

**ISSIQLIK ELEKTOR STANSIYASI TURBINALARI KONDENSATOR
QURILMALARIDAGI VAKUUMNING YOMONLASHISHI VA UNI BARTARAF
ETISH CHORALARI**

Yunusov B.X., Mamadiyev B.R.

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: mamadiyev.bozor@mail.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18206235>

Annotatsiya: Mazkur maqolada bug' turbinasi kondensatorlarida vakuum chuqurligini pasaytiruvchi asosiy omillar tahlil qilinadi. Tadqiqotda havo so'rilishining issiqlik almashinuvi koeffitsiyentiga va kondensatning o'ta sovishiga ta'siri Dalton qonuni asosida o'rganilgan. K-300-240 turbinasi misolida vakuum yomonlashishi natijasida yuzaga keladigan yoqilg'i isrofi hisoblab chiqilgan va uni bartaraf etishning texnik yechimlari taklif etilgan.

Kalit so'zlar: Bug' turbinasi, kondensator, vakuum, havo so'rilishi, Dalton qonuni, ejektor, solishtirma yoqilg'i sarfi.

**УХУДШЕНИЕ ВАКУУМА В КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ ТУРБИН
ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И МЕРЫ ПО ЕГО УСТРАНЕНИЮ**

Юнусов Б.Х., Мамадиев Б.Р.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В данной статье анализируются основные факторы, снижающие глубину вакуума в конденсаторах паровых турбин. На основе закона Дальтона изучено влияние присосов воздуха на коэффициент теплопередачи и переохлаждение конденсата. На примере турбины К-300-240 рассчитан перерасход топлива, возникающий в результате ухудшения вакуума, и предложены технические решения по его устранению.

Ключевые слова: Паровая турбина, конденсатор, вакуум, присос воздуха, закон Дальтона, эжектор, удельный расход топлива.

**VACUUM DETERIORATION IN CONDENSER UNITS OF THERMAL POWER
PLANT TURBINES AND MEASURES FOR ITS ELIMINATION**

Yunusov B.Kh., Mamadiyev B.R.

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article analyzes the main factors that reduce the vacuum depth in steam turbine condensers. Based on Dalton's law, the influence of air inleakage on the heat transfer coefficient and condensate subcooling is studied. Using the K-300-240 turbine as an example, the fuel waste resulting from vacuum deterioration is calculated, and technical solutions for its elimination are proposed.

Keywords: Steam turbine, condenser, vacuum, air inleakage, Dalton's law, ejector, specific fuel consumption.

KIRISH

Issiqlik elektr stansiyasining vakuum tizimiga havo so'rilishi turbinali stansiyaning samaradorligiga salbiy ta'siri ko'rsatadi [1]. Kondensator yuklamsi 40 dan 100% gacha bo'lgan diapazonda havo so'rilishi G_{havo} (kg/soat), turbinaning nominal quvvatiga qarab N

(megavattlarda) $8 + 0,065N$ dan oshmasligi kerak. Vakuimli issiqlik almashinuv qurilmalari va issiqlik elektr stansiyalarining nasos uskunalarini hisoblash, ishlatish, sinovdan o'tkazish va rekonstruksiya qilish jarayonida ularga qo'yiladigan me'yoriy tavsiflar, uslubiy ko'rsatmalar va yo'riqnomalarda havo so'rilishini cheklash zarurati qayd etiladi hamda ularda havo so'rilishning eng ehtimoliy manbalarini aniqlash va yo'q qilish usullariga batafsil to'xtaniladi.

Muammoning dolzabligi tufayli, ish paytida ham, turbinani to'xtatish yoki ta'mirlash vaqtida ham havo so'rilish joylarini qidirishning ko'plab usullari ishlab chiqilgan: galogen kichik oqim detektorlaridan foydalanish, vakuum tizimini suv bilan to'ldirish yoki past potentsialli bug' bilan to'ldirish va tizimdagi ortiqcha havo so'rilishini aniqlashning akustik usullari[2].

