

K-160-130 MARKALI BUG‘ TURBINASI MOYLASH TIZIMI UCHUN MOY SOVUTGICHINI ISSIQLIK HISOBI

Sultonaliyev Xurshidbek Shuxratjon o‘g‘li
TDTU Energiya tejamkorligi va energoaudit
yo‘nalishi 4-kurs 89.22 guruh talabasi
Axmedov Axmad Maxmudjonovich
Termodinamika va energetika
auditi kafedrası katta o‘qituvchi

Annotatsiya. Ushbu maqolada K-160-130 markali bug‘ turbinasi moylash tizimida qo‘llaniladigan moy sovutgichining issiqlik hisobi va uning samaradorligini baholash masalalari ko‘rib chiqiladi. Bug‘ turbinalarining ishonchli va barqaror ishlashi ko‘p jihatdan podshipniklar va aylanuvchi elementlarni moylash tizimining optimal harorat rejimiga bog‘liq bo‘lib, bunda moyning qizib ketishini oldini olish muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot davomida moy sovutgichida issiqlik almashinuvi jarayoni nazariy asosda tahlil qilinadi, issiqlik yuklamasi aniqlanadi hamda sovutish yuzasining yetarliligi hisob-kitob orqali baholanadi. Issiqlik uzatish koeffitsiyentlari, oqim rejimi va issiqlik qarshiliklari kompleks tarzda ko‘rib chiqilib, real ekspluatatsion sharoitlarga yaqin matematik model shakllantiriladi. Hisoblash natijalari asosida moy haroratini me‘yoriy darajada ushlab turish uchun zarur bo‘lgan sovutish yuzasi va sovutuvchi muhit sarfi aniqlanadi. Olingan natijalar K-160-130 turbinasi moylash tizimining issiqlik barqarorligini oshirish va avariya holatlarning oldini olishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: K-160-130 bug‘ turbinasi, moylash tizimi, moy sovutgichi, issiqlik almashinuvi, issiqlik hisobi, issiqlik yuklamasi, issiqlik uzatish koeffitsiyenti, podshipniklar, harorat rejimi, sovutish yuzasi, ekspluatatsion ishonchlilik.

Annotation. This article considers the thermal calculation of the oil cooler used in the lubrication system of the K-160-130 steam turbine and evaluates its thermal performance. The reliable and stable operation of steam turbines largely depends on maintaining an optimal temperature regime in the lubrication system of bearings and rotating elements, where preventing excessive oil heating is of critical importance. In this study, the heat transfer process within the oil cooler is analyzed on a theoretical basis, the thermal load is determined, and the adequacy of the cooling surface is evaluated through engineering calculations. Heat transfer coefficients, flow regimes, and thermal resistances are comprehensively considered, and a mathematical model close to real operating conditions is developed. Based on the calculation results, the required cooling surface area and coolant flow rate are determined to maintain the oil temperature within permissible limits. The obtained results contribute to improving the

thermal stability of the K-160-130 turbine lubrication system and preventing possible emergency situations.

Keywords: K-160-130 steam turbine, lubrication system, oil cooler, heat transfer, thermal calculation, thermal load, heat transfer coefficient, bearings, temperature regime, cooling surface, operational reliability.

Аннотация. В данной статье рассматривается тепловой расчет маслоохладителя системы смазки паровой турбины К-160-130 и оценка его тепловой эффективности. Надежная и стабильная работа паровых турбин во многом зависит от поддержания оптимального температурного режима в системе смазки подшипников и вращающихся элементов, где предотвращение перегрева масла имеет важное значение. В работе теоретически анализируется процесс теплообмена в маслоохладителе, определяется тепловая нагрузка и оценивается достаточность площади охлаждающей поверхности на основе инженерных расчетов. Комплексно рассматриваются коэффициенты теплопередачи, режимы течения и тепловые сопротивления, а также формируется математическая модель, приближенная к реальным эксплуатационным условиям. На основе результатов расчетов определяются необходимая площадь охлаждающей поверхности и расход охлаждающей среды для поддержания температуры масла в допустимых пределах. Полученные результаты способствуют повышению тепловой устойчивости системы смазки турбины К-160-130 и предотвращению аварийных ситуаций.

