---|--|---------------------------|---------------------------------|
| 89.7                                      | 189                                     | 158                                     | 183  | 25                        | 6                               |
| 105.5                                     | 194                                     | 156                                     | 184.3                                      | 28.3                      | 9.7                             |
| 120.2                                     | 197                                     | 158                                     | 183  | 25                        | 14                              |
| 132.3                                     | 199                                     | 158.1                                   | 186  | 27.9                      | 13                              |
| 155.7                                     | 203                                     | 158                                     | 189  | 31                        | 14                              |

“ӨДХ-4”-ын Тэжээлийн усны дутуу халалт ба тэжээлийн усны зарцуулалтын хамаарал

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр             | Хэмжих нэгж | ӨДХ-ын тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц |       |       |       |       |
|-----|-----------------------------|-------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|     |                             |             | 89.7                                  | 105.5 | 120.2 | 132.3 | 155.7 |
| 1.  | Тэжээлийн усны дутуу халалт | °C          | 6                                     | 9,7   | 12    | 13    | 15    |



8-р зураг. ӨДХ-ын температурын напор ба тэжээлийн усны зарцуулалтын хамаарал

Энэхүү графикаас харахад ӨДХ-т тэжээлийн усны халалт тооцоот утгынхаа ойролцоо байна.

Туршилтаас үзэхэд ажиллагааны горимоос хамааран ӨДХ-уудад тэжээлийн усны халалт дундажаар 26.8°C, температурын напор 9.0°C байгаа бөгөөд тэжээлийн усны температур дундажаар 212 °C байна. Эндээс үзэхэд халаагуурын халах гадаргуу ямар нэг хэмжээгээр бохирдсоны улмаас дулаан дамжуулалтын коэффициент буурсан байж

болохыг анхаарч угааж, цэвэрлэх хэрэгтэй. Тэжээлийн усны температур тооцоот утгаас 3°C-ээр доогуур баригдаж байна. Деаэратор нь тэжээлийн усыг халааж, нөөцлөх болон хүчилтөрөгчийг ялгах зориулалттай бөгөөд туршилтаас үзэхэд усыг 25...28°C халааж байна. Деаэраторын төхөөрөмжийн эд ангиудыг засвар хийхдээ үзэж шалгах нь зүйтэй.

ӨДХ-т хийсэн туршилт, тооцооноос үзэхэд халаагуурт үзлэг, засвар үйлчилгээ хийхэд техник ашиглалтын шаардлагыг хангана гэж үзэж байна.

**Нам даралтын халаагуурын ашиглалтын байдлыг тодорхойлох үндсэн үзүүлэлтүүд:**

Нам даралтын халаагуур нь турбины үндсэн конденсатыг халаах зориулалттай гадаргуугийн дулаан солилцуулах төхөөрөмж юм. Халаах агент нь нам даралтын болон нягтруулгын системийн уур байдаг.

НДХ-ын ашиглалтын байдлыг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүдийг 7-р хүснэгтэд харуулав.. Нам даралтын халаагуурын хувийн дулааны ачааллыг 3-р томъёогоор олно.

$$q = \frac{G_{у.к} \cdot C_{у.к} \cdot (t_{2,н.д.х} - t_{1,н.д.х})}{F_{н.д.х}} \cdot 10^3, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ц}, \quad (3)$$

Үүнд:  $G_{у.к}$ - тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц;  $t_{2,н.д.х}$ - НДХ-аас гарч байгаа тэжээлийн усны температур, °C ;  $t_{1,н.д.х}$ - НДХ-т орж байгаа тэжээлийн усны температур, °C ;  $F_{н.д.х}$ - НДХ-ын халаах гадаргуу, м<sup>2</sup>;  $C_{у.к}$ - үндсэн конденсатын дулаан багтаамж, ккал/кг · м<sup>2</sup> · ц · °C..

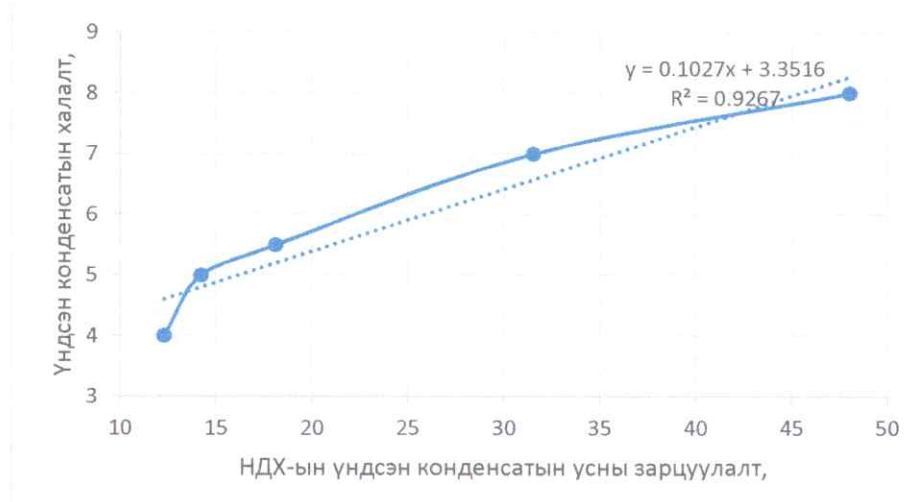
**“НДХ-3”-ын ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүд**

7-р хүснэгт

| НДХ-3-т орох үндсэн конденсатын зарцуулалт | Халаагуурт орох уурын ханалтын температур, °C | Халаагуурт орох конденсатын температур, °C | Халаагуураас гарах конденсатын температур, °C | Үндсэн конденсатын халалт, °C | Хувийн дулааны ачаалал, ккал/м <sup>2</sup> , |
|--|---|--|---|-------------------------------|---|
| 12.3                                       | 139   | 92   | 135   | 43                            | 6372.28                                       |
| 14.2                                       | 136   | 93.2                                       | 131   | 37.8                          | 6466.98                                       |
| 18.1                                       | 137.5   | 94   | 132   | 38                            | 8286.74                                       |
| 31.5                                       | 139   | 96   | 132   | 36                            | 13662.65                                      |
| 48   | 140   | 96   | 132   | 36                            | 20819.27                                      |

**“НДХ-3”-т орох үндсэн конденсатын зарцуулалт ба үндсэн конденсатын халалтын хамаарал**

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр           | Хэмжих нэгж | НДХ-3-т орох тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц |      |      |      |    |
|-----|---------------------------|-------------|---|------|------|------|----|
|     |                           |             | 12.3  | 14.2 | 18.1 | 31.5 | 48 |
| 1.  | Үндсэн конденсатын халалт | °C          | 4   | 5    | 5.5  | 7    | 8  |



9-р зураг. Үндсэн конденсатын халалт ба зарцуулалтын хамаарал

НДХ-т үндсэн конденсатын дутуу халалтын хэмжээ 5...7°C хязгаарт байдаг. Эндээс үзэхэд конденсаторын сийрэгжилт буурсаны улмаас халаагуурт дулаан солилцооны процесс шаардлагатай хэмжээнд хүртэл явагдаагүй гэсэн дүгнэлт хийж болохоор байна.

НДХ- нь үндсэн конденсатыг халаах зориулалттай тул түүний хэвийн ажиллагааг хангах нөхцөлийг бүрдүүлж байх шаардлагатай. Туршилтаас үзэхэд халаагууруудад үндсэн конденсатыг 130...133°C хүртэл халааж байна.

Нам даралтын халаагууруудын температур ( $\delta t$ ) -ын напор 9.0°C байгаа нь зөвшөөрөгдөх утгаас 1.5...2 дахин их байгаа тул халаах гадаргуу нь бохирдож, дулаан дамжуулалтын коэффициентийг бууруулсан байж болох юм. Иймд халаагууруудад засвар, үйлчилгээ хийхийн зэрэгцээ турбины дулааны схемийг нарийвчлан судалж, дутуу халалтад нөлөөлж байгаа шалтгааныг тогтоох шаардлагатай.

Турбины дунд даралтын хэсгийн харьцангуй дотоод АҮК ба урсгал хэсгийн уурын зарцуулалтын хоорондын хамаарал

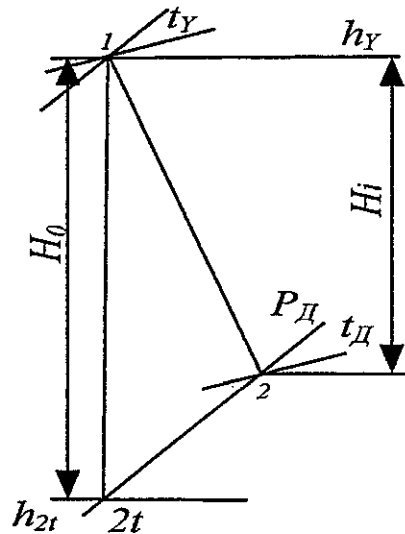
8-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлт үүдийн нэр             | Хэмжих нэгж                                  | Хэмжигдэхүүнийг тодорхойлох арга | Турбины урсгал хэсгээр өнгөрөх уурын зарцуулалт, т/ц |       |       |       |       |
|-----|---------------------------------|--|----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| 1.  | Үйлдвэрийн уурын төлөв байдал   | Даралт( $P_v$ ), кгх/см <sup>2</sup>         | Туршилтаар                       | 10,5   | 10,1  | 10,4  | 10,2  | 10,3  |
| 2.  |                                 | Температур $t_v$ ), °C                       | Туршилтаар                       | 372  | 330   | 336   | 343   | 345,3 |
| 3.  |                                 | Дулаан агуулалт( $h_v$ ), ккал/кг            | Ус, усны уурын хүснэгтээс        | 763,8  | 743,5 | 744,8 | 742,2 | 748,6 |
| 4.  | Дулаацуулгын уурын төлөв байдал | Даралт( $P_d$ ), кгх/см <sup>2</sup>         | Туршилтаар                       | 1,37   | 1,38  | 1,52  | 1,49  | 1,69  |
| 5.  |                                 | Температур $t_d$ ), °C                       | Туршилтаар                       | 185  | 170   | 171   | 177   | 175,9 |
| 6.  |                                 | Бодит дулаан агуулалт( $h_d$ ), ккал/кг      | Ус, усны уурын хүснэгтээс        | 679,1  | 671,9 | 671,8 | 676,4 | 674,8 |
|     |                                 | Адиабат дулаан агуулалт( $h_{2a}$ ), ккал/кг | Ус, усны уурын хүснэгтээс        | 658,7  | 639,6 | 640   | 639,4 | 644,4 |

|     |   |                  |                               |       |       |       |       |       |
|-----|---|------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7.  | ДДХ-ийн уурын дулаан агуулалт                               | Адиабат, ккал/кг | $\Delta H_0 = h_Y - h_{2a}),$ | 105,1 | 103,9 | 104,8 | 102,8 | 104,2 |
| 8.  |   | Ашигтай, ккал/кг | $\Delta H_i = h_Y - h_D),$    | 84,7  | 71,6  | 73    | 65,8  | 73,8  |
| 9.  | ДДХ-ийн харьцангуй дотоод АҮК                               |                  | $\eta_{oi}^{ДДХ}$             | 0,806 | 0,689 | 0,697 | 0,640 | 0,708 |
| 10. | ДДХ-т орох уурын зарцуулалт, т/ц                            |                  | $G^{ДДХ}$                     | 115,7 | 96,4  | 83,9  | 64,7  | 50,7  |
| 11. | ДДХ-ийн уурын дундаж зарцуулалт, т/ц                        |                  | $G_{дун}^{ДДХ}$               | 82,28 |       |       |       |       |
| 12. | Үйлдвэрийн уурын камерын дундаж даралт, кгх/см <sup>2</sup> |                  | $P_Y^{ДДХ}$                   | 10,38 |       |       |       |       |

Туршилт, тооцооноос үзэхэд тохируулга, үйлдвэрийн өглөг, өндөр даралтын халаагуур болон дулаануулгын өглөгүүдийн уурын даралт тооцоот утгын ойролцоо гарч байгаагаас харахад роторын тэнхлэгийн шилжилт үүсгэхүйц хэмжээнд хүрээгүй боловч, бохирдолт үүссэнээс уурын дулаан уналт багасч, үеүдийн ашигт үйлийн коэффициентийг бууруулахад нөлөөлөх нэг хүчин зүйл болж байна. Иймд турбины урсгал хэсгүүдийг цэвэрлэж, элэгдэж хуучирсан зарим эд ангиудыг солих шаардлагатай гэж үзэж байна.

ПТ-25-90/10М турбины дунд даралтын хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процессыг 10-р зурагт харуулав.



10-р зураг. ПТ-25-90/10М турбины дунд даралтын хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс

## 6. Эжекторын системийн ажиллагааны байдал

Эжекторын системийн хэмжилтийн үндсэн үзүүлэлтүүд

9-р хүснэгт

| Үзүүлэлтүүдийн нэр     | Хэм. нэгж           | Турбогенераторын цахилгаан чадал, МВт |      |      |      |      |
|------------------------|---------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|
|                        |                     | 23                                    | 20   | 18   | 16   | 14   |
| Эжекторын уурын даралт | кгх/см <sup>2</sup> | 10.3                                  | 10.2 | 10.3 | 10.3 | 10.5 |
| Уурын даралт 1-р үе    | кгх/см <sup>2</sup> | 6.7                                   | 6.5  | 6.7  | 6.7  | 6.8  |

|                                      |                     |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Уурын даралт 2-р үе                  | кгх/см <sup>2</sup> | 7.1   | 7.0   | 7.1   | 7.1   | 7.4   |
| Уурын температур 1-р үе              | °С                  | 197.0 | 199.2 | 205.2 | 204.7 | 198.3 |
| Уурын температур 2-р үе              | °С                  | 196.5 | 199.7 | 202.8 | 203.0 | 198.3 |
| Уур-агаарын холимогийн температур    | °С                  | 80    | 85.5  | 82.8  | 81.8  | 79.7  |
| Эжекторын уур-агаарын хольцын даралт | мм.у.б              | 1200  |       |       |       |       |

Эжектороор соруулах уур-агаарын хольцыг хэмжээг 5-р томъёогоор олж болно.

$$G_x = 0.0057 [1 - 0.014(t_x - 60)] \cdot d^2 \sqrt{h}, \quad (4)$$

$h$  – даралт, мм.у.б., “U” маягийн манометрийн заалтаар;  $t_x$  – уур-агаарын хольцын температур, °С;  $d = 3.9$  мм – хэмжих диафрагмын нүхний диаметр, мм.

- Эжектороос гарч байгаа агаар-уурын хольцын шугамд температурын хэмжүүр тавих;
- Эжекторын хөргүүрт орж байгаа үндсэн конденсатын температур 70...80°С хүрч байгааг засвар, үйлчилгээ хийхдээ анхаарах;
- Эжекторын 1 ба 2-р үеүдэд үүсэх сийрэгжилт 40...52 % байгаа нь түүний ашиглалтын ажиллагаа хэвийн биш байгааг харуулах тул засах;
- Үндсэн эжекторын эд ангиудын төлөв байдлыг шалгаж, засвар үйлчилгээ хийх(усны шүүр, диффузор болон хурдасгах суваг(сопло)-ийн диаметр, хэлбэр);

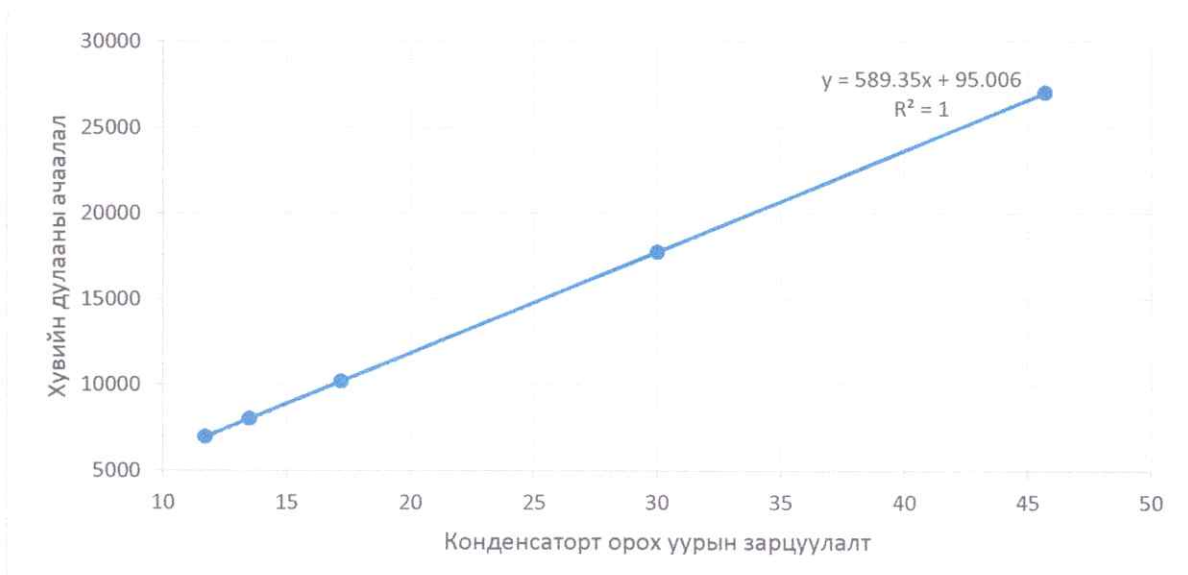
#### 7. Конденсацийн системийн ажиллагааны байдал

Турбины конденсаторын төхөөрөмжид халаагдаад гарч байгаа хөргөлтийн усны температур нь конденсаторын тухайн даралтад харгалзах уурын ханалтын температураас ямагт бага хэмжээ ( $t_x > t_{2x,y}$ )-тэй байдаг. Энэ температурыг температурын напор буюу хөргөлтийн усны дутуу халалт ( $\delta t = t_x - t_{2x,y}$ ) гэж нэрлэдэг. Конденсаторын төхөөрөмжийн ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүдийг хоорондох хамаарлыг 10-р хүснэгт, 11; 12 ба 13-р зургуудад харуулав.

Конденсаторын төхөөрөмжийн ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүд

10-р хүснэгт

| Конденсаторт орох уурын зарцуулалт, т/ц | Конденсаторын үнэмлэхүй даралт, кгх/см <sup>2</sup> | Конденсаторт орох уурын дулаан агуулалт ( $h''$ ), ккал/кг | Үндсэн конденсатын дулаан агуулалт ( $h'$ ), ккал/кг | Дулааны хувийн ачаалал ( $q_k$ ), мян.ккал/м <sup>2</sup> ц |
|---|---|--|--|---|
| 11.7                                    | 0.356   | 628  | 69.5   | 6988.7166   |
| 13.5                                    | 0.398   | 629  | 71   | 8056.6845   |
| 17.2                                    | 0.355   | 628  | 72   | 10228.021   |
| 30                                      | 0.416   | 629  | 75   | 17775.401   |
| 45.7                                    | 0.447   | 630  | 77   | 27028.984   |



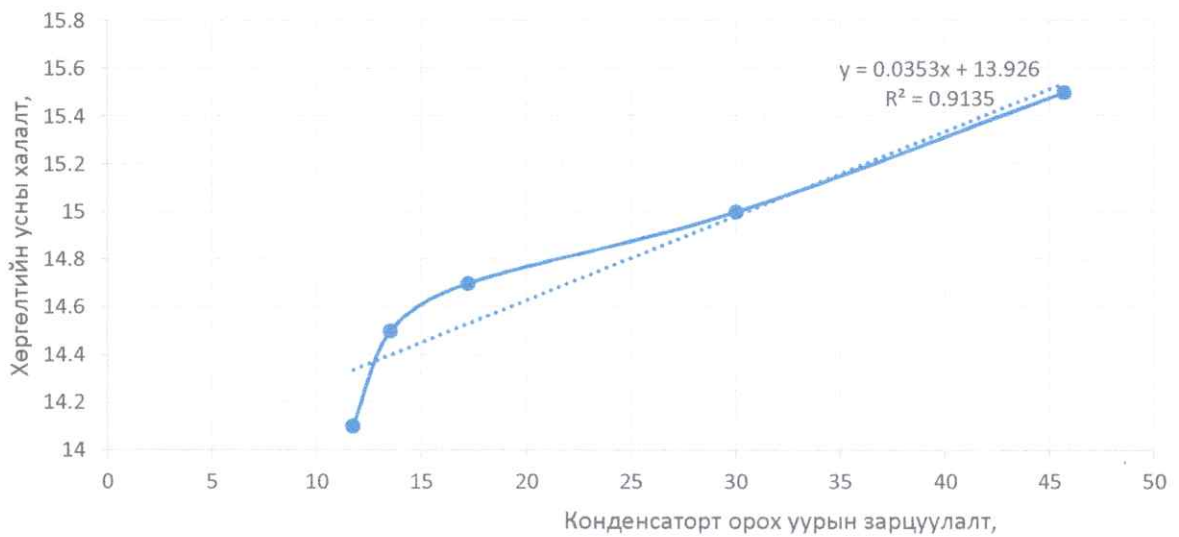
10-р зураг. Конденсаторт орох уурын зарцуулалт ба хувийн дулааны ачааллын харилцан хамаарал

Энэ графикаас үзэхэд конденсаторт орох уурын зарцуулалт нэмэгдэхэд конденсаторын хувийн дулааны ачаалал ихэсч, сийрэгжилт буурахад нөлөөлөх нэг хүчин зүйл болж байна. Хүснэгтээс харахад конденсаторын дулааны ачаалал нь тооцоот ачааллаас 2.0 дахин ихэссэн байна. Иймд конденсаторт нам даралтын халаагуурын конденсат болон бусад эх үүсгүүрээс нэмэлт дулааны ачаалал орж байгаатай холбоотой байж болохыг нягтлах шаардлагатай.