ASOSIY QISIM

Kondensatorga havo so'rilishi Dalton qonuniga binoan umumiy bosimni oshiradi:

$$p_k = p_{bug'} + p_{havo}$$

Bu yerdap_{bug'}– bug'ning parsial bosimi, p_{havo} – havoning parsial bosimi.

Havoning mavjudligi issiqlik uzatish koeffitsiyentini k keskin pasaytiradi. Chunki havo quvurlar yuzasida issiqlik o'tkazmaydigan qatlam hosil qiladi. Buning natijasida bug'ning to'yinganlik harorati va sovutuvchi suv o'rtasidagi haroratlar farqi ortadi.

Vakuumnun yomonlashishi natijasida turbinada mavjud bo'lgan issiqlik farqi kamayadi, shunga mos ravishda bug' turbinasi qurilmasining (BTQ) samaradorligini pasaytiradi. Universal vakuum egri chizig'iga ko'ra, [3] kondensatoridagi absalyut bosimning har 1% ga ortishi turbinaning quvvatini taxminan 0,85% ga kamaytiradi va belgilangan quvvatni saqlab turish uchun yoqilg'i sarfini mos ravishda oshirishni talab qiladi.

O'zbekistondagi issiqlik elektr stansiyalarining ko'pchiligida BTQ larida kondensatordan havoni so'rib olish uchun bug' oqimli va suv oqimli ejektorlari qo'llaniladi.

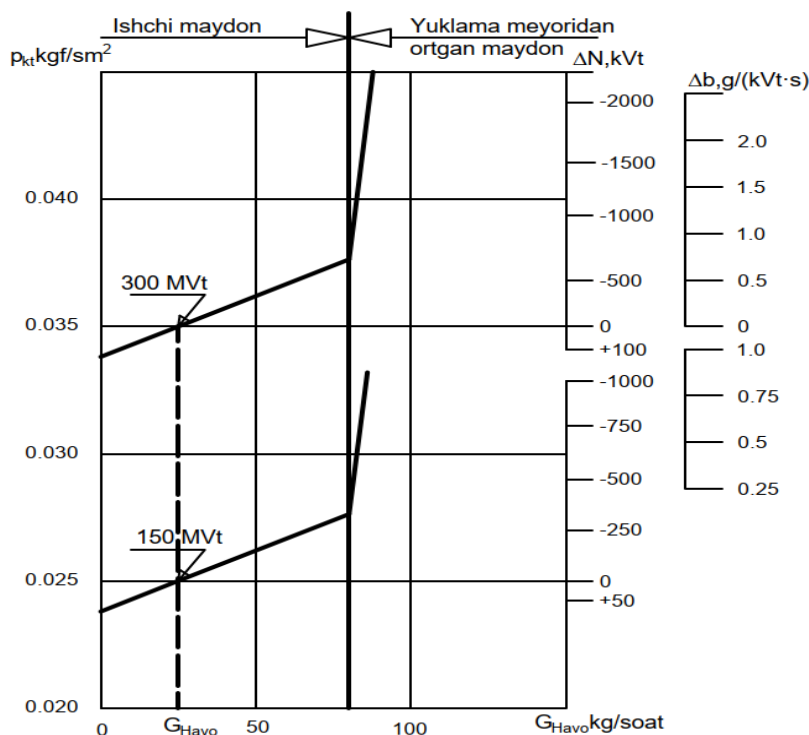
1 va 2-rasmlarda, Xarkov turbinali generator zavodining (XTGZ) K-300-240 turbinasining to'liq va yarim yuklama rejimlarida havo so'rish G_{xavo} bug' oqimli ejektor bilan jihozlangan kondensatoridagi p_k bosimiga ta'sirining eksperimental bog'liqliklari ko'rsatilgan. Ordinatalarning o'ng o'qida, universal egri chizig'i[4] yordamida olingan doimiy yoqilg'i sarfida bosimning meyyordan og'ishiga mos keladigan quvvatning ΔN pasayish qiymatlari, shuningdek, shu qiymatlarda mos keladigan solishtirm yoqilg'i sarfi Δb ning o'sish qiymatlari ko'rsatilgan.

1-rasmdan ko'rinib turibdiki, ishchi maydonda ushbu energoblok ejektorining xarakteristikallari har 10 kg / soat havo so'rilishida vakuumning 0,0005 kgf / sm^2 ga yomonlashishiga olib keladi. So'rilishlarning meyyoriy qiymatidan $G_{haxo}^m = 27,5$ kg/soat dan taxminan 75 kg/soatgacha oshishi vakuumning 0,0025 kgf/ sm^2 ga yomonlashishiga olib keladi. Shu bilan birga, turbinaning to'liq yuklama rejimida yoqilg'ining solishtirma iste'moli taxminan 0,5 g / (kVt / soat) ga oshadi, bu quvvatning taxminan 500 kVt ga pasayishiga to'g'ri keladi. So'rilishning yanada oshishi bilan vakuum keskin yomonlashadi va ejektor ortiqcha yuklama rejimiga o'tadi; shu bilan birga, har 10 kg/soat qo'shimcha havo so'rilishi tufayli yoqilg'ining solishtirma iste'moli 2 g/(kVt/soat) dan oshadi, bu esa 1500 kVt dan ortiq quvvat pasayishiga olib keladi [5]. Birinchi jadvalda [2 - 7] ma'lumotlariga ko'ra, bir qator turbinalar uchun standartlar [2] bo'yicha kondensatorga havo so'rilish meyyori, bug' oqimli ejektorlarining xususiyatlari, shuningdek vakuum va quvvatni kamayishi, o'ziga xos yoqilg'i sarfini oshishi va har 10 kg / soat havo so'rilishi uchun yoqilg'ining yillik ortiqcha iste'mol miqdorlari ko'rsatilgan

Vakuumning 1 kPa ga yomonlashishi solishtirma yoqilg'i sarfini ΔB quyidagi formula orqali oshiradi:

$$\Delta B = \frac{N_{el} * q_{nom} * \delta q * (P_{fak} - P_{nom})}{Q_r^i * \eta_{qoz}}$$

Masalan, 300 MVt quvvatli blok uchun vakuumning 1 kPa ga pasayishi soatiga taxminan 800-900 m³ qo'shimcha tabiiy gaz sarflanishiga olib keladi. Yillik hisobda (6000 soat ish rejimida) bu isrof 5 mln m³ dan ortadi.



1-rasm. Kondensatoriga ortiqcha havo so'rishlashining K-300-240 markali turbina samaradorligi tasiri: EP-3-75 bug' oqimli ejector bilan jihozlangan XTGZ kondensatori; p_k - kondensatordagi bosim; ΔN - doimiy yoqilg'i sarfida quvvatni kamaytirish; Δb - yoqilg'i sarfini oshirishi.

Zuevskaya GRES-2 ma'lumotlariga ko'ra ("Energetik" jurnali, 1986 yil, № 2) XTGZ da ishlab chiqarilgan 300 MVtli turbina kondensatoriga har 10 kg/soat me'yordan ortiq havo so'rilishi vakuumni 0,001 kgf / sm² gacha yomonlashtiradi va har yili 600 tonnagacha solishtirma yoqilg'i sarfini oshishiga olib keldi.

Havo so'rilishlarini kamaytirish o'ziga xos yoqilg'i sarfini kamaytiradi va bir xil yoqilg'i sarfida qo'shimcha quvvat oladi.