## 8. Хөргөлтийн усны системийн ажиллагааны байдал

Хөргөлтийн системийн ашиглалтын үр ашгийг тодорхойлох үндсэн үзүүлэлтүүд  
11-р хүснэгт

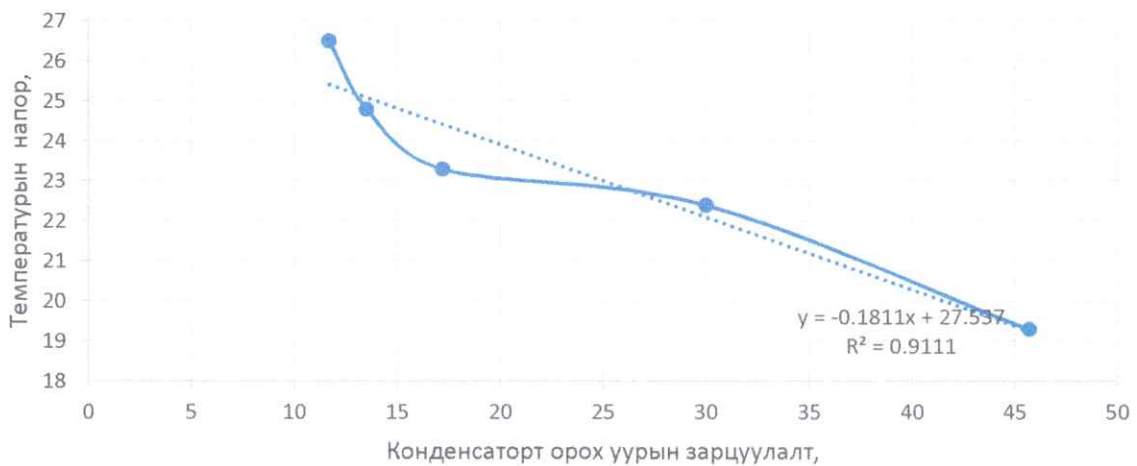
| Конденсаторт орох уурын зарцуулалт, т/ц | Конденсаторын үнэмлэхүй даралт, кгх/см <sup>2</sup> | Конденсатор дахь уурын ханалтын температур ( $t_x$ ), °C | Орох хөргөлтийн усны температур ( $t_{1x,y}$ ), °C | Гарах хөргөлтийн усны температур ( $t_{2x,y}$ ), °C | Хөргөлтийн усны халалт, ( $\Delta t = t_{2x,y} - t_{1x,y}$ ), °C | Температурын напор, ( $\delta t = t_x - t_{2x,y}$ ), °C |
|---|---|--|--|---|--|---|
| 11.7                                    | 0.356   | 78.1   | 37.5   | 51.6  | 14.1   | 26.5  |
| 13.5                                    | 0.395   | 76.3   | 37   | 51.5  | 14.5   | 24.8  |
| 17.2                                    | 0.365   | 75   | 37   | 51.7  | 14.7   | 23.3  |
| 30                                      | 0.416   | 75.4   | 38   | 53  | 15   | 22.4  |
| 45.7                                    | 0.447   | 72.3   | 37.5   | 53  | 15.5   | 19.3  |



11-р зураг. Конденсаторт орох уурын зарцуулалт ба хөргөлтийн усны халалтын хамаарал

Судалгаа, тооцооноос үзэхэд хөргөлтийн усны дутуу халалт нь тооцоот утгаас 6.2 °C-ээр их байгаа нь конденсаторын хөргөлтийн усны хоолойнууд бохирдож, дулаан дамжуулалтын коэффициент буурснаас дулаан солилцооны процесс муу явагдаж байгааг харуулсан үзүүлэлт юм. Ийм учраас хөргөлтийн гадаргууг цэвэрлэх буюу шаардлагатай гэж үзвэл солих хэрэгтэй.

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр     | Хэмжих нэгж | Конденсаторт орох уурын зарцуулалт, т/ц |      |      |      |      |
|-----|---------------------|-------------|---|------|------|------|------|
|     |                     |             | 11.7                                    | 13.5 | 17.2 | 30   | 45.7 |
| 1.  | Температурын напор, | °C          | 26.5                                    | 24.8 | 23.3 | 22.4 | 19.3 |



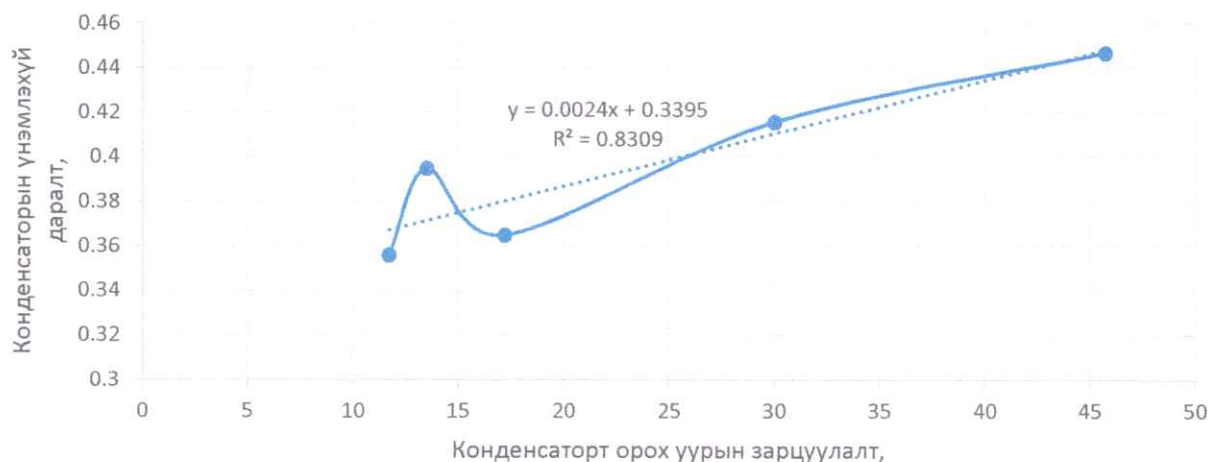
12-р зураг. Конденсаторт орох уурын зарцуулалт ба температурын напорын хамаарал

Конденсаторын хувийн дулааны ачааллыг 5-р томъёогоор олно.

$$q_k = \frac{D_k(h'' - h')}{F_k} \cdot 10^3, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ц}, \quad (5)$$

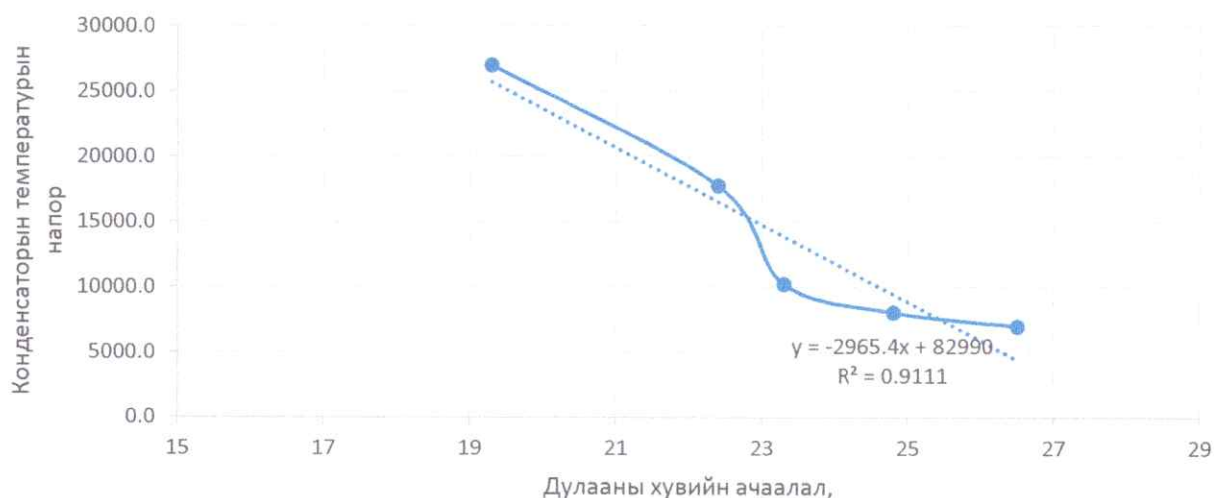
Үүнд:  $D_k$ - конденсаторт орж байгаа уурын зарцуулалт, т/ц;  $h''$ - уурын дулаан агуулалт, ккал/кг;  
 $h'$ - конденсатын дулаан агуулалт, ккал/кг;  $F_k$ - конденсаторын хөргөлтийн гадаргуу, м<sup>2</sup>.

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр                    | Хэмжих нэгж | Конденсаторын үнэмлэхүй даралт, кгх/см <sup>2</sup> |       |       |       |       |
|-----|------------------------------------|-------------|---|-------|-------|-------|-------|
|     |                                    |             | 0.33  | 0.395 | 0.365 | 0.416 | 0.447 |
| 1.  | Конденсаторт орох уурын зарцуулалт | т/ц         | 11.7  | 13.5  | 17.2  | 30    | 45.7  |



13-р зураг. Конденсаторын үнэмлэхүй даралт ба түүнд орох уурын зарцуулалтын хамаарал

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр                  | Хэмжих нэгж | Дулааны хувийн ачаалал, мян.ккал/м <sup>2</sup> .ц |        |         |         |         |
|-----|----------------------------------|-------------|--|--------|---------|---------|---------|
|     |                                  |             | 6988.7   | 8056.7 | 10228.0 | 17775.4 | 27029.0 |
| 1.  | Конденсаторын температурын напор | °C          | 26.5   | 24.8   | 23.3    | 22.4    | 19.3    |



13-р зураг. Конденсаторын температурын напор ба дулааны хувийн ачааллын хамаарал



Турбины сүүлийн хэсгийн сийрэгжилт нь конденсаторын хөргөлтийн гадаргуу, түүнд орох хөргөлтийн усны температураас үлэмж хамаардаг. Уурын турбины төхөөрөмжийн ашиглалтын практикаас үзэхэд хөргөлтийн гадаргуу бохирдох, элэгдэж цоорсон, ашиглалтын явцад зарим хоолойг бөгөлж хөргөлтийн гадаргууг багасгасан зэргээс шалтгаалан сийрэгжилт муудаж, хэвийн ажиллагаа алдагдсанаас эдийн засгийн үр ашиг нь буурдаг. Судалгаанаас үзэхэд конденсаторын бөглөсөн хоолойн тоо нь нийт хоолойн 10...15 хувиас ихгүй байх ёстой гэж үздэг. Конденсаторын төхөөрөмжид засвар хийхдээ дараах зүйлүүдийг анхаарах хэрэгтэй. Үүнд:

- Хөргөлтийн усны орох температур зөвшөөрөгдөх дээд хязгаараас 2...5°C-ээр их, гарч байгаа усны температур 49...55°C хүрч байгаа нь турбины сүүлийн хэсгийн халууныг нэмэгдүүлэх нэг шалтгаан болж байна.
- Конденсаторын температурын напор ( $\delta t$ ) зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс 2-3 дахин өндөр байгаа тул түүнд нөлөөлөж буй хүчин зүйлүүдийг тооцож, холбогдох засвар, үйлчилгээ хийх;
- Конденсаторын хөргөлтийн гадаргууг цэвэрлэж, цоорч бөглөсөн хоолойнуудын тоог гаргаж, хөргөлтийн гадаргууд нөлөөлж байгаа эсэхийг шалгах;
- Хөдөөдөө өнгийн аюулгүй байгаа тул хөргөлтийн гадаргууг цэвэрлэх;
- Конденсаторын хөргөлтийн гадаргуугийн бохирдол болон бөглөсөн хоолойн тоог шалгаж дүгнэлт хийх;
- Конденсаторын төхөөрөмжийн хөргөлтийн гадаргуугийн шалгах тооцоо хийж, турбины төхөөрөмжийн ашиглалтын ажиллагааны горимд хэр зэрэг нийцэж байгаа эсэхийг тодорхойлох;
- Конденсаторын хөргөлтийн усны хоолойг цэвэрлэх дэвшилттэй шинэ технологийг нэвтрүүлэх боломжийг судалж хэрэгжүүлэх;
- Вакуумын системийн бин битүү байдлыг хангах;
- Хөргөлтийн А ба Б шугамуудын усны температур 3...5°C -ээр зөрүүтэй байна. Энэ нь хэмжүүрийн алдаа байж болох тул шалгаж үнэн зөв эсэхийг тогтоох;

#### 9. Хөргөх цамхагийн ашиглалтын төлөв байдал

- Хөргөх цамхагт усыг хэвийн хэмжээнээс 5°C-ээр дутуу хөргөж байна. Хөргөх цамхагийн ажиллагааны байдалд дүгнэлт хийж, бүтээмжийг нэмэгдүүлэхэд чиглэгдсэн арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэх;
- Хөргөх санд ууршилт явагдснаас усны алдагдал гарахын зэрэгцээ эргэлтийн усны хатуулаг нь байнга нэмэгдэж байдаг. Эргэлтийн усны давслаг ихэсэхэд конденсаторын хоолойн гадаргууд өнгөр тогтож, дулаан солилцох процессыг муутгаж, сийрэгжилтийг бууруулдаг. Энэ үзэгдлээс урьдчилан сэргийлэхийн тулд хөргөлтийн системийн ашиглалт болон засвар, үйлчилгээнд байнга анхаарч байх;

Ашиглалтын практикаас үзэхэд үлээлгээр хаягдах эргэлтийн усны алдагдлын хэмжээ 3.0%-иас ихгүй байдаг. Хөргөлтийн системийн усны алдагдал нь ууршилт, дусал болон үлээлгийн байдлаар гардаг. Эдгээр алдагдлыг нөхөх нэмэлт ус нь эргэлтийн усны зарцуулалтын (5...6)% -ийг эзэлдэг.

#### 10. Турбины тохируулга ба тосолгооны системийн ашиглалтын үндсэн үзүүлэлтүүд

**Турбогенераторын хоосон явалтын горим дахь тохируулгын системийн үзүүлэлтүүд:**

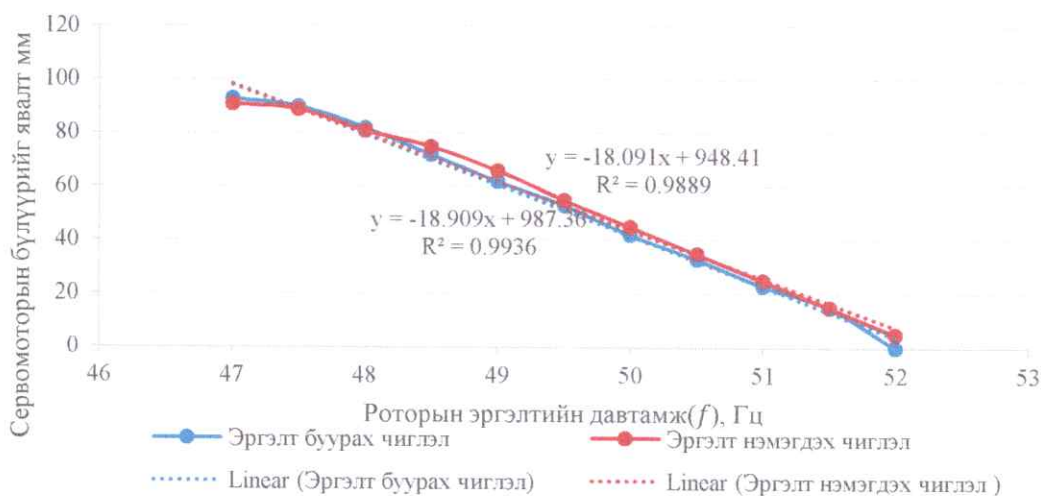
Туршилт хийхээс өмнө ачаалалтай үед үзлэг хийхэд цахилгаан чадал  $N_{\Pi}=7,2\text{МВт}$ , турбогенераторын роторын эргэлтийн давтамж  $f=50$  Гц, тохируулгын системийн даралт  $P_{\text{Тох}}=0,9$  МПа, инжекторын тосны даралт  $P_{\text{инж}}=0,29$  МПа, ӨДХ-ийн сервомоторын бүлүүрийн явалт  $H_{\text{ө.д.х}}=59$  мм,  $h_{\text{сип}}=8$  мм. байв. Турбогенераторыг сүлжээнээс тасалж, хоосон эргэлт дээр барьж тохируулгын системийн ажиллагааг шалгах туршилт хийв. Хоосон эргэлтийн үед системийн тогтворжилт муу, тохируулгын системийн үзүүлэлтүүд:  $P_{\text{Тох}}=0,9$  МПа, инжекторын тосны даралт  $P_{\text{инж}}=0,4$  МПа, ӨДХ-ийн сервомоторын бүлүүрийн явалт  $H_{\text{ө.д.х}}=0$  мм,  $h_{\text{сип}}=16$  мм байхад тохируулгын систем ажиллагаанд бүрэн орох эргэлтийн тоо  $2964 \text{ мин}^{-1}$  байлаа. Хэвийн ажиллагаатай үед  $2850 \text{ мин}^{-1}$  байх ёстой. Энэ горим дээр тохируулгын системийн ажиллагааны үндсэн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлоход шаардлагатай холбогдох хэмжилтүүдийг хийж, дүгнэлт гаргав.

Тохируулгын системийн хурдны тохируулуурын ажиллагааны чанарыг илтгэх үзүүлэлт нь мэдрэмжгүйн зэрэг( $\epsilon$ ) юм. Энэ нь турбогенераторын роторын давтамж ямар нэгэн шалтгаанаар ихэсэх буюу буурах тохиолдолуудад хэвийн давтамжийн  $\pm 0.5$  хувь буюу  $\pm 15 \text{ мин}^{-1}$ -ээс ихгүй байх ёстой. Туршилтаар гарсан тохируулгын системийн ӨДХ-ийн сервомоторын бүлүүрийн шилжилт( $H_{\text{өдх}}$ ) ба роторын давтамж( $f_{\text{Гц}}$ )-ийн хамаарлыг 12-р хүснэгт болон 14-р зурагт харуулав.

Тохируулгын системийн ӨДХ-ийн сервомоторын бүлүүрийн шилжилт ба роторын давтамжийн хоорондын хамаарал

12-р хүснэгт

| д/д | Роторын эргэлтийн давтамж (f), Гц | ӨДХ-ийн сервомоторын бүлүүрийн явалт( $H_{\text{өдх}}$ ), мм |                                 |
|-----|-----------------------------------|--|---------------------------------|
|     |                                   | Эргэлтийн давтамж буурах чиглэл                              | Эргэлтийн давтамж ихэсэх чиглэл |
| 1.  | 52.0                              | 0.0  | 5                               |
| 2.  | 51.5                              | 15   | 15                              |
| 3.  | 51.0                              | 23   | 25                              |
| 4.  | 50.5                              | 33   | 35                              |
| 5.  | 50.0                              | 42   | 45                              |
| 6.  | 49.5                              | 53   | 55                              |
| 7.  | 49.0                              | 62   | 66                              |
| 8.  | 48.5                              | 72   | 75                              |
| 9.  | 48.0                              | 82   | 81                              |
| 10. | 47.5                              | 90   | 89                              |
| 11. | 47.0                              | 93   | 91                              |



#### 14-р зураг. ӨДХ-ийн Сервомоторын бүлүүрийн явалт ба роторын эргэлтийн давтамжийн хоорондын хамаарал

Тохируулгын системийн статик тодорхойломжийг туршилтаар тогтоохдоо хоосон эргэлтэнд үлгэр жишээ давтамжийн хэмжүүрийг ашиглаж гүйцэтгэв. Синхронизацлах хязгаар шалгаж эргэлт нэмж  $f = 52$  Гц болгоход  $h_{\text{синх}} = 9$  мм, эргэлтийн хэмжүүр дээр  $3100$ - $3149$  мин<sup>-1</sup> хооронд хэлбэлзэж байв.