Jadval 1

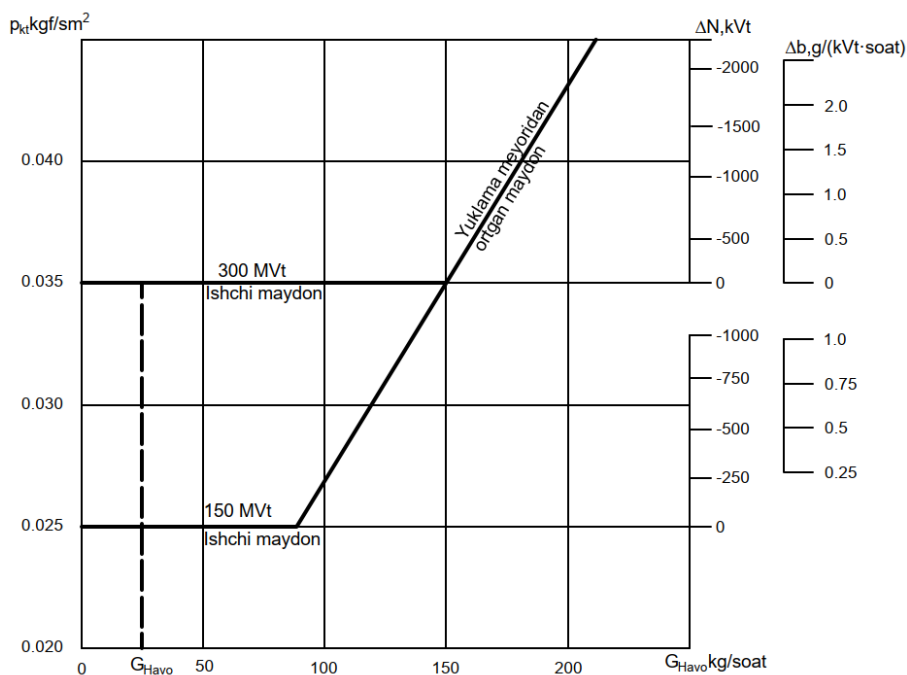
Paramert	Turbina quvvati, MVt					
	12	25	50	100	200	300
standar bo'yicha maksimal havo so'rish, kg / soat	8,8	9,6	11,3.	14,5	21,0	27.5

Bug' oqimli ejektor Turi Ishlab Chiqaruvchisi. Unumdorligi $m^3/soat$	NS LMZ 480	E-1-B. EO-30 LMZ. KTZ 860	EO-50 KTZ 1140	EP-2-400 LMZ 1500	EP-3-600 LMZ 3000	EP-3-75 XTGZ 4500
Har 10 kg/soat havo so'rilishi uchun: Vakuumning yomonlashishi, kgf / sm^2 Quvvatni kamaytirish, kVt Solishtirm yoqilg'i sarfini oshishi. $g/(kVt/soat)$ To'liq yuklamada yillik 6000 soatlik ish uchun solishtirma yoqilg'i sarfi. T	0.0090 92 4,15 31	0,0050 107 1.99 54	0,0040 255 1.42 97	0,0030 254 1.06 191	0,0015 254 0.5 362	0,0005 127 0.15 250

Leningrad metall zavodining (LMZ) quvvati 300 MVt va undan ortiq turbinali IESlarda kondensatordan havo so'rish uchun suv oqimli ejektorlari qo'llaniladi [6, 7, 9], ular havo so'rilishini tez o'lchashga imkon bermaydi.

Suv oqimli ejektorlarning xarakteristikalari ishchi maydonda (2-rasm), kondanserdagi me'yoriy bosimi saqlab turolsada, (havo so'rilishi 0 dan 3,5 martta ortganda) vakuumning keskin yomonlashishi va samaradorlikning pasayishi bilan yuklama me'yoridan ortgan qismiga o'tishni bashorat qilish va oldini olishning hech qanday usuli yo'q. Bug' bosimi, aylanma suvning isishi va kondensatordagi haroratlar farqining hisoblangan qiymatlarini BTQ ning ma'lum bir ish rejimi uchun ushbu parametrlarning standart qiymatlari bilan solishtirish orqali havo so'rish darajasini baholash kerak, va haqiqiy so'rilishni faqat maxsus sinovlar o'tkazish orqali aniqlash mumkin [6, 10].