Тохируулгын системийн жигд бишийн зэрэгийг 4-р тэгшитгэлээр олно.

$$\delta = \frac{\Delta n}{n_x} \cdot 100\% = \frac{(n_{\text{макс}} - n_x)}{n_x} \cdot 100\% \quad (6)$$

$$\delta = \frac{(n_{\text{макс}} - n_x)}{n_x} \cdot 100\% = \frac{(3250 - 3000)}{3000} \cdot 100\% = 8,3\%$$

Хэрэглэгчдэд түгээх цахилгаан ба дулааны эрчим хүчний чанарын үзүүлэлтүүдийг илтгэх үндсэн хэмжигдэхүүн( $\delta$ )-ний нэг нь тохируулгын системийн жигд бишийн зэрэг юм. Турбогенераторын роторын хамгийн их эргэлтийн тооноос хэвийн эргэлтийн тоог хасаж, хэвийн эргэлтийн тоонд харьцуулж 100-д хуваасан илэрхийллийг тохируулгын системийн жигд бишийн зэрэг буюу статик хазайлт гэдэг.

Ашиглалтын процессын үед ямар нэгэн шалтгаанаар турбогенераторын роторын эргэлтийн тооны өөрчлөлт нь ТАД-д зааснаар хэвийн эргэлтийн утгаасаа  $\delta = \pm 4$ -5 хувь буюу  $\Delta n \pm 150$  мин<sup>-1</sup>-ээс ихгүй байх ёстой.

#### Тохируулагдах хязгаар(Диапазона синхронизации)

Тохируулгын системийн тохируулагдах хязгаар  $286$  мин<sup>-1</sup> -ээр дээш шилжсэн тул бүрэн шалгах нь ихээхэн эрсдэлтэй байсан. Учир нь турбины аюулгүй ажиллагааны автомат ажиллах хязгаарт маш ойрхон байв.



Холхивчууд ба тосолгооны тосны температурын горим

13-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр               | Хэмж. нэгж | Холхивчуудын дугаар |      |     |      |     |      |
|-----|-------------------------------|------------|---------------------|------|-----|------|-----|------|
|     |                               |            | 1                   | 2    | 3   | 4    | 5   | 6    |
| 1.  | Холхивчийн бабитын халуун     | °C         | 57                  | 51   | 49  | 55   | 35  | 42   |
| 2.  | Холхивчоос гарах тосны халуун | °C         | 56                  | 51   | 49  | 53.8 | 48  | 41.3 |
| 3.  | Холхивчид орох тосны халуун   | °C         | 42.3                | 41.0 | 40  | 43   | 39  | 31.3 |
| 4.  | Холхивчид тосны халах хэмжээ  | °C         | 13.7                | 10.0 | 9.0 | 10.8 | 9.0 | 10.0 |

Тос хөргүүрээс гарч байгаа тосны халуун 40...42°C хүрэхэд хөргөлтийн усыг залгаж, холхивчуудад орох тосны температурыг 35...40°C тогтмол барих шаардлагатай байдаг. Судалгаа, түршилтын дүнгээс үзвэл тус турбогенераторын холхивчуудад орж байгаа тосны температур 31.3...43 °C, гарч байгаа нь 41.3...56.0 °C байгаа нь техник ашиглалтын шаардлагад нийцэж байна. Гэхдээ холхивч бүрт харилцан адалгүй байгаа бөгөөд тухайлбал, 1 ба 4-р холхивчуудад бусдаас өндөр үзүүлэлттэй байгааг анхаарч шаардлагатай засвар, үйлчилгээ хийх хэрэгтэй. Тулах ба барих холхивчуудын тосны температурыг 42...52°C хязгаарт барьж ажиллуулах ёстой. Тос хөргүүрт тосыг дундажаар 31...42°C хүртэл хөргөж байгаагаас үзэхэд хөргүүрийн ажиллагаа хэвийн явагдаж байна.

Холхивчуудын бабитын халуун 41.7...56.3°C байгаа бөгөөд турбины эхний хоёр холхивчийн халуун бусад холхивчуудынхаасаа их байна. Холхивчуудын бабитын элэгдлийг шалгаж засвар, үйлчилгээ хийх хэрэгтэй.

**Холхивчуудын доргионы байдал**

Холхивчуудын доргиог шалгаж, хэмжилтийн дүнг 13-р хүснэгтэд үзүүлэв.

Холхивчуудын доргионы хэмжээ

13-р хүснэгт

| д/д | Доргионы чиглэл  | Хэм. нэгж | Холхивчуудын дугаар |    |    |    |    |    | Тайлбар  |
|-----|------------------|-----------|---------------------|----|----|----|----|----|--|
|     |                  |           | 1                   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |  |
| 1.  | Босоо            | мкм       | 25                  | 23 | 34 | 75 | 6  | 4  | $N_{ц} = 20 \text{ МВт}$ , $P_{\text{тосол}} = 1.31 \text{ кгх/см}^2$ ,<br>$T_n = 22с$ $C_{ст}$ , $t_1 = 32$<br>$^{\circ}\text{C}$ , $t_2 = 42.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| 2.  | Хөндлөн          | -         | 20                  | -  | 29 | 37 | 12 | 10 |  |
| 3.  | Тэнхлэгийн дагуу | -         | 14                  | -  | 17 | 73 | 17 | 36 |  |

Турбины доргио гэдэг нь гаднын хүчний үйлчлэлийн нөлөөгөөр үүссэн албадмал хэлбэлзэл юм. Нэг секундэд үүсэх хэлбэлзэлийн тоог хэлбэлзэлийн давтамж гэж нэрлэдэг.

Доргио гарах үед тухайн биеийн нэг захын байрлалаас нөгөө захын байрлалд шилжилтийн хэмжээг хэлбэлзэлийн далайц гэнэ. Биеийн өөрийн хэлбэлзэлийн давтамж албадмал хэлбэлзэлийн давтамжаар давхацахад хэлбэлзэлийн далайн эрс ихэсдэг. Энэ үзэгдлийг критик хэлбэлзэл буюу эвдрэлд хүргэх хэлбэлзэл гэж үздэг. Энэ үзэгдэл турбины хувьд хамгийн аюултай байдаг. Учир нь энэ хэлбэлзэл эхлээд металд ан цав үүсгэж, цаашид хүнд эврэл, гэмтэлд хүргэх шалтгаан болдог.

Ашиглалтын түвшинд үнэлгээ өгөхдөө 14-р хүснэгтэд үзүүлсэн хэмжээтэй харьцуулах аргыг хэрэглэдэг.

Доргио гарсан хэмжээнээс хамааруулан турбины роторын ажиллагааг үнэлэх  
үзүүлэлтүүд, мм(мк)

14-р хүснэгт

| д/д | Турбины роторын хэвийн эргэлт, мин <sup>-1</sup> | Үнэлгээ  |          |            |
|-----|--|----------|----------|------------|
|     |  | Онц      | Сайн     | Хангалттай |
| 1.  | 1000   | 0.04(40) | 0.06(60) | 0.08(80)   |
| 2   | 1500   | 0.03(30) | 0.05(50) | 0.07()     |
| 3.  | 3000   | 0.02(20) | 0.03(30) | 0.05(50)   |
| 4.  | 5 000...8 500                                    | 0.01(10) | 0.02(20) | 0.03(30)   |

Хэмжилтээс үзэхэд холхивчуудын ажиллагааны байдал болон доргионы хэмжээ ТАД-ийн шаардлага хангаж байна. Холхивчуудад орж байгаа тосны халууныг хэт багасгах буюу ихэсгэх нь доргио гарахад нөлөөлөх тул анхаарч, түүнийг 35...40°C байхаар байнга тохируулж ажиллах хэрэгтэй.

Туршилтыг 5 горимоор гүйцэтгэж, судалгаа, хэмжилт-туршилтын үр дүнг боловсруулах замаар тооцоо хийж, гэрээт ажлын дүгнэлт, зөвлөмж боловсруулав.

ТГ-8" турбин, түүний эд ангиудын их засварт орох үеийн ашиглалтын төлөв байдлын зургуудыг хавсралтад харуулав.

### Дүгнэлт

Туршилт, хэмжилтийн материалуудаас үзэхэд турбин болон түүний зангилгаа хэсгүүдийн ажиллагаа нь турбины төхөөрөмжийн ашиглалтад тавигдах шаардлагыг бүрэн хангаж чадахгүй байгаа тул их засвараар дараах засвар, үйлчилгээг хийх нь зүйтэй гэж үзэж байна. Үүнд:

1. Турбины урсгал хэсгүүд, ялангуяа 8...13 үеүд зэвэрч элэгдсэн учраас тохируулгын болон даралтын үеүдийн хурдасгах(сопло), чиглүүлэх(направляющие) хүрэмүүдийг бүрэн солих шаардлагатай;
2. Дулаацуулга(Т)-ын өглөгийн хаалт гар ажиллагаатай байгааг цахилгаан удирдлагатай болгох нь зүйтэй;
3. Критик эргэлтийн үед өндөр болж байгаа дунд блокийн доргиог устгах;
4. Конденсацийн системд хий соролт ихтэй байгааг шалгаж арилгах;
5. Үндсэн эжекторын соролт муу байгаа тул үзэж, шалтгааныг тогтоож засах;
6. Цахилгаан ачааллыг өөрчлөхөд 6...8 МВт -ын хооронд савалж байгааг анхаарах;
7. Конденсаторын хувирсан усны түвшний хэмжүүрийн заалт тогтворжилт муу;
8. Роторын гол шилжсэн байж болзошгүй(хэмжүүрийн заалт 82 мкм);
9. Турбогенератор 10 МВт-аас дээш гарахаар савалгаа гарч байгааг анхаарах;
10. Зөвхөн ӨДХ залгаатай, үйлдвэрийн ба дулаацуулгын өглөг(отбор)-үүд тасархай конденсацийн горимд вакуум унаж байгаа тул хэмжилт авч чадсангүй;
11. Зогсоох хаалтыг алгуур хаах замаар роторын гүйлтийн муруйг байгуулахад роторын эргэлт огцом буурч, жигд биш ажиллагаатай байгаа тул засвар, үйлчилгээ хийх;
12. Тохируулагдах хязгаар шилжсэнээр ТАД-ийн 4.4.2-д заасан хэвийн параметртэй уурыг хамгийн дээд хэмжээгээр авч байсан турбины ачаслал гэнэт бүрэн хаяхад генераторыг сүлжээнээс салгахыг оролдуулан турбины эргэлтийг аюулгүйн

- автомат ажиллах хэмжээнд хүртэл нэмэгдүүлэхгүй барьж чадах* гэсэн заалтыг хангахгүй байгааг хэвийн хэмжээнд оруулж тохируулах;
13. Тохируулах бүлэг хавхлагуудын суултыг шалгаж, засах;
  14. Хоосон эргэлтэнд тогтворжилт муу, савлалт ихтэй, синхронизаци хийхэд хүндрэл үүсгэж байгааг засварлах;
  15. Уур хуваарилах байгууламжийн блок дээрх үрлэн болон хөшүүрэгт холбоосуудыг шалгаж, сул явалтыг арилгах;
  16. Конденсаторын гуулин хоолойнуудын бохирдолыг цэвэрлэх, шаардлагатай гэж үзвэл шинээр солих;
  17. Дулаацуулгын өглөгийн эргэх диафрагмын шилбэ(шток)-ийг солих;
  18. Холхивчуудын ажиллагааны байдлыг шалгаж засварлах;
  19. Нягтруулгын системд үзлэг хийж, засварлах;
  20. Тохируулгын системийн жигд бусын зэрэг  $-1,2\% \dots +8,3\%$  байгаа нь  $\pm 4-5\%$  байх ёстой гэсэн ТАД-ын 4.4.3-д заагдсан шаардлага хангахгүйг засах;
  21. Тохируулгын системийн мэдрэмжгүйн зэрэг  $0,25\%$  байгаа нь ТАД-ын шаардлага хангаж байна.

#### Зөвлөмж

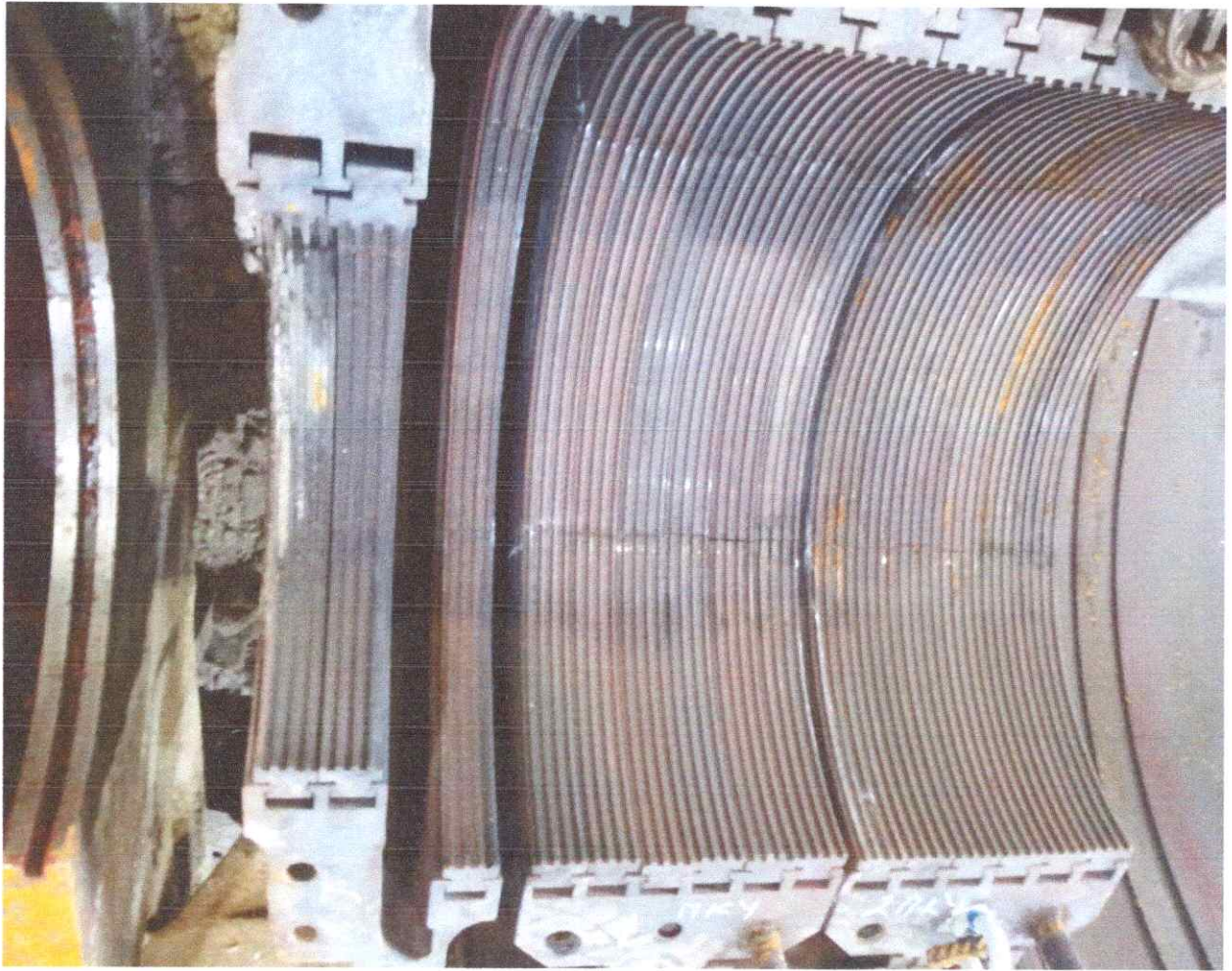
1. Хэмжих хэрэгсэлүүд дутагдалтай байгаа учраас тоноглолуудын дулааны болон чадлын баланс гаргахад маш хүндрэлтэй байсан тул шаардлагатай хэсгүүдэд нарийвчлал сайтай хэмжүүр тавихад онцгой анхаарах хэрэгтэй. Энэ нь түлш, эрчим хүчийг хэмнэх, тоног төхөөрөмжийн ашиглалтын байдлыг үнэлэх, дүгнэлт гаргахад хамгийн чухал зүйл гэж үзэж байна.
2. Тохируулгын системийн тосны ерөнхий даралт тооцоот даралтаас бага буюу  $9\text{кг}/\text{см}^2$  байгааг хэвийн хэмжээнд оруулах. ӨДХ-ийн диафрагмын хөндлөн огтлолын талбай тооцоотоос зөрж байгаа эсэхийг шалгах;
3. ӨДХ-ийн даралтын трансформаторын пүршний татуурга, хат өөрчлөгдсөн эсэхийг магадлах;
4. ӨДХ-ийн даралтын трансформаторын 1-р цонхны хэмжээ, гэдрэг холбоосын цонх өргөссөн эсэх, тосны алдагдал ихэссэн эсэхийг шалгах;
5. ӨДХ, ДДХ ба НДХ-ийн даралтын трансформатор, даралтын регулятор, отсечный золотникийн букс, золотникт гацалт байгаа эсэхийг нягталж засварлах;
6. Татуурга, үрлэн(шарниран) холбоосуудын сул явалт(люфт)-ыг арилгах, холболтыг тооцоот хэмжээнд хийж гүйцэтгэх, бүлэг хавхлагын шилбэ(шток), шайбны зайг тохируулж чөлөөтэй хөдлөх нөхцөлийг бүрдүүлэх;
7. Турбины автомат тохируулгын системийн ажиллагааг сайжруулж дээр дурьдсан гэмтэл, дутагдалыг засварлаж ТАД-ын шаардлагыг бүрэн хангуулах хэрэгтэй.
8. Орчны даралтыг хэмжих барометрийг шуурхай үйлчилгээний ажлын байранд тогтмол байрлуулж, конденсаторын үнэмлэхүй даралтыг тодорхойлоход ашиглаж хэвшүүлэх нь зүйтэй гэж үзэж байна.