Kondensatorga havo so'rilishini aniqlashda suv oqimli ejektorining xususiyatlari ish maydoni chegarasidan tashqariga chiqadimi yoki yo'qligi orqali bilish mumkin, bu hol havo so'rilishi standartdan bir necha marta oshib ketganda yuz beradi. Ammo bu faqat turbina yuklamasining eksplattatsion o'zgarishi (demak kondensatorda bug' sarfi), sovutish karraligi o'zgarishi sababli vakuum keskin o'zgarganda yaqqol ko'rinadi.



2-rasm. Kondensatoriga ortiqcha havo so'rishlashining K-300-240 markali turbina samaradorligi tasiri: Suv oqimli ejector bilan jihozlangan kondensator LMZ 300-KTS;

2-rasmda turbinaning to'liq va yarim yuklama ishchi holati uchun kondensatordagi bosimlar farqi ko'rsatilgan bundan ko'rinadiki yuqoridagi mulohazalar o'rinlidir. Agar turbina yuklamasi tushirilganda vakuum yaxshilanmasa, bu shuni anglatadiki, ejector havo so'rilishi tufayli ortiqcha yuklama bilan ishlayotgan bo'ladi va sovutish karraligi oshishiga muvofiq vakuumning hisoblangan chuqurlashishini ta'minlamaydi. Masalan, agar to'liq yuklamada havo so'rilishlari $G_{havo} > 150$ kg/soat bo'lsa, turbinani yuklamasini 50% ga tushirish kondensatorda kutilayotgan bosimning 0,035 dan 0,025 kgf / sm^2 gacha pasayishiga olib kelmaydi, bosim bir xil bo'lib qoladi, buning natijasida solishtirma yoqilg'i sarfi taxminan 1, 25 g / (kVt / soat) ga oshadi, bu taxminan 1000 kVt quvvat tushuviga teng. Yuqorida aytilganlarga ko'ra, Sirdaryo issiqlik elektr stansiyasida LMZ K-300-240 turbinalari bilan tunda kunlik yuklamani pasaytirish rejimida ishlashi, ish kunining ertalabki qismidan yuklama ortishi diagrammalarini ko'rish bilan boshlashi kerak.

Agar turbinani yarim yuklama ish rejimiga o'tkazish davrida vakuum (va kondensatorga kirish joyidagi bug' harorati) grafigida o'zgarish bo'lmasa, bu ortiqcha so'rilgan havo tufayli suv oqimli ejectorining yuklama me'yoridan ortgan maydonda ishlashlayotganini ko'rsatadi. Havo so'rilishining kuchayishi sabablarini aniqlash va bartaraf etish bo'yicha zudlik bilan chora ko'rishni talab qiladi.

Sanoat tadqiqotlariga ko'ra [11], vakuum tizimidagi havoning taxminan 60% turbinaning so'nggi qismi (KQ) labirintlari orqali kiradi. Albatta, havo so'rilishiga asosiy ta'sir past bosimli silindir(PBS) va kondensator qurilmasi(KQ)ning o'zaro birikkan qismi labirintlarining juda kuchli zichlashmaganligi tufayli sodir bo'ladi. Hozirgi kunda PBS va KQ lari o'zaro birikadigan joylarni kuchli zichlashtirish bo'yicha ishlar olib borilmoqda va turli hil konstruktiv yechimlar taklif qilinmoqda.

Ko'pincha havo vakuum tizimiga silindrlar, turubkalar va kondensatorlar devoridagi yoriqlar orqali kiradi - asosan payvandlangan joylarda, masalan, deformatsiyaga uchragan kengaytiruvchi bo'g'inlarning bo'g'inlarida.

Ko'pincha havo vakuum tizimiga silindrlar, turubkalar va kondensatorlar devoridagi yoriqlar orqali kiradi, asosan payvand choklaridan, masalan, deformatsiyaga uchragan kompensator choklaridan havo so'rilishi mumkin.