## ХАВСРАЛТУУД

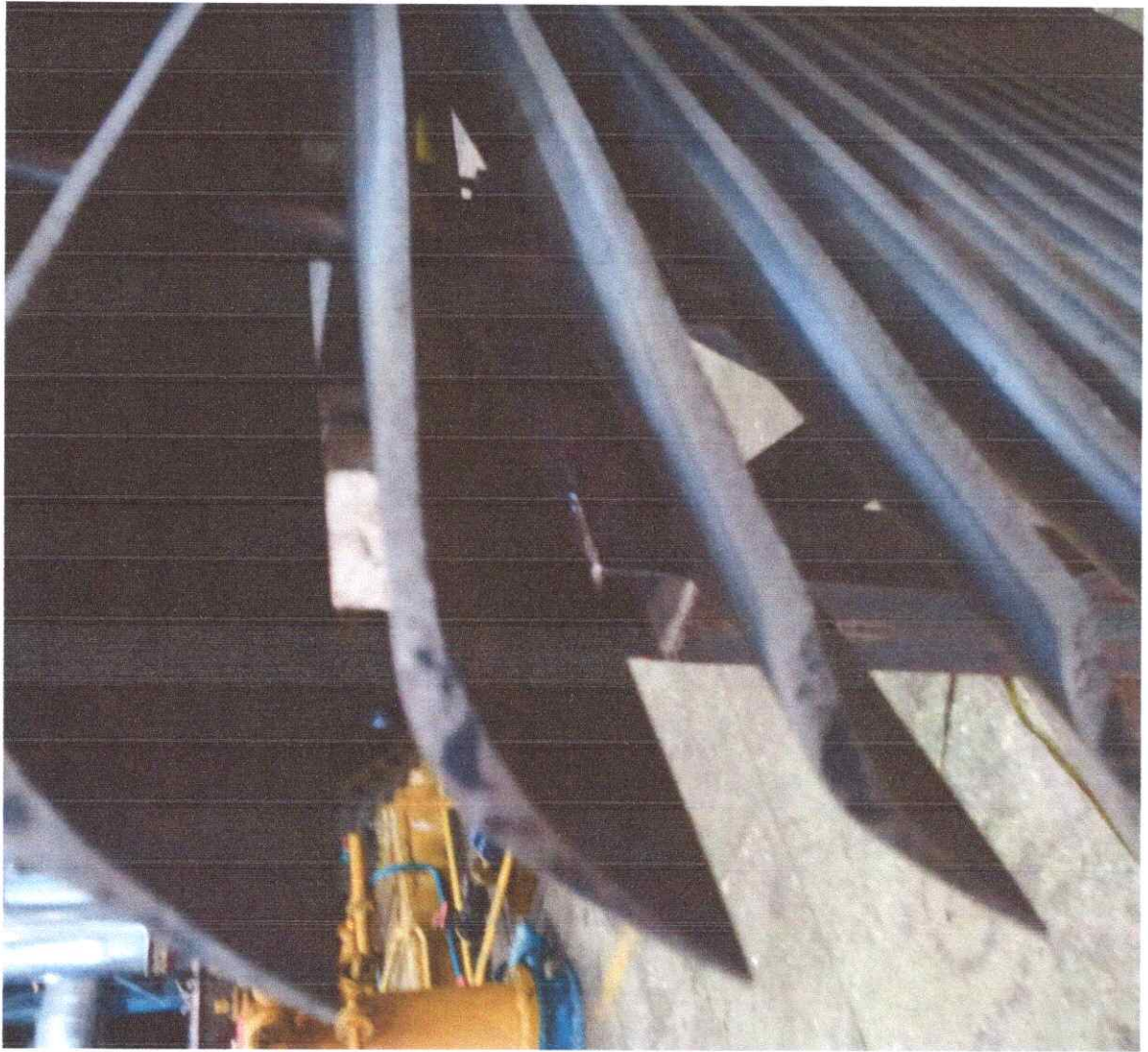


1-р зураг. “ТГ-8” турбины диск, чиглүүлэх хүрэмүүдийн зэвэнд идэгдсэн байдал

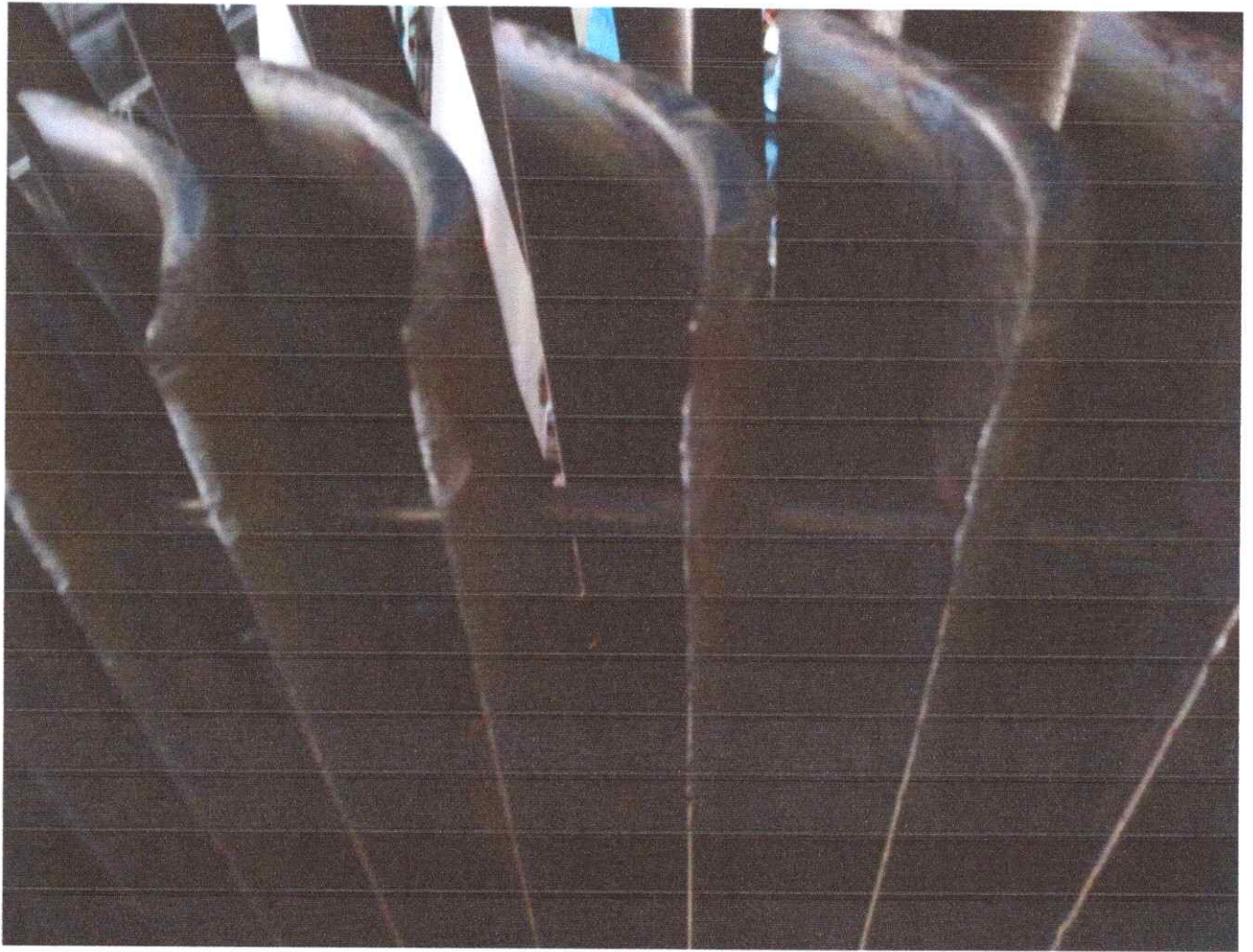




2-р зураг. “ТГ-8” турбины урд нягтруулгын зэвэрч, элэгдсэн байдал

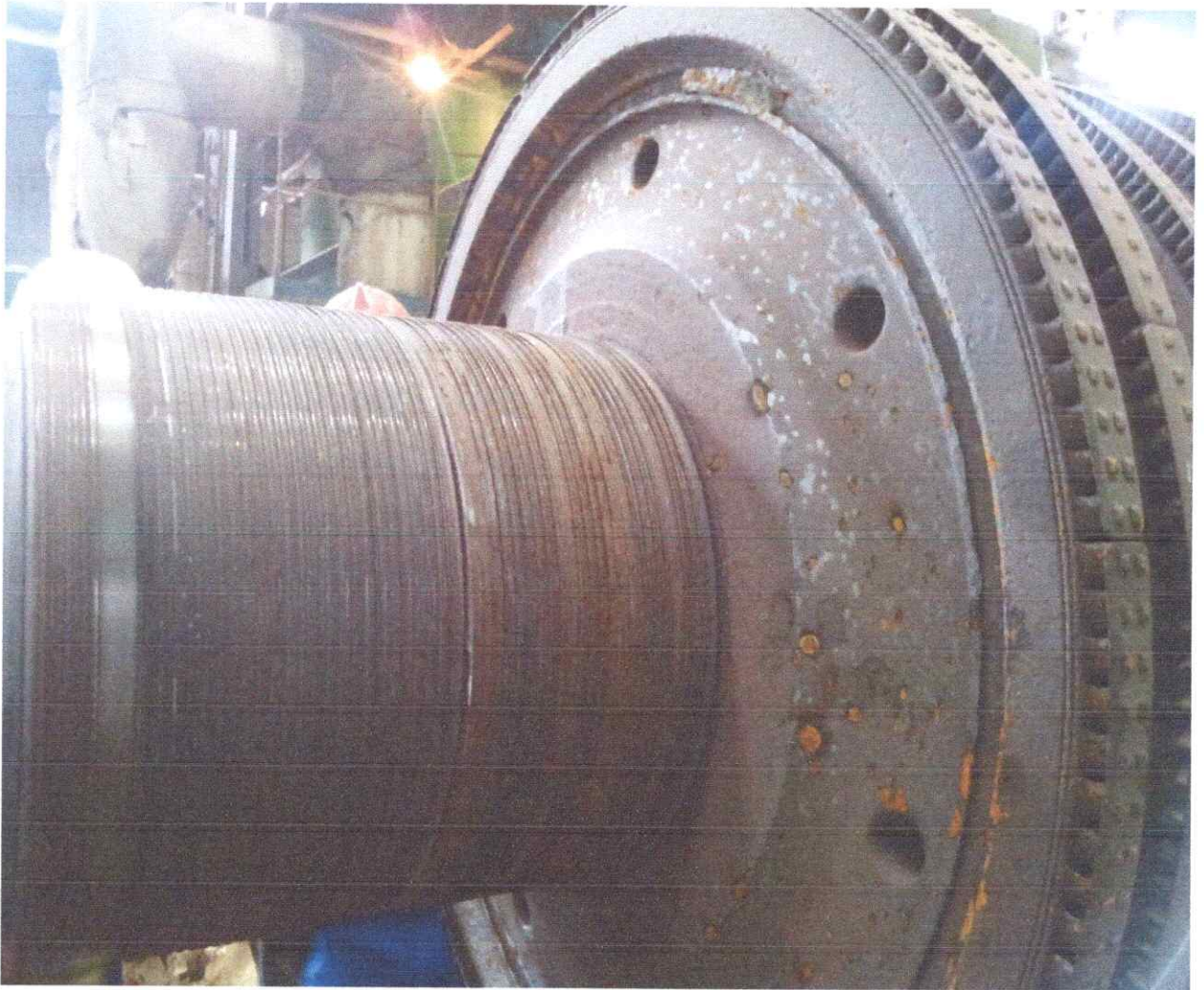


a).

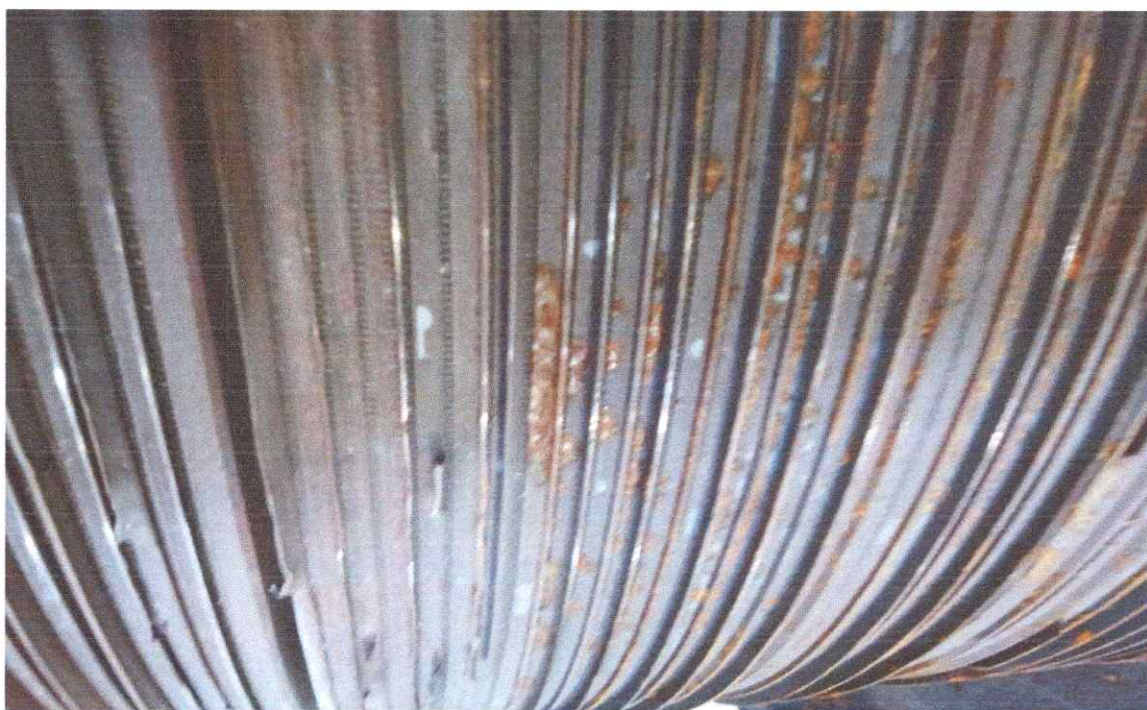


б).

3-р зураг а, б. “ТГ-8” турбины сүүлийн үеийн ажлын хүрэмүүдийн зэвэрч, усан тусалд цохигдож элэгдсэн байдал



4-р зураг. “ТГ-8” турбины урд нягтруулга, тохируулгын үеийн ажлын хүрэмүүд болон туузан бэхэлгээний зэвэрч, элэгдсэн байдал

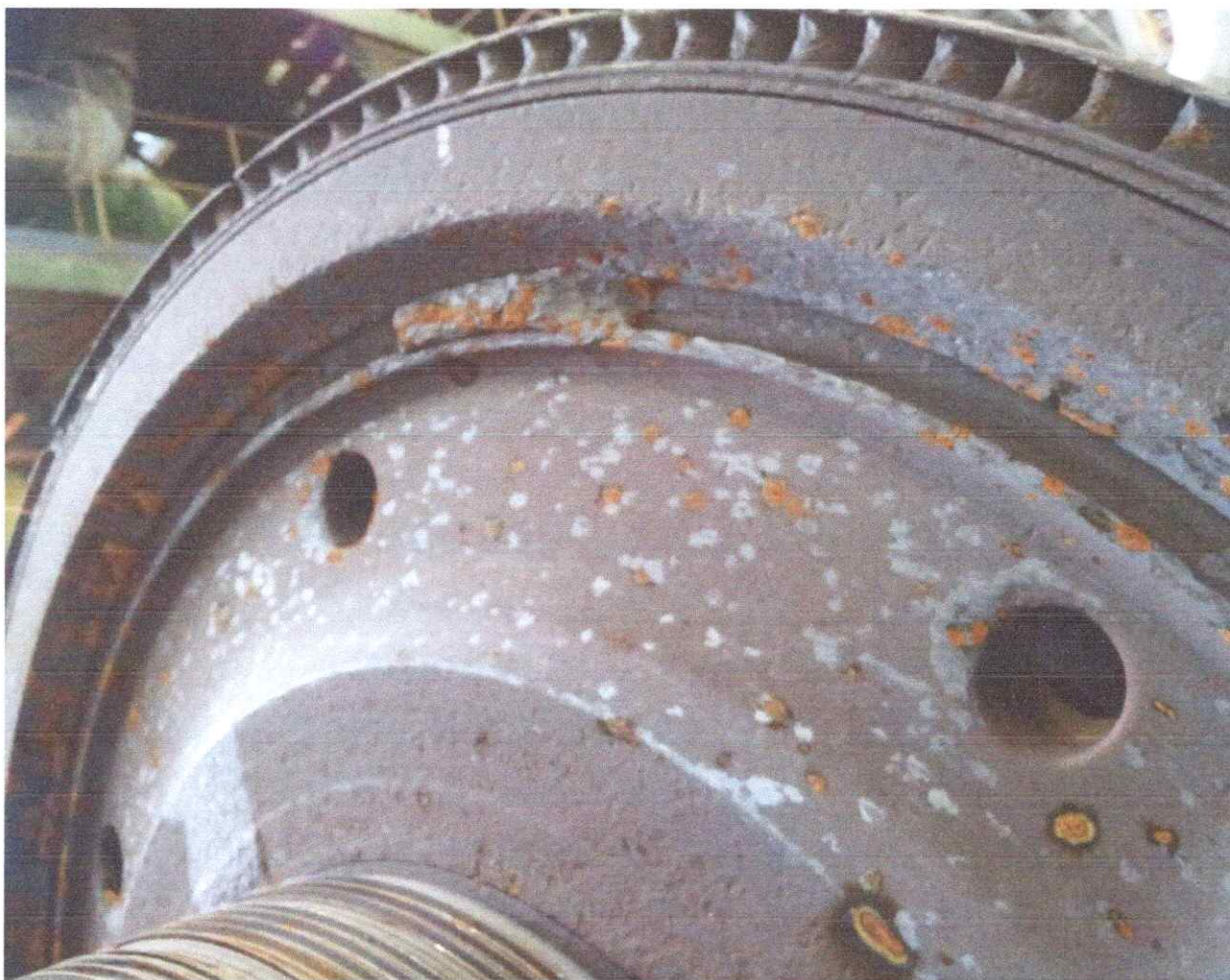


а).



б).

5-р зураг а,б..“ТГ-8” турбины нягтруулгуудын зэвэрч, элэгдэж хуучирсан байдал



6-р зураг. “ТГ-8” турбины хурдны үеийн ажлын хүрэмүүдийн ирмэгүүд элэгдэж, солих шаардлагатай болсон байдал



7-р зураг. “ТГ-8” турбины бүлэг хавхлагуудын зэвэрч, бохирдсон байдал



8-р зураг. “ТГ-8” турбины зогсоох хаалтны зэвэрч, хуучирсан байдал



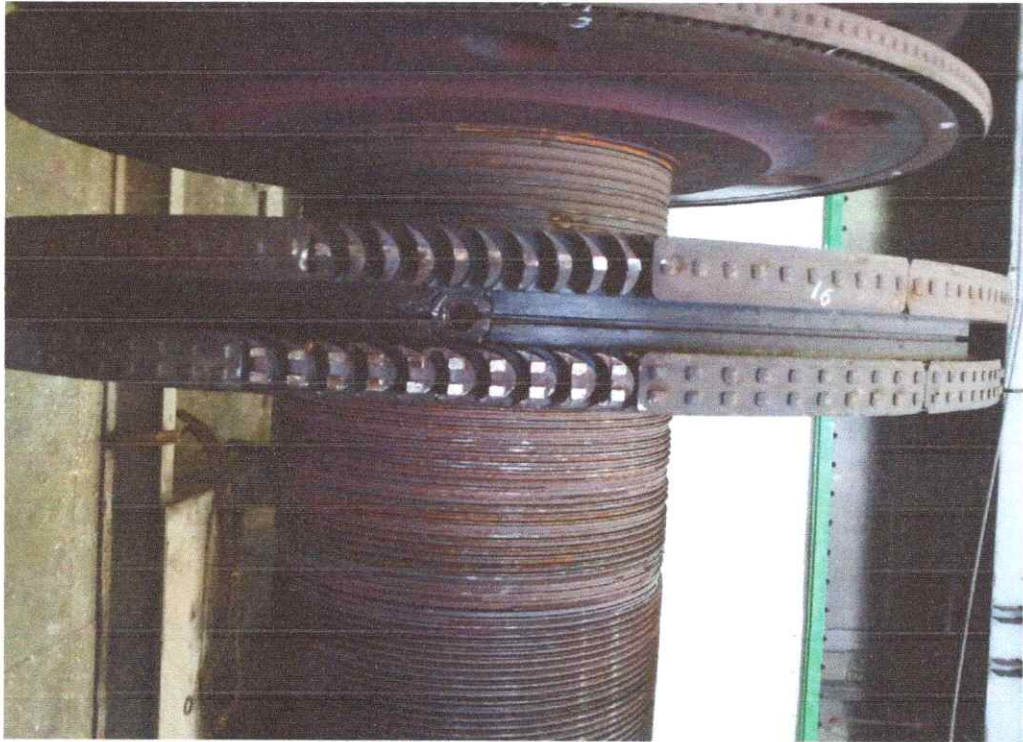
а).



б).

9-р зураг а,б). “ТГ-8” турбины диафрагм, нягтруулга болон чиглүүлэх сувгуудын элэгдэж, хуучирсан байдал



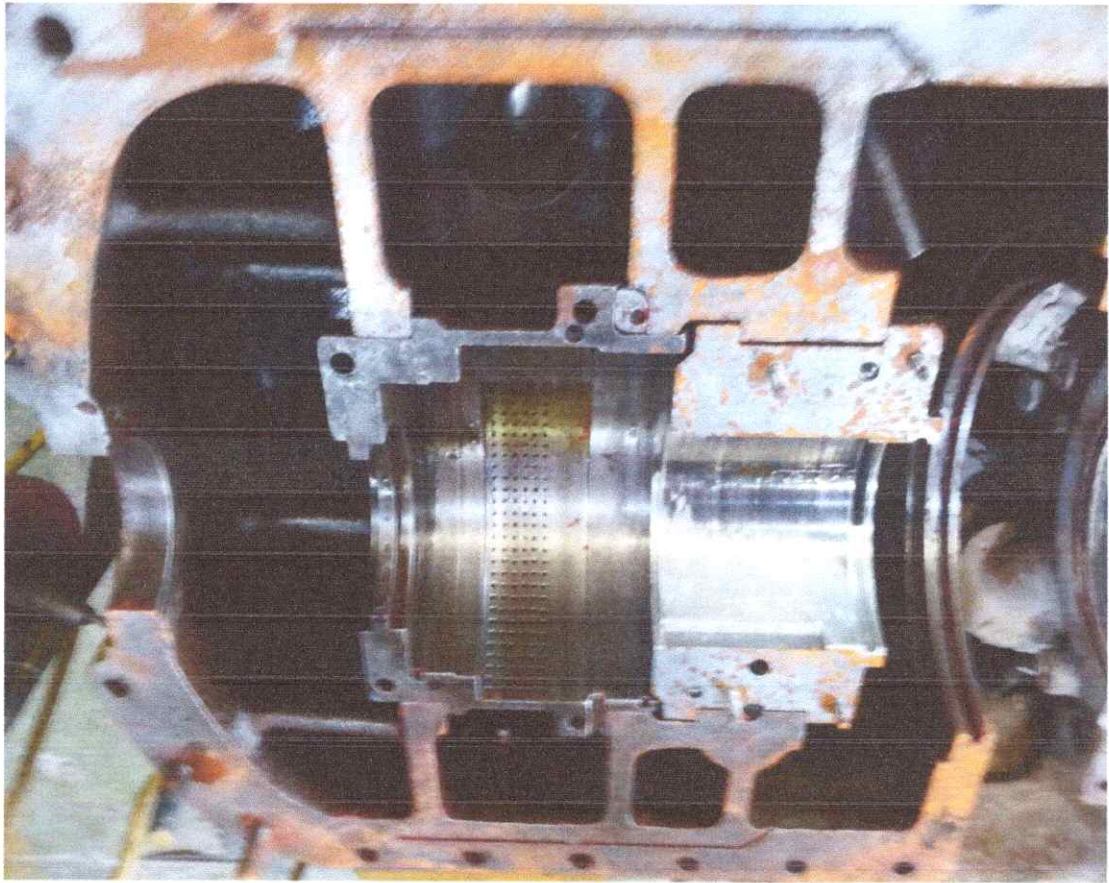


а).