Havo so'rilishini standart qiymatlargacha kamaytirish har doim ham loyihaviy vakuumiga erishishni kafolatlamaydi. Kondensatorlarda havo va boshqa kondensatsiyalanmaydigan gazlarni so'rib olish joylariga nisbatan lokalizatsiya qilish katta ahamiyatga ega. Payvandlash natijasida hosil bo'lgan choklarni to'la yopilishi, birikishlarning to'liq mahkamlanishi va yoriqlar orqali kiradigan havo so'rilishini to'liq istisno qilgan taqdirda ham, ortiqcha havoning bir qismi regenerativ isitgichlardan havo so'rilishi bilan, deaerator bug'lari bilan - to'g'ridan-to'g'ri va bu bug' bilan birga kondensator qurilmasiga kiradi. Rossiya federatsiyasining Kirishskaya GRESida [12] LMZ tipidagi 300-KTSS kondensatorida, asosiy havo so'rish joyidagi ejektorga qarama-qarshi tomonda havo, karbonat angidrid va ammiak qopchasi hosil bo'lishi ko'rsatilgan, bu zonada bug' yo'qligi, bu sirt kondensatsiyasini sezilarli darajada kamaytiradi. Yuqorida aytib o'tilgan kondensatsiyalanmagan gazlarning to'planish joyda qo'shimcha bug' gaz aralshmasini so'rib oluvchi qurilma o'rnatish orqali vakuumni sezilarli darajada chuqurlashtirishga erishilgan. Keyinchalik (bug'-gaz aralshmasini so'rib olish jarayoni sezilarli darajada pasayganda, qo'shimcha ejektor o'chiriladi), kondensatorlardan qo'shimcha bug'-gaz aralashmasi so'rilishini to'xtatish orqali vakuum chuqurligiga ta'sir qilinishi to'xtatiladi ya'ni asosiy eektor o'z vazifasini bajaradi qo'shimcha ejektor o'chiriladi. Xuddi shunday natija rassiya federatsiyasining Karmanovskaya GRESida ham olingan. Chet el ma'lumotlariga ko'ra, bug' ejektorlari bo'lgan kondensatorlarda qo'shimcha bug'-gaz so'rish nuqtalarini kondansatorning butun uzunligi bo'ylab o'rnatish va har bir so'rish nuqtasida havo tarkibining harorat ko'rsatkichidan foydalanilganda holda vakuumni chuqurlashtirish mumkin. Oraliq qizdirgichlar va deaeratorlardan boshlanadigan havo chiqindilarini kondensatorning bug' bo'shlig'iga emas, balki havo sovutish zonasiga yoki to'g'ridan-to'g'ri ejektor zonasiga yo'naltirish orqali gazlarning ko'payishi yoki ularning zararli ta'siridan qochish mumkin [13].

BTQ vakuum tizimidagi kondensatlanmagan bug' gaz aralashmasini sestemadan chiqarib tashlash uchun texnik xizmat ko'rsatuvchi xodimlar tomonidan minimal mehnat va materiallar bilan turbinalarni rejalashtirilgan ta'mirlash davrida amalga oshirilishi mumkin, va bu juda katta harajatlar talab qilmaydi. (Shu o'rinda shuni ta'kidlash kerakki, xorijda elektr energiyasini olish uchun ishlatilgan asosiy komponent yoqilg'i narxi [4] yuqori bo'lganligi sababli, BTQlarning samaradorligini 1% ga oshirishda ular har kilovatt uchun o'rnatilgan narxni 30% ga oshirishga tayyor., bu esa 5-7 yil ichida to'la o'zini oqlaydi [14]. Bunday yirik loyihalar, masalan, tsilindrlarning oqim yo'lini zamonaviyroqlari bilan almashtirish orqali energiya bloklarini texnik qayta jihozlashga sarflanadi.)