б).

10-р зураг а, б. “ТГ-8” турбины хоёр титэмт тохируулгын үеийн элэгдэж, гэмтсэн ажлын хүрэмүүдийн туузан бэхэлгээг салгаж байгаа нь



11-р зураг. “ТГ-8” турбины холхивч, баббитын элэгдэж хуучирсан байдал



12-р зураг. “ТГ-8” турбины конденсаторын хөргөлтийн гадаргуугийн  
бохирдсон байдал

## ХОЁРДУГААР ХЭСЭГ

### ПТ-25-90/10М турбины төхөөрөмжид их засварын дараа хийсэн дулаан техникийн туршилт

ТГ-8 турбогенераторын их засварын дараах дулаан техникийн туршилтыг хоёр талын тохиролцсон гэрээ болон хөтөлбөрийн дагуу 2019 оны 04-р сарын 02-ны 10 цагаас 17 цаг 30 минутад дараах горимуудад хийж гүйцэтгэсэн болно. Үүнд:

- а). Дулаанжуулалтын горим буюу сэргээн халаах төхөөрөмжүүд болон үйлдвэр, дулаацуулгын тохируулгатай өглөг(отбор)-үүд залгаатай;
- б). Үйлдвэрийн тохируулгатай өглөг салгаатай, сэргээн халаах төхөөрөмжүүд залгаатай;
- в). Өндөр даралтын халаагуурыг салгасан байхад;
- г). Дулаацуулгын өглөгийн уур тасархай байх тохиолдолд  
Туршилтын үр дүнг харьцуулах зорилгоор тус турбиныг үйлдвэрлэсэн заводын

#### 1. ПТ-25-90/10М турбинд хийсэн дулаан техникийн туршилтын 5 хувилбар

ПТ-25-90/10М турбины дулаанжуулалтын горимын үзүүлэлтүүдийг 1-р хүснэгтэд харуулав.

ПТ-25-90/10М турбины урсгал хэсгийн туршилтын үндсэн үзүүлэлтүүд  
1-р хүснэгт

| д/д | Хэмжигдэхүүний нэр                 | Хэм. нэгж           | Турбогенераторын цахилгаан чадал, МВт |        |        |        |       |
|-----|------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|-------|
|     |                                    |                     | 24.5                                  | 22.0   | 20.0   | 18.0   | 15    |
| 1.  | Хурц уурын зарцуулалт              | т/ц                 | 165.0                                 | 149.0  | 133.0  | 122.0  | 98.0  |
| 2.  | Хурц уурын даралт                  | кгх/см <sup>2</sup> | 86.6                                  | 88.8   | 89.4   | 88.9   | 90.6  |
| 3.  | Хурц уурын температур              | °С                  | 531                                   | 534    | 536    | 535    | 536   |
| 4.  | Тохируулгын үеийн даралт           | кгх/см <sup>2</sup> | 51.2                                  | 47.0   | 42.2   | 38.6   | 32.0  |
| 5.  | Үйлдвэрийн уурын даралт            | кгх/см <sup>2</sup> | 9.6                                   | 9.3    | 8.9    | 8.6    | 8.2   |
| 6.  | Үйлдвэрийн уурын температур        | °С                  | 306                                   | 305    | 305    | 306    | 308   |
| 7.  | Дулаацуулгын уурын даралт          | кгх/см <sup>2</sup> | 1.37                                  | 1.38   | 1.52   | 1.49   | 1.45  |
| 8.  | Дулаацуулгын уурын температур      | °С                  | 185                                   | 170    | 171    | 177    | 188   |
| 9.  | Орчны агаарын даралт               | кгх/см <sup>2</sup> | 0.893                                 | 0.894  | 0.895  | 0.894  | 0.893 |
| 10. | Конденсаторын сийрэгжилт           | кгх/см <sup>2</sup> | 0.785                                 | 0.816  | 0.816  | 0.826  | 0.826 |
| 11. | Конденсаторын үнэмлэхүй даралт     | кгх/см <sup>2</sup> | 0.108                                 | 0.168  | 0.079  | 0.068  | 0.067 |
| 12. | Конденсаторын сийрэгжилт           | %                   | 87.9                                  | 91.275 | 91.173 | 92.393 | 92.49 |
| 13. | Уурын ханалтын температур          | °С                  | 45.5                                  | 72.4   | 73.8   | 77.1   | 78.3  |
| 14. | Үндсэн конденсатын температур      | °С                  | 45.5                                  | 42.0   | 40.0   | 39.0   | 37.5  |
| 15. | Тэжээлийн усны температур          | °С                  | 220                                   | 216    | 212    | 209    | 201   |
| 16. | Конденсаторт орох уурын зарцуулалт | т/ц                 | 40                                    | 39     | 35     | 29     | 28    |

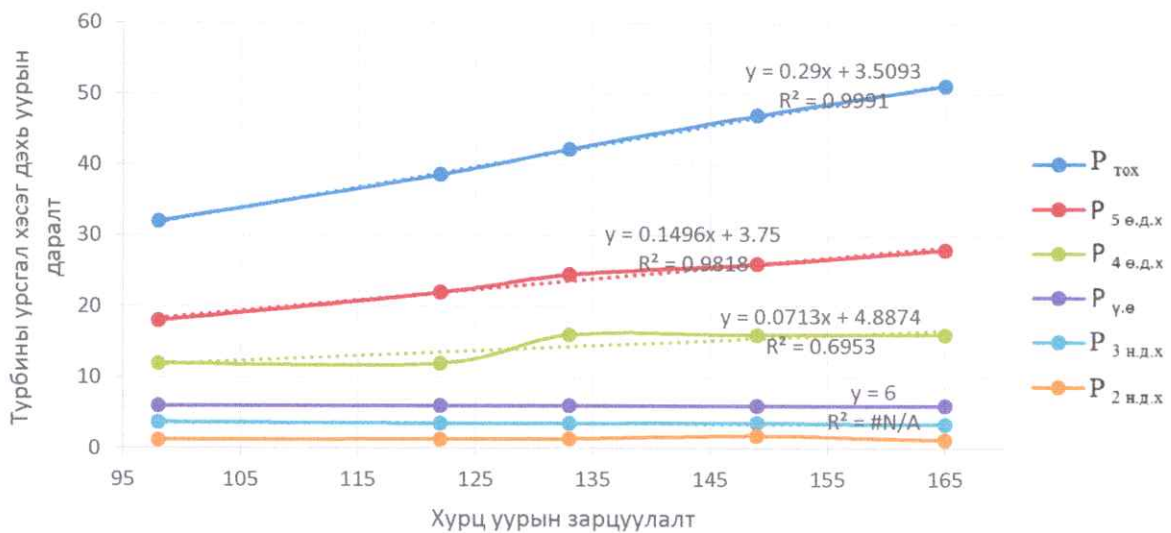
Турбины дагуу хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс болон уурын даралтын уналтыг тодорхойлох замаар турбины ашиглалтын төлөв байдлыг тодорхойлж, үнэлгээ өгөх боломжтой байдаг.

Үйлдвэрийн болон дулаацуулгын тохируулагатай өглөг(отбор)-үүд, өндөр даралтын халаагуур залгаатай байхад турбины урсгал хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс болон хурц уурын зарцуулалтын хоорондох хамаарлыг 2-р хүснэгт болон 1-р зурагт үзүүлэв.

Турбины урсгал хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс болон хурц уурын зарцуулалтын хоорондох хамаарал

2-р хүснэгт

| д/д | Хурц уурын зарцуулалт ( $D_0$ ), т/ц | Турбины урсгал хэсэг дэхь уурын даралт, кгх/см <sup>2</sup> |                      |                      |                       |                      |                      |                      |                |
|-----|--------------------------------------|---|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|     |                                      | $P_{\text{тох}}$  | $P_{5\text{ ө.д.х}}$ | $P_{4\text{ ө.д.х}}$ | $P_{\gamma\text{ ө}}$ | $P_{3\text{ н.д.х}}$ | $P_{2\text{ н.д.х}}$ | $P_{1\text{ н.д.х}}$ | $P_{\text{к}}$ |
| 1.  | 165                                  | 51.2  | 28                   | 16                   | 6                     | 3.4                  | 1.2                  | -                    | 0.108          |
| 2.  | 149                                  | 47  | 26                   | 16                   | 6                     | 3.6                  | 1.8                  | -                    | 0.078          |
| 3.  | 133                                  | 42.2  | 24.5                 | 16                   | 6                     | 3.5                  | 1.35                 | -                    | 0.079          |
| 4.  | 122                                  | 38.6  | 22                   | 12                   | 6                     | 3.5                  | 1.3                  | -                    | 0.068          |
| 5.  | 98                                   | 32  | 18                   | 12                   | 6                     | 3.7                  | 1.2                  | -                    | 0.067          |



1-р зураг. Турбины урсгал хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс болон хурц уурын зарцуулалтын хоорондох хамаарал

ПТ-25-90/10М турбины сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн температурын напорын судалгаа, тооцооны үр дүн

3-р хүснэгт

| д/д                             | Үзүүлэлтүүдийн нэр              | Хэмж. нэгж | Сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн нэр |         |           |         |         |         |
|---------------------------------|---------------------------------|------------|------------------------------------|---------|-----------|---------|---------|---------|
|                                 |                                 |            | ӨДХ – 5                            | ӨДХ – 4 | Деаэратор | НДХ – 3 | НДХ – 2 | НДХ – 1 |
| А. Үйлдвэрийн тооцоот горимоор: |                                 |            |                                    |         |           |         |         |         |
| 1                               | Тэжээлийн усны гарах температур | °C         | 215                                | 186     | 158       | 138     | 113     | 93      |

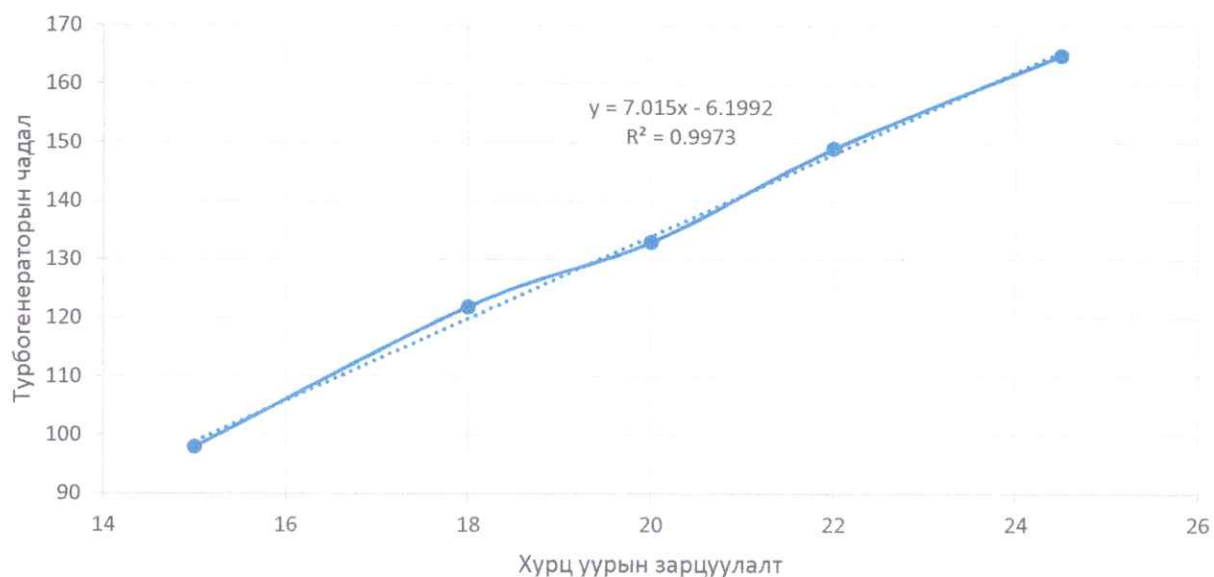
|  |   |                         |        |        |     |        |        |      |
|--|---|-------------------------|--------|--------|-----|--------|--------|------|
| 2                                      | Тэжээлийн усны орох температур          | °C                      | 186    | 158    | 138 | 113    | 93     | 47   |
| 3                                      | Тэжээлийн усны халалт                   | °C                      | 29     | 28     | 20  | 25     | 20     | 46   |
| 4                                      | Халаагдаж байгаа усны зарцуулалт        | т/ц                     | 170,3  | 170,3  | 165 | 165    | 89     | 74,6 |
| 5                                      | Халааж байгаа уурын зарцуулалт          | т/ц                     | 9,4    | 3,58   | 1,8 | 11,3   | 3,1    | 6,3  |
| 6                                      | Халааж байгаа уурын температур          | °C                      | 410    | 330    | 278 | 184    | 124    | 106  |
| 7                                      | Халааж байгаа уурын ханалтын температур | °C                      | 234,6  | 204,8  | 158 | 154,8  | 125    | 104  |
| 8                                      | Температурын напор                      | °C                      | 19,6   | 18,8   | 0   | 16,8   | 12     | 11   |
| I. Туршилтын 1- хувилбар Nц = 24,5 МВт |   |                         |        |        |     |        |        |      |
| 9                                      | Усны зарцуулалт                         | т/ц                     | 168,2  | 168,2  | -   | 26     | 26     | 26   |
| 10                                     | Усны гарах температур                   | °C                      | 219    | 193    | 158 | 132    | 95     | 67   |
| 11                                     | Усны орох температур                    | °C                      | 193    | 158    | 132 | 95     | 67     | 46   |
| 12                                     | Усны халалт                             | °C                      | 26     | 35     | 26  | 37     | 28     | 21   |
| 13                                     | Уурын зарцуулалт                        | т/ц                     | 5,6    | 8      | 1,2 | 2      | 1,1    | 0,3  |
|  | Уурын даралт                            | кгх/<br>см <sup>2</sup> | 28     | 16     | 6   | 3,4    | 1,2    | -    |
| 14                                     | Уурын температур                        | °C                      | 390    | 320    | 278 | 276    | 111    | -    |
| 15                                     | Уурын ханалтын температур               | °C                      | 228,98 | 200,43 | 158 | 137,18 | 104,25 | -    |
| 16                                     | Температурын напор                      | °C                      | 9,98   | 7,43   | 0   | 5,18   | 9,25   | -    |
| II. Туршилтын 2- хувилбар Nц = 22 МВт  |   |                         |        |        |     |        |        |      |
| 17                                     | Усны зарцуулалт                         | т/ц                     | 149    | 149    | 2   | 49,1   | 49,1   | 49,1 |
| 16                                     | Усны гарах температур                   | °C                      | 216    | 193    | 158 | 135    | 94     | 58   |
| 17                                     | Усны орох температур                    | °C                      | 192    | 158    | 140 | 94     | 58     | 42   |
| 18                                     | Усны халалт                             | °C                      | 24     | 35     | 18  | 41     | 36     | 16   |
| 19                                     | Уурын зарцуулалт                        | т/ц                     | 4,8    | 8,4    | 2,1 | 2,5    | 1,2    | 0    |
|  | Уурын даралт                            | кгх/<br>см <sup>2</sup> | 26     | 16     | 6   | 3,6    | 1,8    | -    |
| 20                                     | Уурын температур                        | °C                      | 390    | 330    | 278 | 229,7  | 108    | -    |
| 21                                     | Уурын ханалтын температур               | °C                      | 224,99 | 200,43 | 158 | 139,18 | 116,33 | -    |
| 23                                     | Температурын напор                      | °C                      | 8,99   | 7,43   | 0   | 4,18   | 22,33  | -    |
| III. Туршилтын 3- хувилбар Nц = 20 МВт |   |                         |        |        |     |        |        |      |
| 16                                     | Усны зарцуулалт                         | т/ц                     | 133    | 133    | -   | 18,1   | 18,1   | 11,6 |
|  | Усны гарах температур                   | °C                      | 213,5  | 191    | 158 | 134    | 94     | 59   |
| 17                                     | Усны орох температур                    | °C                      | 191    | 158    | 134 | 94     | 59     | 40   |
| 18                                     | Усны халалт                             | °C                      | 22,5   | 33     | 24  | 40     | 35     | 19   |
| 19                                     | Усны зарцуулалт                         | т/ц                     | -      | -      | -   | -      | -      | -    |
| 20                                     | Уурын зарцуулалт                        | т/ц                     | 4,2    | 8,1    | 7,9 | 2,1    | 2      | 0,5  |
|  | Уурын даралт                            | кгх/<br>см <sup>2</sup> | 24,5   | 16     | 6   | 3,5    | 1,35   | -    |

|  |                                |                         |        |        |       |        |        |      |
|--|--------------------------------|-------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|------|
| 21   | Халааж байгаа уурын температур | °C                      | 384    | 310    | 197   | 160    | 118    | -    |
| 23   | Уурын ханалтын температур      | °C                      | 221,83 | 201,91 | 158   | 138,19 | 107    | -    |
| 24   | Температурын напор             | °C                      | 8,33   | 10,91  | 0     | 4,19   | 13     | -    |
| VI. Туршилтын 4- хувилбар $N_{ц} = 18 \text{ МВт}$ |                                |                         |        |        |       |        |        |      |
| 25   | Усны зарцуулалт                | т/ц                     | 125,5  | 125,5  | -     | 27     | 27     | 27   |
| 26   | Усны гарах температур          | °C                      | 208,3  | 183    | 158,1 | 134    | 92     | 57   |
| 27   | Усны орох температур           | °C                      | 186,3  | 158,1  | 134   | 92     | 57     | 39   |
| 28   | Усны халалт                    | °C                      | 22     | 24,9   | 24,1  | 42     | 35     | 18   |
| 29   | Уурын зарцуулалт               | т/ц                     | 4,1    | 9      | 7     | 2      | 1,1    | 0,6  |
| 30   | Уурын даралт                   | кгх/<br>см <sup>2</sup> | 22     | 12     | 6     | 3,5    | 1,3    | -    |
| 31   | Уурын температур               | °C                      | 382    | 368    | 278   | 161    | 118    | -    |
| 32   | Уурын ханалтын температур      | °C                      | 216,23 | 187,08 | 158,1 | 138    | 106,56 | -    |
| 33   | Температурын напор             | °C                      | 7,93   | 4,08   | 0     | 4      | 14,56  | 1    |
| V. Туршилтын 5- хувилбар $N_{ц} = 15 \text{ МВт}$  |                                |                         |        |        |       |        |        |      |
| 16   | Усны зарцуулалт                | т/ц                     | 100,1  | 100,1  | -     | 10,9   | 10,9   | 10,9 |
|  | Усны гарах температур          | °C                      | 201    | 183    | 158   | 133    | 90     | 55   |
| 17   | Усны орох температур           | °C                      | 183    | 158    | 133   | 90     | 55     | 38   |
| 18   | Усны халалт                    | °C                      | 18     | 25     | 25    | 43     | 35     | 17   |
| 19   | Уурын зарцуулалт               | т/ц                     | 4      | 7,7    | 6,5   | 1,9    | 1      | 0,7  |
| 20   | Уурын температур               | °C                      | 400    | 370    | 278   | 238    | 100    | 98   |
|  | Уурын даралт                   | кгх/<br>см <sup>2</sup> | 18     | 12     | 6     | 3,7    | 1,2    | -    |
| 21   | Уурын ханалтын температур      | °C                      | 206,14 | 188,92 | 158   | 140,15 | 104,25 | -    |
| 23   | Температурын напор             | °C                      | 5,14   | 5,92   | 0     | 7,15   | 14,25  | -    |

**2. ПТ-25-90/10М турбины төхөөрөмжийн урсгал хэсэг болон сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн ажиллагааны төлөв байдал**

Турбогенераторын цахалгаан чадал ба хурц уурын зарцуулалтын хамаарал  
4-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр       | Хэмжих нэгж | Турбогенераторын чадал, МВт |       |       |       |       |
|-----|-----------------------|-------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
|     |                       |             | 15                          | 18    | 20    | 22    | 24.5  |
| 1.  | Хурц уурын зарцуулалт | т/ц         | 98.0                        | 122.0 | 133.0 | 149.0 | 165.0 |

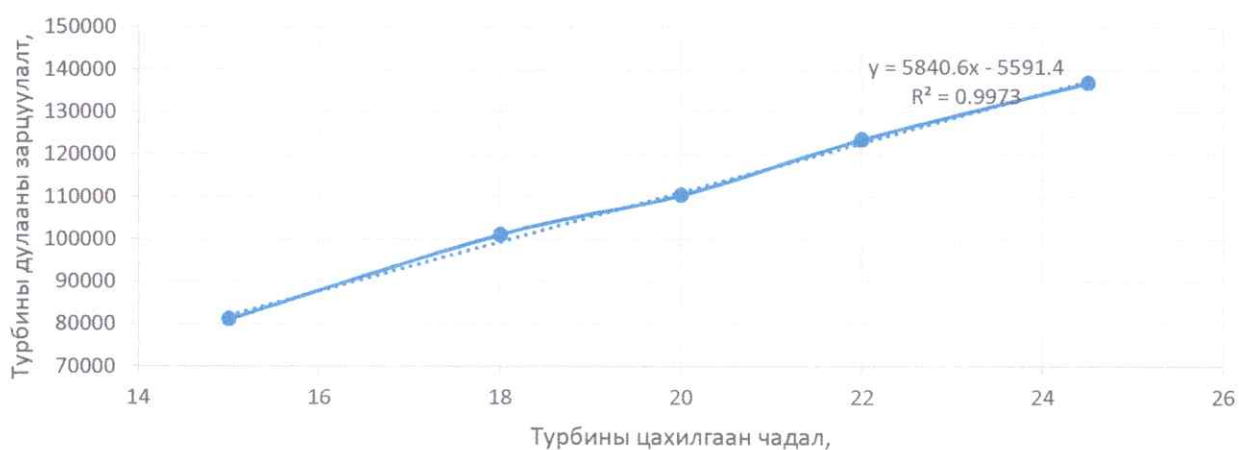


2-р зураг. Турбинд цахилгаан чадал ба хурц уурын зарцуулалтын хамаарал

Турбины дулааны зарцуулалт ба цахилгаан чадлын хамаарал

5-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр         | Хэмжих нэгж | Турбины дулааны зарцуулалт, мян.ккал/ц |          |          |          |          |
|-----|-------------------------|-------------|--|----------|----------|----------|----------|
|     |                         |             | 81124.82                               | 101137.7 | 110399.5 | 123609.5 | 136906.7 |
| 1.  | Турбины цахилгаан чадал | МВт         | 15                                     | 18       | 20       | 22       | 24.5     |



3-р зураг. Турбины цахилгаан чадлын ба дулааны зарцуулалтын хамаарал

Турбины дулааны хувийн зарцуулалт ба цахилгаан чадлын хамаарал

6-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр | Хэмжих нэгж | Дулааны хувийн зарцуулалт, ккал/кВт.ц |        |        |        |        |
|-----|-----------------|-------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|     |                 |             | 5408.3                                | 5618.8 | 5520.0 | 5618.6 | 5588.0 |
| 1.  | Турбины чадал   | МВт         | 15                                    | 18     | 20     | 22     | 24.5   |



Турбины цахилгаан чадал ба уурын хувийн зарцуулалтын хамаарал

7-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр         | Хэмжих нэгж | Цахилгаан чадал, МВт |      |      |      |      |
|-----|-------------------------|-------------|----------------------|------|------|------|------|
|     |                         |             | 15                   | 18   | 20   | 22   | 24.5 |
| 1.  | Уурын хувийн зарцуулалт | кг/кВт.ц    | 6.53                 | 6.78 | 6.65 | 6.77 | 6.73 |

Судалгаа, туршилтын дүнгээс үзэхэд уурын хувийн зарцуулалт нь тооцоот зарцуулалтаас 0.17 кг-аар их гарч байна.