Ko'rib chiqilgan barcha chora-tadbirlarning umumiy xarajatlari kapital ta'mirlash qiymatining bir necha foizidan oshmaydi va bir necha hafta yoki oy ichida qoplanadi. Ularni 25 - 300 MVt quvvatga ega BTQga joriy etish samarasini standart qiymati bo'yicha kondensatorgadi ortiqcha havomiqdori bo'yicha solishtirish mumkin (1 jadval), ya'ni solishtirma yoqilg'i sarfini 0,5 - 2,0 g / (kVt / soat) gacha kamayishiga erishiladi.

XULOSA

Issiqlik elektor stansiyasining kondensator tizimida hosil bo'ladigan ortiqcha bug'-gaz aralashmasini chiqarib tashlashning o'ziga hos oddiy yechimi tavsiflangan, unga ko'ra kondensatorning asosiy ejektorining qarma qarshi tarafga qo'shimcha ejektor o'rnatish tajklif etilgan bu taklifni amalga oshirilishi turbinali qurilmalarning vakuum tizimiga meyordamn ortiq

bug'-gaz aralshmasini so'rib olish orqali qo'shimcha quvvat ishlab chiqarish bilan eng qisqa vaqt ichida sezilarli yoqilg'i tejashni taminlaydi.

Foydalanilagan adabiyotlar

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Барат Е.А., ЛЕНЁВ. С.Н., Радин Ю.А. Акустический метод выявления рписосоввоздуха в вакуумню систему паротурбинных установок ТЭС. . - Электрические станции, 2022, № 9.
3. Yunusov, B. X., & Mamadiyev, B. R. (2025). ISSIQLIK ELEKTR STANSIYASI KONDENSATOR QURILMASI SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI (IES KONDENSATORLARI FAOLIYATINI TAHLIL QILISH). Research Focus, 4(11), 65-68.
4. Yunusov, B. X., & Mamadiyev, B. R. Industrial Power Stations Safety Rules for Condenser Construction Repair Work. JournalNX, 358-363.
5. Эксплуатационный циркуляр № Т-6 /7 1 .0 поддержания необходимой воздушной плотности вакуумных систем турбин К-300-240. М.: СЦНТИ Энергонот БРГРЭС, 1971.
6. Бартлетт Р. Л. Тепловая экономичность и экономика па ровых турбин. М .-Л: Го с энерго издат, 1963.
7. Паровая турбина К-300-240 ХТГЗ / Под ред. Кося ка Ю. Ф. М.: Энергоиздат. 1982.
8. Капеловнч Б. Э. Эксплуатация паротурбинных установок.
9. М.: Энергоатомиздат, 1985.
10. Фукс С. Н. Гидравлическая и воздушная плотность кон денсаторов паровых турбин. М.: Энергия. 1967. 7. Руководящие указания по наладке и эксплуатации водо струйных эжекторов конденсационных установок паро вых турбин. М.: СЦНТИ, 1971.
11. Руководящие указания по наладке и эксплуатации водо струйных эжекторов конденсационных установок паро вых турбин. М.: СЦНТИ, 1971.
12. Берман Л. Д., Зингер Н. М. Воздушные насосы конденса ционных установок паровых турбин. М. - Л.: ГЭИ, 1962.
13. Ефнмочкин Г. И. Способ оценки воздушной плотности вакуумной системы турбоустановки с водоструйными эжекторами. - Электрические станции, 1970, № 8.
14. . Власик В. Ф., Щербинин А. С., Бронников В. К. О влиянии концевых уплотнений ЦНД на плотность вакуумных сис тем турбин ВК-100-6 ЛМЗ. - Энергетик, 1971, № 1.
15. Богданов И. Б., Сутоцкий Г. П., Секретарь В. Э. Вод но-химический режим конденсатора блока 300 МВт. - Энергомашиностроение, 1982, №7.
16. Об усовершенствовании схемы отсоса неконденсирую- щихся газов из конденсатора и сетевых подогревателей турбоустановок Т-100-130 / Василенко Г. В, Сутоц кий Г. П., Великович В. И. и др. - Энергетик, 1993, № 10.
17. Орлик В. Г. Зарубежное турбиностроение. - Академия энергетики, 2007, № 3.