**ӨДХ-ын ашиглалтын түвшинг тодорхойлох үндсэн үзүүлэлтүүд:**

ӨДХ-ын температурын напорыг 1-р томъёогоор олно.

$$\delta t = t_{x,t} - t_2, \quad (1)$$

Өндөр даралтын халаагуурын хувийн дулааны ачааллыг 2-р томъёогоор олно. Өндөр даралтын халаагуурын ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүдийг 4-р хүснэгтэд харуулав.

$$q = \frac{G_{\text{ту}} \cdot C_{\text{ту}} \cdot (t_{2,\text{өдх}} - t_{1,\text{өдх}})}{F_{\text{өдх}}} \cdot 10^3, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ц}, \quad (2)$$

Туршилт, тооцоонд тулгуурлан сэргээн халаах төхөөрөмжүүдийн температурын напорыг олъё.

**“ӨДХ-5”-ын ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүд**

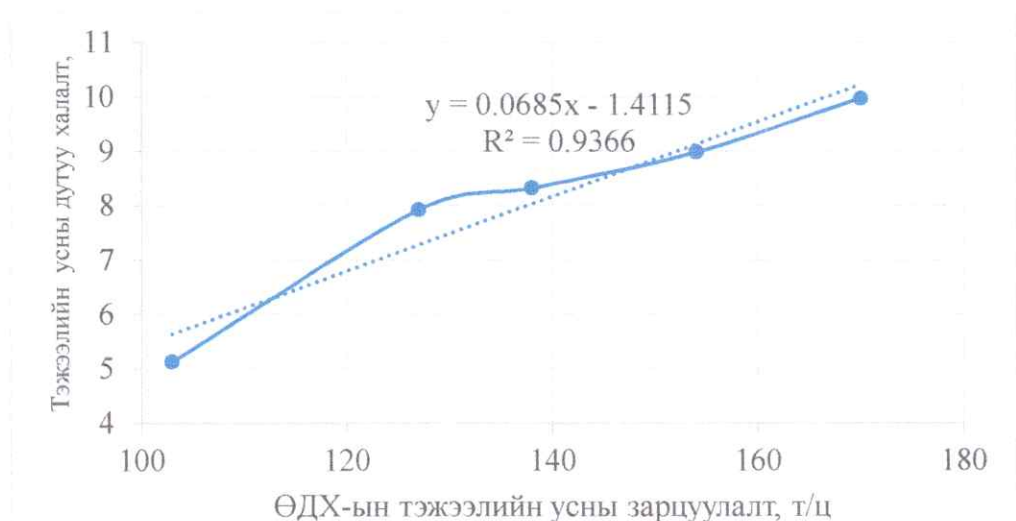
8-р хүснэгт

| ӨДХ-т орох тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц | Хувийн дулааны ачаалал, ккал/м <sup>2</sup> ц · °С | Халаагуурт орох уурын ханалтын температур (t <sub>x,өдх</sub> ), °С | Халаагуурт орох тэжээлийн усны температур (t <sub>1,өдх</sub> ), °С | Халаагуураас гарах тэжээлийн усны температур (t <sub>2,өдх</sub> ), °С | Тэжээлийн усны халалт, (Δt <sub>өдх</sub> = t <sub>2,өдх</sub> - t <sub>1,өдх</sub> ), °С | Тэжээлийн усны дутуу халалт, (δt = t <sub>x,өдх</sub> - t <sub>2,өдх</sub> ), °С |
|---|--|---|---|--|---|--|
| 103                                       | 26485,7  | 183   | 201   | 18   | 5,14  | 183  |
| 127                                       | 39914,2  | 186,3   | 208,3   | 22   | 7,93  | 186,3  |
| 138                                       | 44357,1  | 191   | 213,5   | 22,5   | 8,33  | 191  |
| 154                                       | 52800  | 192   | 216   | 24   | 8,99  | 192  |
| 170                                       | 63142,8  | 193   | 219   | 26   | 9,98  | 193  |

ӨДХ-т тэжээлийн усны дутуу халалтыг тооцоот утгатай харьцуулахад зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байна.

“ӨДХ-5”-ын тэжээлийн усны зарцуулалт ба температурын напорын хамаарал  
9-р хүснэгт

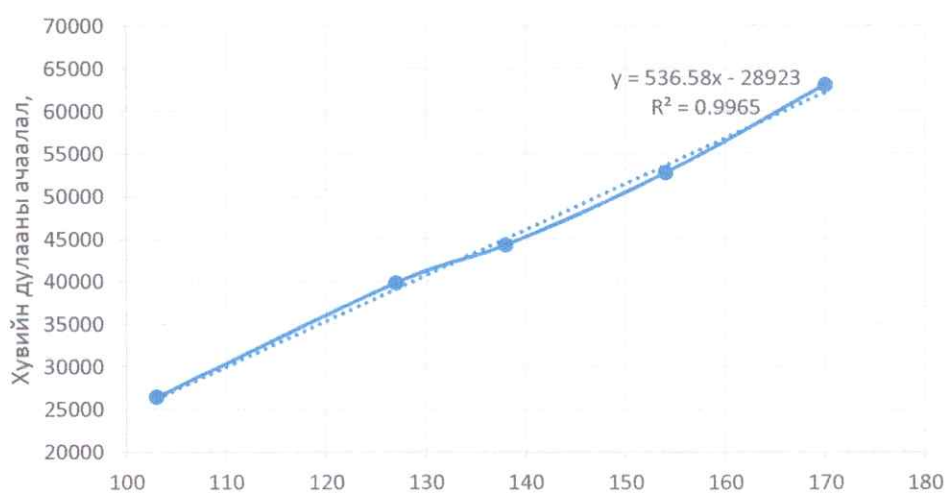
| д/д | Үзүүлэлтийн нэр              | Хэмжих нэгж | “ӨДХ-5”-ын тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц |      |      |      |      |
|-----|------------------------------|-------------|---|------|------|------|------|
|     |                              |             | 103                                       | 127  | 138  | 154  | 170  |
| 1.  | Тэжээлийн усны дутуу халалт, | °C          | 5,14                                      | 7,93 | 8,33 | 8,99 | 9,98 |



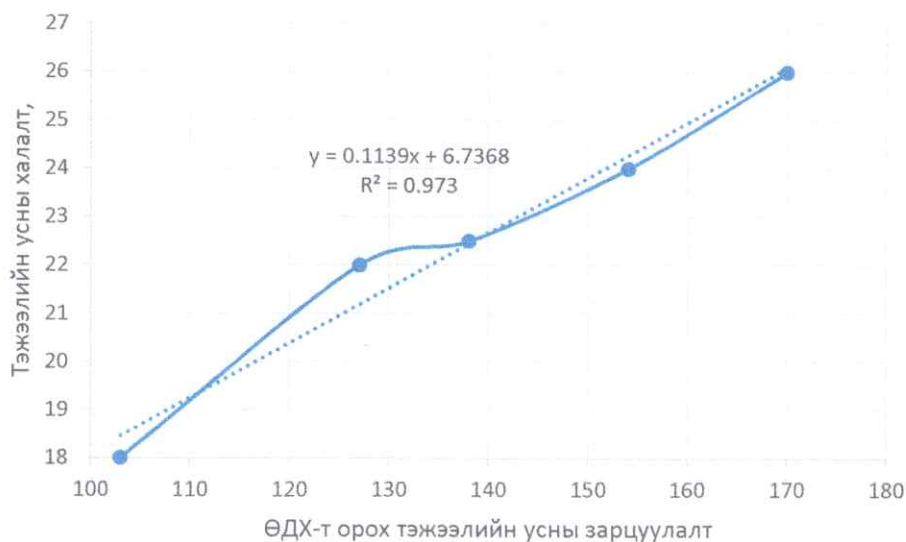
4-р зураг. “ӨДХ-5”-ын тэжээлийн усны зарцуулалт ба дулааны хувийн ачааллын харилцан хамаарал

10-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр        | Хэмжих нэгж         | “ӨДХ-5”-ын тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц |         |       |       |         |
|-----|------------------------|---------------------|---|---------|-------|-------|---------|
|     |                        |                     | 103                                       | 127     | 138   | 154   | 170     |
| 1   | Дулааны хувийн ачаалал | ккал/м <sup>2</sup> | 26485.7                                   | 45538.5 | 41400 | 50600 | 65571.4 |



5-р зураг. “ӨДХ-5”-ын ба тэжээлийн усны зарцуулалт ба дулааны хувийн ачаалал хоорондын хамаарал



6-р зураг. Тэжээлийн усны халалт ба ӨДХ-т орох тэжээлийн усны зарцуулалт

Туршилтаас үзэхэд ажиллагааны горимоос хамааран ӨДХ-уудад тэжээлийн усны халалт дундажаар 26.8°C, температурын напор 9.0°C байгаа бөгөөд тэжээлийн усны температур дундажаар 212 °C байна.

ӨДХ-т хийсэн туршилт, тооцооноос үзэхэд техник ашиглалтын шаардлагыг хангаж байна.

**Нам даралтын халаагуурын ашиглалтын байдлыг тодорхойлох үндсэн үзүүлэлтүүд:**

Нам даралтын халаагуур нь турбины үндсэн конденсатыг халаах зориулалттай гадаргуугийн дулаан солилцуулах төхөөрөмж юм. Халаах агент нь нам даралтын болон нягтруулгын системийн уур байна.

НДХ-ын ашиглалтын байдлыг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүдийг 11-р хүснэгтэд харуулав. Нам даралтын халаагуурын хувийн дулааны ачааллыг 3-р томъёогоор олно.

$$q = \frac{G_{y,k} \cdot C_{y,k} \cdot (t_{2,n,d,x} - t_{1,n,d,x})}{F_{n,d,x}} \cdot 10^3, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ц}, \quad (3)$$

Үүнд:  $G_{m,y}$  - тэжээлийн усны зарцуулалт, т/ц;  $t_{2,n,d,x}$  - НДХ-аас гарч байгаа тэжээлийн усны температур, °C;  $t_{1,n,d,x}$  - НДХ-т орж байгаа тэжээлийн усны температур, °C;  $F_{n,d,x}$  - НДХ-ын халаах гадаргуу, м<sup>2</sup>;  $C_{y,k}$  - үндсэн конденсатын дулаан багтаамж, ккал/кг · м<sup>2</sup> · ц · °C.

Нам даралтын халаагуурын ашиглалтын байдлыг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүд  
11-р хүснэгт

| НДХ-аар өнгөрөх үндсэн конденсатын зарцуулалт, т/ц | Хувийн дулааны ачаалал, ккал/м <sup>2</sup> · ц · °C | Халаагуурт орох уурын ханалтын температур ( $t_{x,\theta,d,x}$ ), °C | Халаагуурт орох үндсэн конденсатын температур ( $t_{1,n,d,x}$ ), °C | Халаагуур аас гарах үндсэн конденсатын температур ( $t_{2,n,d,x}$ ), °C | Үндсэн конденсатын халалт, ( $\Delta t_{\theta,d,x} = t_{2,\theta,d,x} - t_{1,\theta,d,x}$ ), °C | Конденсатын дутуу халалт, ( $\delta t = t_{x,n,d,x} - t_{2,n,d,x}$ ), °C |
|--|--|--|---|---|--|--|
| 10.9   | 5647.0   | 90   | 133   | 43  | 7  | 90   |
| 27   | 13662.7  | 92   | 134   | 42  | 4  | 92   |
| 18.1   | 8722.9   | 94   | 134   | 40  | 4  | 94   |

|      |         |    |     |    |    |    |
|------|---------|----|-----|----|----|----|
| 49.1 | 27212.0 | 94 | 140 | 46 | -1 | 94 |
| 26   | 11590.4 | 95 | 132 | 37 | 7  | 95 |

НДХ-т үндсэн конденсатын дутуу халалтын хэмжээ 5...7°C хязгаарт байдаг.

НДХ- нь үндсэн конденсатыг халаах зориулалттай тул түүний хэвийн ажиллагааг хангах нөхцөлийг бүрдүүлж байх шаардлагатай. Туршилтаас үзэхэд халаагууруудад үндсэн конденсатыг 132...140°C хүртэл халааж байна.

Нам даралтын халаагууруудын температур( $\delta t$ )-ын напор 9.0°C байгаа нь зөвшөөрөгдөх утгаас 1.5...2 дахин их байгаа тул халаах гадаргуу нь бохирдож, дулаан дамжуулалтын коэффициентийг бууруулсан байж болох юм. Иймд халаагууруудад засвар, үйлчилгээ хийхийн зэрэгцээ турбины дулааны схемийг нарийвчлан судалж, дутуу халалтад нөлөөлж байгаа шалтгааныг тогтоох шаардлагатай.

Турбины дунд даралтын хэсгийн харьцангуй дотоод АҮК ба урсгал хэсгийн уурын зарцуулалтын хоорондын хамаарал

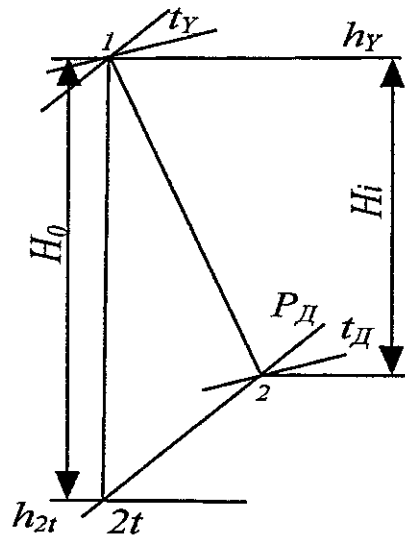
11-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлт үүдийн нэр   | Хэмжих нэгж                                  | Хэмжигдэхүүнийг тодорхойлох арга | Турбины урсгал хэсгээр өнгөөрөх уурын зарцуулалт, т/ц |       |       |       |       |
|-----|---|--|----------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
|     |   |  |                                  | 8,2   | 8,6   | 8,9   | 9,3   | 9,6   |
| 1.  | Үйлдвэрийн уурын төлөв байдал                               | Даралт( $P_v$ ), кгх/см <sup>2</sup>         | Туршилтаар                       | 8,2   | 8,6   | 8,9   | 9,3   | 9,6   |
| 2.  |   | Температур $t_v$ ), °C                       | Туршилтаар                       | 308   | 306   | 305   | 305   | 306   |
| 3.  |   | Дулаан агуулалт( $h_v$ ), ккал/кг            | Ус, усны уурын хүснэгтээс        | 733,5   | 732,5 | 731,3 | 731   | 730   |
| 4.  | Дулаацуулгын уурын төлөв байдал                             | Даралт( $P_d$ ), кгх/см <sup>2</sup>         | Туршилтаар                       | 1,45  | 1,49  | 1,52  | 1,38  | 1,37  |
| 5.  |   | Температур $t_d$ ), °C                       | Туршилтаар                       | 188   | 177   | 171   | 170   | 185   |
| 6.  |   | Бодит дулаан агуулалт( $h_d$ ), ккал/кг      | Ус, усны уурын хүснэгтээс        | 680,2   | 676,2 | 673,3 | 671   | 679   |
|     |   | Адиабат дулаан агуулалт( $h_{2a}$ ), ккал/кг | Ус, усны уурын хүснэгтээс        | 617,5   | 614,7 | 612,8 | 607,1 | 606   |
| 7.  | ДДХ-ийн уурын дулаан агуулалт                               | Адиабат, ккал/кг                             | $\Delta H_o = h_v - h_{2a}$      | 116   | 117,8 | 118,5 | 123,9 | 124   |
| 8.  |   | Ашигтай, ккал/кг                             | $\Delta H_t = h_v - h_d$         | 53,3  | 56,3  | 58    | 60    | 51    |
| 9.  | ДДХ-ийн харьцангуй дотоод АҮК                               |  | $\eta_{oi}^{ддх}$                | 0.81  | 0,459 | 0,477 | 0,489 | 0,484 |
| 10. | ДДХ-т орох уурын зарцуулалт, т/ц                            |  | $G_{ддх}$                        | 94.7  | 105,4 | 105,8 | 109,5 | 89,9  |
| 11. | ДДХ-ийн уурын дундаж зарцуулалт, т/ц                        |  | $G_{дун}^{ддх}$                  | 83.6  |       |       |       |       |
| 12. | Үйлдвэрийн уурын камерын дундаж даралт, кгх/см <sup>2</sup> |  | $P_v^{ддх}$                      | 10.3  |       |       |       |       |

Туршилт, тооцооноос үзэхэд тохируулга, үйлдвэрийн өглөг, өндөр даралтын халаагуур болон дулаацуулгын өглөгүүдийн уурын даралт тооцоот утгын ойролцоо гарч байгаагаас харахад роторын тэнхлэгийн шилжилт үүсгэхүйц хэмжээнд хүрээгүй боловч, бохирдолт үүссэнээс уурын дулаан уналт багасч, үеүдийн ашигт үйлийн коэффициентийг

бууруулахад нөлөөлөх нэг хүчин зүйл болж байна. Иймд турбины урсгал хэсгүүдийг цэвэрлэж, элэгдэж хуучирсан зарим эд ангиудыг солих шаардлагатай гэж үзэж байна.

ПТ-25-90/10М турбины дунд даралтын хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процессыг 7-р зурагт харуулав.



7-р зураг. ПТ-25-90/10М турбины дунд даралтын хэсэгт явагдах уурын тэлэлтийн процесс

**Эжекторын системийн ажиллагааны талаар:**

**Эжекторын системийн хэмжилтийн үндсэн үзүүлэлтүүд**

12-р хүснэгт

| Үзүүлэлтүүдийн нэр                | Хэм. нэгж           | Турбогенераторын цахилгаан чадал, МВт |       |       |       |       |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                   |                     | 23                                    | 20    | 18    | 16    | 14    |
| Эжекторын уурын даралт            | кгх/см <sup>2</sup> | 10.3                                  | 10.2  | 10.3  | 10.3  | 10.5  |
| Уурын даралт 1-р үе               | кгх/см <sup>2</sup> | 6.7                                   | 6.5   | 6.7   | 6.7   | 6.8   |
| Уурын даралт 2-р үе               | кгх/см <sup>2</sup> | 7.1                                   | 7.0   | 7.1   | 7.1   | 7.4   |
| Уурын температур 1-р үе           | °С                  | 197.0                                 | 199.2 | 205.2 | 204.7 | 198.3 |
| Уурын температур 2-р үе           | °С                  | 196.5                                 | 199.7 | 202.8 | 203.0 | 198.3 |
| Уур-агаарын холимогийн температур | °С                  | 80                                    | 85.5  | 82.8  | 81.8  | 79.7  |
| Эжекторын уур-агаарын даралт      | мм.у.б              | 1200                                  |       |       |       |       |

Эжектороор соруулах уур-агаарын хольцыг хэмжээг 4-р томъёогоор олж болно.

$$G_x = 0.0057 [1 - 0.014(t_x - 60)] \cdot d^2 \sqrt{h}, \quad (4)$$

h – даралт, мм.у.б., “U” маягийн манометрийн заалтаар;  $t_x$  – уур-агаарын хольцын температур, °С; d = 3.9 мм – хэмжих диафрагмын нүхний диаметр, мм.

- Эжектороос гарч байгаа агаар-уурын хольцын шугамд температурын хэмжүүр тавих;
- Эжекторын хөргүүрт орж байгаа үндсэн конденсатын температур 70...80°C хүрч байгааг засвар, үйлчилгээ хийхдээ анхаарах;
- Эжекторын 1 ба 2-р үеүдэд үүсэх сийрэгжилт 40...52 % байгаа нь түүний ашиглалтын ажиллагаа хэвийн биш байгааг харуулах тул засах;
- Үндсэн эжекторын эд ангиудын төлөв байдлыг шалгаж, засвар үйлчилгээ хийх(усны шүүр, диффузор болон хурдасгах суваг(сопло)-ийн диаметр, хэлбэр);

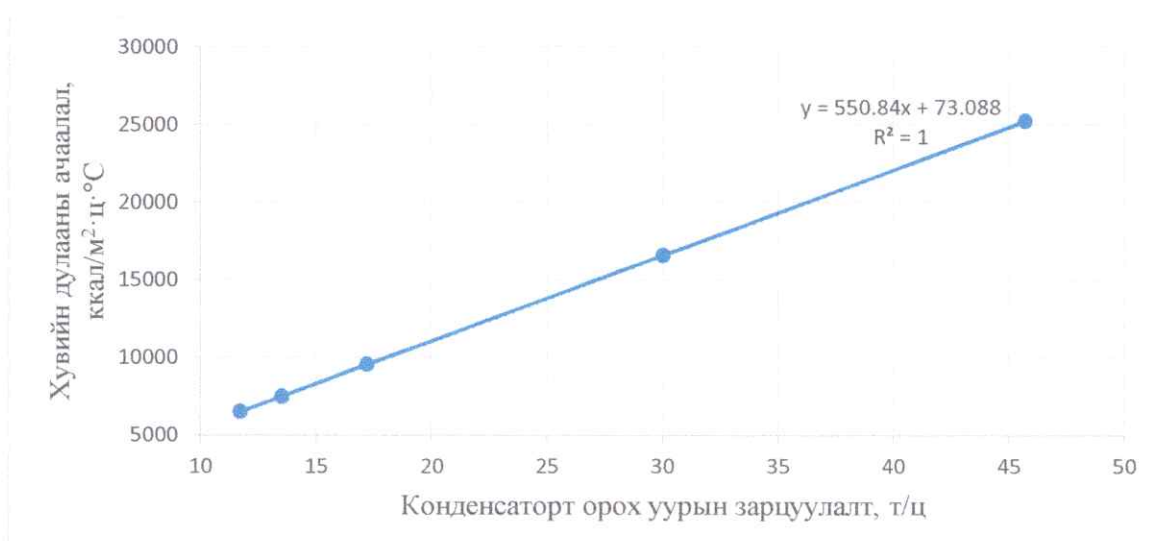
### 3. Конденсацийн системийн ажиллагааны байдал

Турбины конденсаторын төхөөрөмжид халаагдаад гарч байгаа хөргөлтийн усны температур нь конденсаторын тухайн даралтад харгалзах уурын ханалтын температураас ямагт бага хэмжээ ( $t_x > t_{2x,y}$ )-тэй байдаг. Энэ температурыг **температурын напор** буюу хөргөлтийн усны дутуу халалт ( $\delta t = t_x - t_{2x,y}$ ) гэж нэрлэдэг. Конденсаторын төхөөрөмжийн ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүдийг хоорондох хамаарлыг 12-р хүснэгт, 8 ба 9-р зургуудад харуулав.

Конденсаторын төхөөрөмжийн ашиглалтын түвшинг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүд

12-р хүснэгт

| Конденсаторт орох уурын зарцуулалт, т/ц | Конденсаторын үнэмлэхүй даралт, кгх/см <sup>2</sup> | Конденсаторт орох уурын дулаан агуулалт( $h''$ ), ккал/кг | Үндсэн конденсатын дулаан агуулалт( $h'$ ), ккал/кг | Дулааны хувийн ачаалал( $q_k$ ), мян.ккал/м <sup>2</sup> ·ц·°C |
|---|---|---|---|--|
| 11.7                                    | 0.33  | 627.7   | 70.9  | 6514.6   |
| 13.5                                    | 0.348   | 628.0   | 72.2  | 7503.3   |
| 17.2                                    | 0.355   | 628.3   | 72.6  | 9558.0   |
| 30.0                                    | 0.416   | 630.1   | 76.8  | 16599.0  |
| 45.7                                    | 0.447   | 630.6   | 78.2  | 25244.7  |



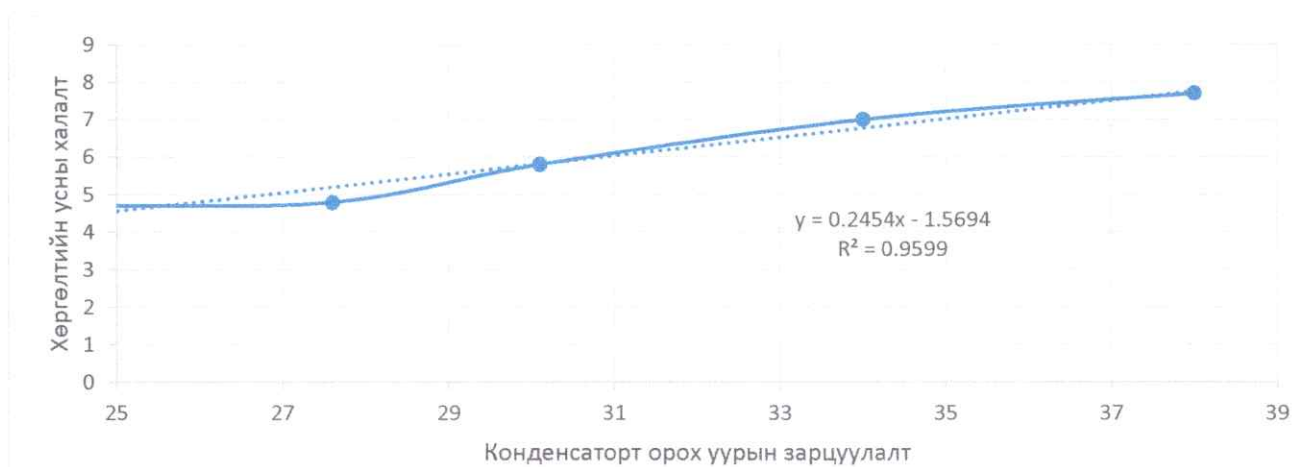
8-р зураг. Конденсаторт орох уурын зарцуулалт ба хувийн дулааны ачааллын харилцан хамаарал

Энэ графикаас үзэхэд конденсаторт орох уурын зарцуулалт нэмэгдэхэд конденсаторын хувийн дулааны ачаалал ихэсч, сийрэгжилт буурахад нөлөөлөх нэг хүчин зүйл болж байна. Хүснэгтээс харахад конденсаторын дулааны ачаалал нь тооцоот ачааллаас 2.0 дахин ихэссэн байна. Иймд конденсаторт нам даралтын халаагуурын конденсат болон бусад эх үүсгүүрээс нэмэлт дулааны ачаалал орж байгаатай холбоотой байж болохыг нягтлах шаардлагатай.

#### 4. Хөргөлтийн усны системийн ажиллагааны байдал

Хөргөлтийн системийн ашиглалтын үр ашгийг тодорхойлох үндсэн үзүүлэлтүүд  
13-р хүснэгт

| Конденсаторт орох уурын зарцуулалт, т/ц | Конденсаторын үнэмлэхүй даралт, кгх/см <sup>2</sup> | Конденсатор дахь уурын ханалтын температур ( $t_x$ ), °C | Орох хөргөлтийн усны температур ( $t_{1x,y}$ ), °C | Гарах хөргөлтийн усны температур ( $t_{2x,y}$ ), °C | Хөргөлтийн усны халалт, ( $\Delta t = t_{2x,y} - t_{1x,y}$ ), °C | Температурын напор, ( $\delta t = t_x - t_{2x,y}$ ), °C |
|---|---|--|--|---|--|---|
| 24.5                                    | 0.067   | 45.5   | 25.6   | 30.3  | 4.7  | 15.2  |
| 27.6                                    | 0.068   | 41   | 26.2   | 31  | 4.8  | 10  |
| 30.1                                    | 0.079   | 41.2   | 26.4   | 32.2  | 5.8  | 9   |
| 34                                      | 0.078   | 38   | 26   | 33  | 7  | 5   |
| 38                                      | 0.108   | 37.2   | 25.8   | 33.5  | 7.7  | 3.7   |

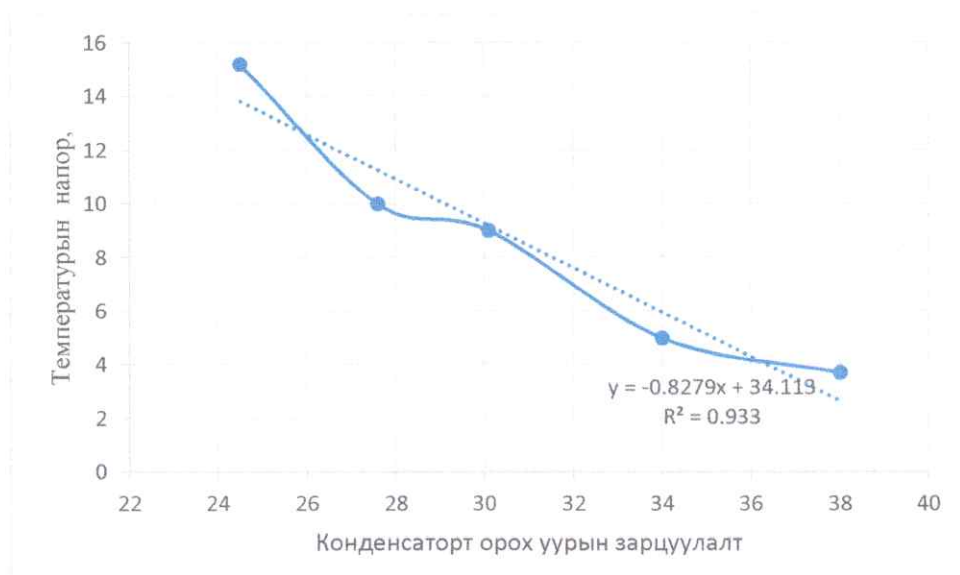


9-р зураг. Конденсаторт орох уурын зарцуулалт ба хөргөлтийн усны халалтын хамаарал

Судалгаа, тооцооноос үзэхэд хөргөлтийн усны дутуу халалт нь тооцоот утгаас 6.2 °C-ээр их байгаа нь конденсаторын хөргөлтийн усны хоолойнууд бохирдож, дулаан дамжуулалтын коэффициент буурснаас дулаан солилцооны процесс муу явагдаж байгааг харуулсан үзүүлэлт юм. Ийм учраас хөргөлтийн гадаргууг цэвэрлэх буюу шаардлагатай гэж үзвэл солих хэрэгтэй.

14-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр     | Хэмжих нэгж | Конденсаторт орох уурын зарцуулалт, т/ц |      |      |    |     |
|-----|---------------------|-------------|---|------|------|----|-----|
|     |                     |             | 24.5                                    | 27.6 | 30.1 | 34 | 38  |
| 1.  | Температурын напор, | °C          | 15.2                                    | 10   | 9    | 5  | 3.7 |



9-р зураг. Конденсаторт орох уурын зарцуулалт ба температурын напорын хамаарал

Конденсаторын хувийн дулааны ачааллыг 5-р томъёогоор олно.

$$q_k = \frac{D_k \cdot (h'' - h')}{F_k} \cdot 10^3, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ц}, \quad (5)$$

Үүнд:  $D_k$ - конденсаторт орж байгаа уурын зарцуулалт, т/ц;  $h''$ - уурын дулаан агуулалт, ккал/кг;

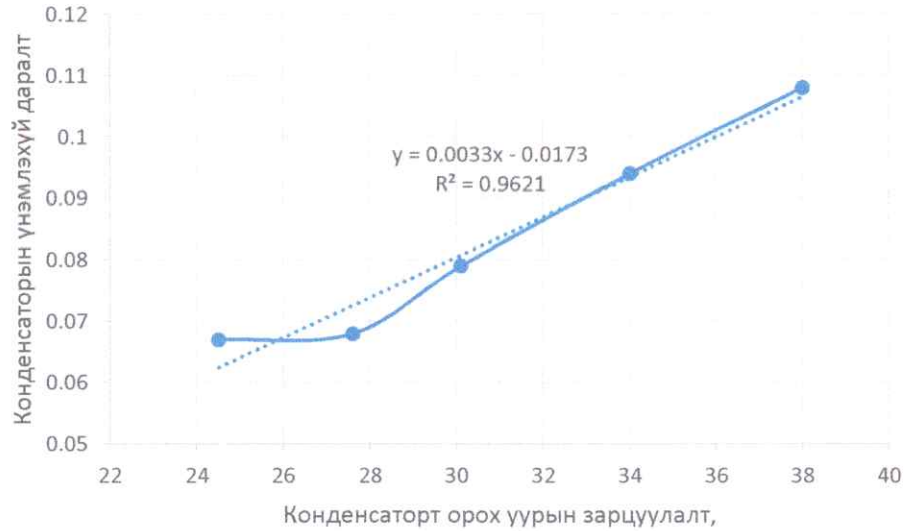
$h'$ - конденсатын дулаан агуулалт, ккал/кг;  $F_k$ - конденсаторын хөргөлтийн гадаргуу, м<sup>2</sup>.

Конденсаторт орох уурын зарцуулалт ба конденсаторын үнэмлэхүй даралтын хамаарал

15-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр                | Хэмжих нэгж         | Конденсаторт орох уурын зарцуулалт, т/ц |       |       |       |       |
|-----|--------------------------------|---------------------|---|-------|-------|-------|-------|
|     |                                |                     | 24.5                                    | 27.6  | 30.1  | 34    | 38    |
| 1.  | Конденсаторын үнэмлэхүй даралт | кгх/см <sup>2</sup> | 0.067                                   | 0.068 | 0.079 | 0.094 | 0.108 |



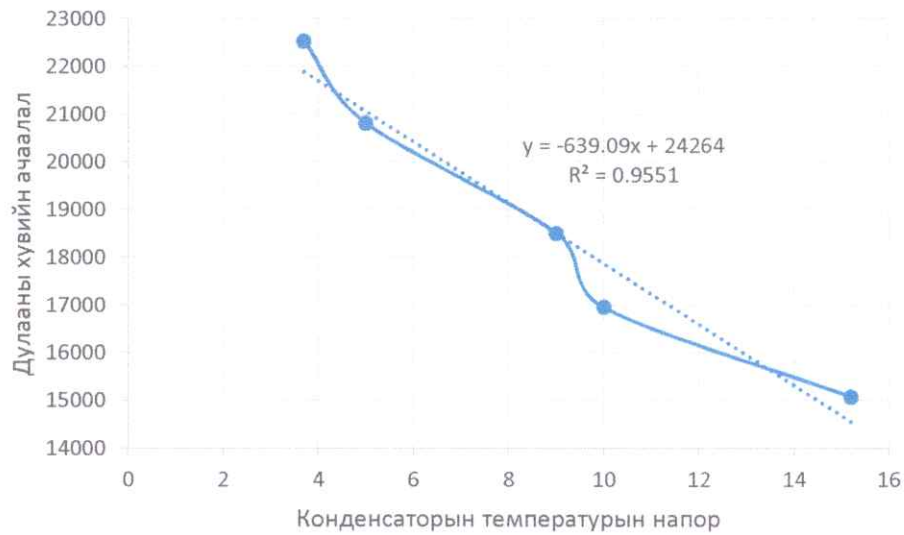


10-р зураг. Конденсаторт орох уурын зарцуулалт ба үнэмлэхүй даралтын хамаарал

Конденсаторын температурын напор ба дулааны хувийн зарцуулалтын хамаарал

16-р хүснэгт

| д/д | Үзүүлэлтийн нэр                  | Хэмжих нэгж | Дулааны хувийн ачаалал, мян.ккал/м <sup>2</sup> □ |         |         |         |         |
|-----|----------------------------------|-------------|---|---------|---------|---------|---------|
|     |                                  |             | 15079.9   | 16958.5 | 18510.6 | 20818.1 | 22535.8 |
| 1.  | Конденсаторын температурын напор | °C          | 15.2  | 10      | 9       | 5       | 3.7     |



11-р зураг. Конденсаторын температурын напор ба дулааны хувийн ачааллын хамаарал

## 11. Турбогенераторын холхивчуудын ажиллагааны байдал

I. Үйлдвэр, дулаацуулга, сэргээн халаах төхөөрөмжүүд хэвийн залгаатай, Nэ=15 МВт байх горим

Холхивчуудын температурын горим:

17-р хүснэгт

| Тосны температур, °С              | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                   | 1                                    | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           |
| Холхивчид орох тосны температур   | 38.2                                 | 31.6        | 31.6        | 30.8        | 29.6        | 28.6        |
|                                   | 37.8                                 | 31.3        | 31.3        | 30.5        | 30.8        | 28.5        |
|                                   | 37.8                                 | 33.3        | 33.3        | 31.9        | 31.3        | 29.8        |
| <b>Дундаж</b>                     | <b>37.9</b>                          | <b>32.1</b> | <b>32.1</b> | <b>31.1</b> | <b>30.6</b> | <b>29.0</b> |
| Холхивчоос гарах тосны температур | 43.7                                 | 37.2        | 37.2        | 36.1        | 31.3        | 32.6        |
|                                   | 41.7                                 | 37.8        | 37.8        | 36.4        | 31.2        | 31.6        |
|                                   | 42.8                                 | 38.5        | 38.5        | 36.8        | 32.2        | 33.3        |
| <b>Дундаж</b>                     | <b>42.7</b>                          | <b>37.8</b> | <b>37.8</b> | <b>36.4</b> | <b>31.6</b> | <b>32.5</b> |

Холхивчуудын доргионы байдал:

18-р хүснэгт

| Холхивчуудын доргио, мм/с | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |            |            |            |            |            |
|---------------------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                           | 1                                    | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          |
| Босоо                     | 3.8                                  | 1.2        | 4.3        | 1.8        | 0.6        | 1.7        |
|                           | 3.7                                  | 1.3        | 4.2        | 1.7        | 0.6        | 1.6        |
|                           | 3.8                                  | 1.3        | 4.2        | 1.7        | 0.6        | 1.5        |
| <b>Дундаж</b>             | <b>3.8</b>                           | <b>1.3</b> | <b>4.2</b> | <b>1.7</b> | <b>0.6</b> | <b>1.6</b> |
| Хэвтээ                    | 2.7                                  | 1.2        | 4          | 3.4        | 1.5        | 1.6        |
|                           | 2.7                                  | 1.1        | 4.3        | 3.4        | 1.6        | 1.5        |
|                           | 2.9                                  | 1.2        | 4.3        | 3.4        | 1.6        | 1.6        |
| <b>Дундаж</b>             | <b>2.8</b>                           | <b>1.2</b> | <b>4.2</b> | <b>3.4</b> | <b>1.6</b> | <b>1.6</b> |
| Тэнхлэг                   | 0.7                                  | -          | -          | 3.4        | 2.8        | 3.8        |
|                           | 0.7                                  | -          | -          | 3.3        | 2.7        | 3.9        |
|                           | 0.8                                  | -          | -          | 3.2        | 2.8        | 3.8        |
| <b>Дундаж</b>             | <b>0.7</b>                           |            |            | <b>3.3</b> | <b>2.8</b> | <b>3.8</b> |

II. Үйлдвэр, дулаацуулга, сэргээн халаах төхөөрөмжүүд хэвийн залгаатай, Nэ=18 МВт байх горим

Холхивчуудын температурын горим:

19-р хүснэгт

| Тосны температур, °С              | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                   | 1                                    | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           |
| Холхивчид орох тосны температур   | 37.3                                 | 32.1        | 32.1        | 30.1        | 29.3        | 27.3        |
|                                   | 37.2                                 | 31.2        | 31.2        | 31.5        | 30.4        | 28.9        |
|                                   | 37.1                                 | 31.2        | 31.2        | 31.5        | 29.9        | 27.6        |
| <b>Дундаж</b>                     | <b>37.2</b>                          | <b>31.5</b> | <b>31.5</b> | <b>31.0</b> | <b>29.9</b> | <b>27.9</b> |
| Холхивчоос гарах тосны температур | 41.6                                 | 37.4        | 37.4        | 32.6        | 30.2        | 30.3        |
|                                   | 42.1                                 | 37.2        | 37.2        | 33.7        | 30.3        | 31.2        |
|                                   | 43.9                                 | 38.4        | 38.4        | 36.1        | 31          | 29.9        |
| <b>Дундаж</b>                     | <b>42.5</b>                          | <b>37.7</b> | <b>37.7</b> | <b>34.1</b> | <b>30.5</b> | <b>30.5</b> |

Холхивчуудын доргионы байдал:

20-р хүснэгт

| Холхивчуудын доргио, мм/с | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |            |            |            |            |            |
|---------------------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                           | 1                                    | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          |
| Босоо                     | 3.5                                  | 1.3        | 4.1        | 2.4        | 0.6        | 1.7        |
|                           | 3.9                                  | 1.2        | 4.2        | 2          | 0.6        | 1.7        |
|                           | 4                                    | 1.3        | 4.1        | 2.3        | 0.6        | 1.7        |
| <b>Дундаж</b>             | <b>3.8</b>                           | <b>1.3</b> | <b>4.1</b> | <b>2.2</b> | <b>0.6</b> | <b>1.7</b> |
| Хэвтээ                    | 3.4                                  | 1.3        | 4.5        | 3.6        | 1.7        | 1.6        |
|                           | 3.6                                  | 1.3        | 4.7        | 3.5        | 1.6        | 1.6        |
|                           | 3.3                                  | 1.3        | 4.3        | 3.5        | 1.6        | 1.6        |
| <b>Дундаж</b>             | <b>3.4</b>                           | <b>1.3</b> | <b>4.5</b> | <b>3.5</b> | <b>1.6</b> | <b>1.6</b> |
| Тэнхлэг                   | 0.9                                  | -          | -          | 3.5        | 2.8        | 3.4        |
|                           | 0.8                                  | -          | -          | 3.5        | 2.8        | 3.3        |
|                           | 0.9                                  | -          | -          | 3.6        | 2.6        | 3.2        |
| <b>Дундаж</b>             | <b>0.9</b>                           |            |            | <b>3.5</b> | <b>2.7</b> | <b>3.3</b> |

III. Үйлдвэр, дулаанцуулга, сэргээн халаах төхөөрөмжүүд хэвийн залгаатай,  $N_3=20$  МВт байх горимд

Холхивчуудын температурын горим

21-р хүснэгт

| Тосны температур, °С | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |    |    |      |      |    |
|----------------------|--------------------------------------|----|----|------|------|----|
|                      | 1                                    | 2  | 3  | 4    | 5    | 6  |
| Холхивчид орох       | 37                                   | 30 | 30 | 28.2 | 27.8 | 27 |

|                                   |             |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| тосны температур                  | 37.1        | 33.4        | 33.4        | 28.9        | 27.5        | 26.7        |
|                                   | 37.7        | 31.8        | 33.5        | 28.7        | 29.5        | 27.1        |
| <b>Дундаж</b>                     | <b>37.3</b> | <b>31.7</b> | <b>32.3</b> | <b>28.6</b> | <b>28.3</b> | <b>26.9</b> |
| Холхивчоос гарах тосны температур | 42          | 38          | 38          | 34          | 31          | 31          |
|                                   | 41.2        | 33.4        | 37.4        | 31.1        | 29.2        | 30.1        |
|                                   | 42.3        | 38.8        | 38.5        | 34.1        | 30.5        | 30.6        |
| <b>Дундаж</b>                     | <b>41.8</b> | <b>36.7</b> | <b>38.0</b> | <b>33.1</b> | <b>30.2</b> | <b>30.6</b> |

### Холхивчуудын доргионы байдал

22-р хүснэгт

| Холхивчуудын доргио, мм/с | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |            |            |            |            |            |
|---------------------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                           | 1                                    | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          |
| Босоо                     | 3.9                                  | 1.2        | 4.1        | 2.6        | 0.6        | 1.7        |
|                           | 3.8                                  | 1.2        | 4.4        | 2.5        | 0.5        | 1.8        |
|                           | 3.7                                  | 1.1        | 4.3        | 2.3        | 0.6        | 1.7        |
| <b>Дундаж</b>             | <b>3.8</b>                           | <b>1.2</b> | <b>4.3</b> | <b>2.5</b> | <b>0.6</b> | <b>1.7</b> |
| Хэвтээ                    | 2.7                                  | 1.2        | 4.3        | 3.9        | 1.6        | 1.6        |
|                           | 2.7                                  | 1.2        | 4.6        | 3.9        | 1.6        | 1.6        |
|                           | 2.8                                  | 1.2        | 4.2        | 3.5        | 1.6        | 1.6        |
| <b>Дундаж</b>             | <b>2.7</b>                           | <b>1.2</b> | <b>4.4</b> | <b>3.8</b> | <b>1.6</b> | <b>1.6</b> |
| Тэнхлэг                   | 1                                    | -          | -          | 3.8        | 2.9        | 2.8        |
|                           | 1.1                                  | -          | -          | 3.7        | 3          | 2.8        |
|                           | 1.1                                  | -          | -          | 5.3        | 3          | 2.6        |
| <b>Дундаж</b>             | <b>1.1</b>                           | <b>-</b>   | <b>-</b>   | <b>4.3</b> | <b>3.0</b> | <b>2.7</b> |

### III. Үйлдвэр, дулаацуулга, сэргээн халаах төхөөрөмжүүд хэвийн залгаатай, №=22 МВт байх горим

#### Холхивчуудын температурын горим

23-р хүснэгт

| Тосны температур, °С              | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                   | 1                                    | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           |
| Холхивчид орох тосны температур   | 38.9                                 | 35.3        | 35.3        | 35.5        | 33.2        | 32.2        |
|                                   | 39.4                                 | 34.5        | 34.5        | 33.2        | 32.4        | 31.9        |
|                                   | 39.1                                 | 34.7        | 34.7        | 33          | 32.3        | 31.1        |
| <b>Дундаж</b>                     | <b>39.1</b>                          | <b>34.8</b> | <b>34.8</b> | <b>33.9</b> | <b>32.6</b> | <b>31.7</b> |
| Холхивчоос гарах тосны температур | 44.1                                 | 40.6        | 40.6        | 37.7        | 34          | 35          |
|                                   | 44.3                                 | 40.2        | 40.2        | 37.3        | 33.4        | 34.9        |
|                                   | 43.1                                 | 40.9        | 40.9        | 37.2        | 33.4        | 34.5        |
| <b>Дундаж</b>                     | <b>43.8</b>                          | <b>40.6</b> | <b>40.6</b> | <b>37.4</b> | <b>33.6</b> | <b>34.8</b> |

Холхивчуудын доргионы байдал

24-р хүснэгт

| Холхивчуудын доргио, мм/с | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |            |            |            |            |            |
|---------------------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                           | 1                                    | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          |
| Босоо                     | 4.3                                  | 1.1        | 4.2        | 2.5        | 0.6        | 1.7        |
|                           | 4.2                                  | 1.1        | 4.1        | 2.2        | 0.6        | 1.7        |
|                           | 4.3                                  | 1.2        | 4.2        | 2.5        | 0.7        | 1.8        |
| Дундаж                    | <b>4.3</b>                           | <b>1.1</b> | <b>4.2</b> | <b>2.4</b> | <b>0.6</b> | <b>1.7</b> |
| Хэвтгээ                   | 4                                    | 1.4        | 4.6        | 3.5        | 1.8        | 1.7        |
|                           | 3.9                                  | 1.6        | 4.6        | 3.6        | 1.7        | 1.6        |
|                           | 3.9                                  | 1.4        | 4.3        | 3.4        | 1.7        | 1.6        |
| Дундаж                    | <b>3.9</b>                           | <b>1.5</b> | <b>4.5</b> | <b>3.5</b> | <b>1.7</b> | <b>1.6</b> |
| Тэнхлэг                   | 1.1                                  | -          | -          | 3.9        | 2.6        | 2.2        |
|                           | 1                                    | -          | -          | 4.1        | 2.7        | 2.2        |
|                           | 1                                    | -          | -          | 4.3        | 3.1        | 2.4        |
| Дундаж                    | <b>1.0</b>                           | -          | -          | <b>4.1</b> | <b>2.8</b> | <b>2.3</b> |

IV. Үйлдвэр, дулаацуулга, сэргээн халаах төхөөрөмжүүд хэвийн залгаатай,  
Nэ=25 МВт

Холхивчуудын температурын горим

25-р хүснэгт

| Тосны температур, °С              | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                   | 1                                    | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           |
| Холхивчид орох тосны температур   | 39.9                                 | 34.2        | 34.2        | 33.2        | 32.3        | 31.2        |
|                                   | 40.6                                 | 35.1        | 35.1        | 33.2        | 32.1        | 30.6        |
|                                   |                                      |             |             |             |             |             |
| Дундаж                            | <b>40.3</b>                          | <b>34.7</b> | <b>34.7</b> | <b>33.2</b> | <b>32.2</b> | <b>30.9</b> |
| Холхивчоос гарах тосны температур | 43.1                                 | 40.3        | 40.3        | 37.4        | 33.6        | 34.5        |
|                                   | 43.6                                 | 39.7        | 39.7        | 37.5        | 32.9        | 34          |
|                                   |                                      |             |             |             |             |             |
| Дундаж                            | <b>43.4</b>                          | <b>40.0</b> | <b>40.0</b> | <b>37.5</b> | <b>33.3</b> | <b>34.3</b> |

Холхивчуудын доргионы байдал

26-р хүснэгт

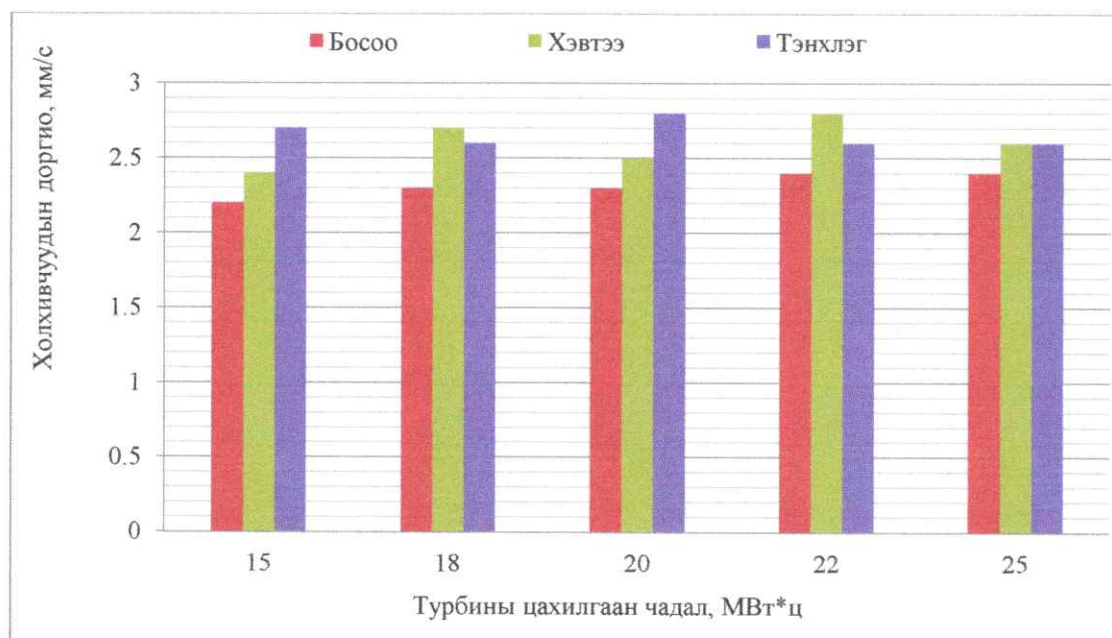
| Холхивчуудын доргио, мм/с | Турбогенераторын холхивчуудын дугаар |     |     |     |     |     |
|---------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                           | 1                                    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| Босоо                     | 3.9                                  | 1   | 4.4 | 2.6 | 0.7 | 1.7 |
|                           | 4                                    | 1.1 | 4.4 | 2.5 | 0.7 | 1.7 |

|         |     |     |     |     |     |     |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Дундаж  | 4.0 | 1.1 | 4.4 | 2.6 | 0.7 | 1.7 |
| Хэвтээ  | 3.1 | 1.2 | 4.8 | 3.5 | 1.8 | 1.6 |
|         | 2.9 | 1.3 | 4.6 | 3.5 | 1.7 | 1.7 |
|         |     |     |     |     |     |     |
| Дундаж  | 3.0 | 1.3 | 4.7 | 3.5 | 1.8 | 1.7 |
| Тэнхлэг | 0.9 | -   | -   | 4.3 | 2.9 | 2.3 |
|         | 0.9 | -   | -   | 4.2 | 2.6 | 3   |
|         |     | -   | -   |     |     |     |
| Дундаж  | 0.9 | -   | -   | 4.3 | 2.8 | 2.7 |

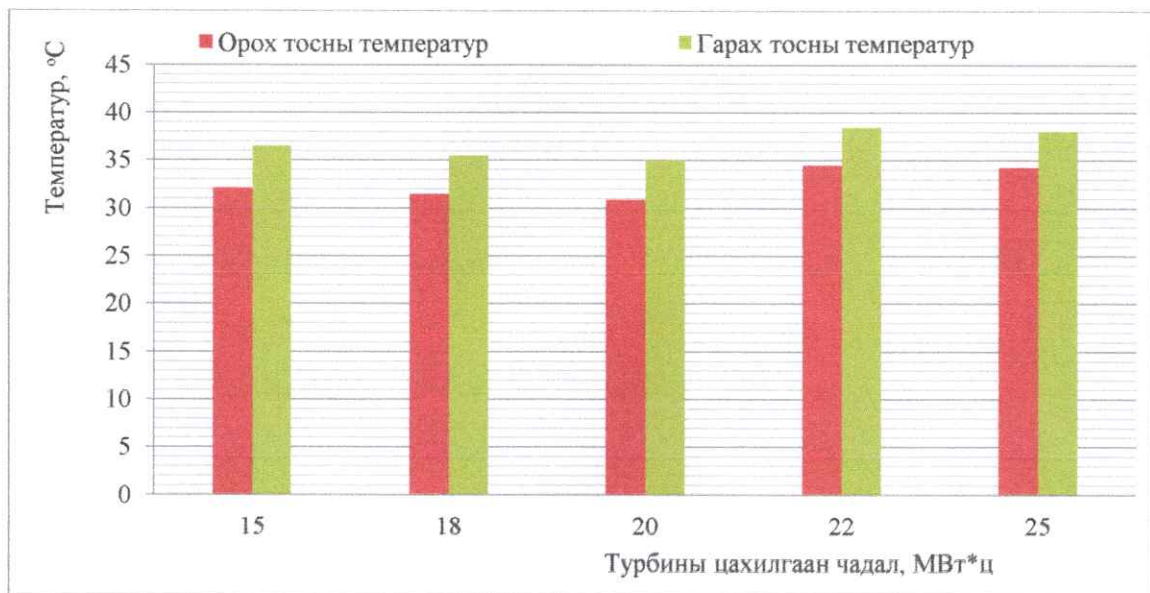
**IV. Үйлдвэр, дулаацуулга, сэргээн халаах төхөөрөмжүүд залгаатай ажиллаж байх дулаацуулгын горим**  
**Холхивчуудын температурын горим**

27-р хүснэгт

| Турбогенераторын цахилгаан чадал, МВт | Босоо | Хэвтээ | Тэнхлэг | Орох тосны температур, °C | Гарах тосны температур, °C |
|---------------------------------------|-------|--------|---------|---------------------------|----------------------------|
| 15                                    | 2.2   | 2.4    | 2.7     | 32.1                      | 36.56                      |
| 18                                    | 2.3   | 2.7    | 2.6     | 31.5                      | 35.5                       |
| 20                                    | 2.3   | 2.5    | 2.8     | 30.9                      | 35.1                       |
| 22                                    | 2.4   | 2.8    | 2.6     | 34.5                      | 38.5                       |
| 25                                    | 2.4   | 2.6    | 2.6     | 34.3                      | 38.1                       |



12-р зураг. Турбины цахилгаан чадал ба холхивчны доргио



13-р зураг. Турбины цахилгаан чадал ба холхивчны тосны температур

Хэмжилтээс үзэхэд холхивчуудын ажиллагааны байдал болон доргионы хэмжээ ТАД-ийн шаардлага хангаж байна. Холхивчуудад орж байгаа тосны халууныг хэт багасгах буюу ихэсгэх нь доргио гарахад нөлөөлөх тул анхаарч, түүнийг 35...40°C байхаар байнга тохируулж ажиллах хэрэгтэй.

**Туршилтад оролцсон хүмүүс:**

1. Д.Алтанмөнх - Турбины туршилт, тохируулгын инженер
2. Д.Хангал - ӨДС-ын турбин цехийн ашиглалтын инженер
3. Д.Лхагвадаш- Турбины хэсгийн ээлжийн дарга
4. Ч.Дашпунцаг- ЭХС-ийн багш, зөвлөх инженер
5. Б.Баттөр- ЭХС-ийн ахлах багш
6. Б.Ариун мөнх- Турбины машинч
7. Г.Ганцолмон- Турбины машинч
8. Т.Түмэн-Өлзий- Бойлерын машинч
9. О.Солонго- ЭХС-ийн магистрант

**Туршилтад ашиглансан багаж, хэрэгсэлүүд:**

1. Давтамжийн хэмжүүр-Частотомер Ø5043 №4036, ГОСТ 7590-78, класс точности 0.1
2. Барометр
3. Лазерын термометр
4. Уур-агаарын холимогийн хэмжүүр
5. Усны зарцуулалтын хэмжүүр

## Дүгнэлт

1. “ТГ-8” турбогенераторт их засварын өмнө хийсэн дулаан техник, тохируулгын системийн туршилттар тоноглолуудад илэрүүлсэн гэмтэл, доголдолыг бүрэн зассан гэж үзэж байна.
2. Туршилтаар тогтоосон тооцооны үр дүнг цаашид турбины төрхөөрөмжийн техник эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг судалж, дүгнэлт гаргахад тулгуур материал болгон ашиглах боломжтой гэсэн дүгнэлт хийж байна.

## Зөвлөмж

1. Турбинд дулаан техникийн болон тохируулгын системийн туршилт хийж, дулааны болон чадлын балансыг тодорхойлоход хэмжих хэргсэл дутагдалтай байгаа тул юуны дулаацуулгын отбор(өглөг)-т зарцуулалтын хэмжүүр тавих шаардлагатай;
2. ТГ-8 турбины нам даралтын халаагуурын конденсатыг үндсэн конденсатын шугаманд өгдөг схемийг хэрэгжүүлэх нь вакуумыг нэмэгдүүлэхэд тодорхой хэмжээгээр нөлөөлнө гэж үзэж байна.
3. Конденсаторын төхөөрөмжийн үнэмлэхүй даралтыг тухайн цагт тодорхойлоход орчны агаарын даралтыг мэдэх хэрэгтэй тул барометрийг ажлын байранд байлгах нь зүйтэй байна.
4. Турбины төхөөрөмжид дулаан техникийн туршилт хийх нэгдсэн аргачлалыг боловсруулж, батлуулан цаашид тогтмол мөрдөж ажиллах нь зүйтэй.

## Ашигласан хэвлэл

1. П.Н.Шляхин, М.Л.Бершадский “Краткий справочник по паротурбинным установкам”, М, Энергия, 1970, 216 с.,с ил.
2. Г.Г.Шкловер, О.О.Мильман “Исследование и расчёт конденсационных устройств паровых турбин”, М,Энергоатомиздат,1985,240с.,с ил.
3. Ю.М.Бродов, Р.З.Савельев “Конденсационные установки паровых турбин”, М,Энергоатомиздат,1994,288 с. с ил.
4. Ч.Дашпунцаг “Уурын турбины тос хангамж ба автомат тохируулгын систем”, УБ, “Соёмбо притинг” үйлдвэр, 214 х
5. В.А.Молочек “Ремонтпаровыхтурбин”, М, Энергия, 1968, 376 с.с илл.
6. Эрчим хүчний тоног төхөөрөмж, байгууллагын техник ашиглалтын дүрэм, УБ,2003 он,
7. Сахаров А.М. “Тепловые испытания паровых турбин”, М,:Энергоатомиздат, 1990, 238с.: ил.
8. М.А.Ухоботин “Испытание паровых турбогенераторов”, Госэнергоиздательство, М-Л, 1952, 96с