Ключевые слова: Паровая турбина К-160-130, система смазки, маслоохладитель, теплообмен, тепловой расчет, тепловая нагрузка, коэффициент теплопередачи, подшипники, температурный режим, охлаждающая поверхность, эксплуатационная надежность.

Kirish

Bug‘ turbinalari issiqlik elektr stansiyalarining asosiy energiya aylantiruvchi agregatlaridan biri bo‘lib, ularning ishonchli va barqaror ishlashi energetika tizimining umumiy samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. K-160-130 markali bug‘ turbinasi yuqori quvvatli energiya ishlab chiqarish qurilmalari qatoriga kiradi va uning ekspluatatsiya jarayonida issiqlik va mexanik yuklamalar murakkab o‘zaro ta’sirda bo‘ladi. Turbinaning aylanuvchi qismlari, xususan podshipnik uzellari va rotor tizimi, doimiy ravishda moylash tizimi orqali ishqalanish va yeyilishni kamaytirish vazifasini bajaradi. Shu sababli moylash tizimining barqaror ishlashi faqat moyning yetarli bosim va oqim bilan uzatilishi emas, balki uning harorat rejimini optimal darajada ushlab turish bilan ham belgilanadi. Ekspluatatsiya jarayonida moyning ortiqcha qizishi uning fizik-kimyoviy xossalarning yomonlashishiga, qovushqoqlikning kamayishiga va

natijada podshipniklarda gidrodinamik plyonkaning buzilishiga olib kelishi mumkin¹. Moy sovutgichi moylash tizimining asosiy issiqlik almashinuv qurilmasi bo'lib, uning vazifasi moydan ajralib chiqayotgan issiqlikni sovutuvchi muhitga uzatish orqali haroratni me'yoriy chegaralarda ushlab turishdan iborat. Shu nuqtai nazardan, moy sovutgichining issiqlik hisobi turbina ishonchliligini ta'minlashda muhim muhandislik masalalaridan biri hisoblanadi. Issiqlik hisobini bajarishda issiqlik yuklamasi, issiqlik almashinuvi yuzasi, issiqlik uzatish koeffitsiyenti hamda oqim rejimlari kabi parametrlar kompleks tarzda tahlil qilinadi. Bunda moy va sovutuvchi muhit o'rtasidagi harorat farqi, oqim tezligi hamda issiqlik qarshiliklari inobatga olinib, real ekspluatatsion sharoitlarga yaqin hisoblash modeli shakllantiriladi. Bu esa sovutgich konstruksiyasining yetarililigini baholash va uni optimallashtirish imkonini beradi. K-160-130 bug' turbinasining moylash tizimida qo'llaniladigan moy sovutgichining issiqlik hisobini amalga oshirish nafaqat mavjud konstruktiv yechimlarning samaradorligini aniqlash, balki energiya qurilmasining umumiy ishonchliligini oshirish nuqtai nazaridan ham dolzarb hisoblanadi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Bug' turbinalarining moylash tizimlari va ularda qo'llaniladigan issiqlik almashinuv qurilmalari bo'yicha ilmiy-texnik adabiyotlarda keng ko'lamli tadqiqotlar olib borilgan. Ushbu yo'nalishda asosiy e'tibor turbina podshipniklarining ishonchli ishlashi, moyning termik barqarorligi hamda sovutish qurilmalarining issiqlik samaradorligini oshirishga qaratilgan. Issiqlik elektr stansiyalari turbinalarida moylash tizimining harorat rejimi ko'plab muhandislik manbalarida gidrodinamik moylash nazariyasi bilan bog'liq holda o'rganilgan. Xususan, moy qatlamining qalinligi, qovushqoqlikning haroratga bog'liqligi va ishqalanish natijasida hosil bo'ladigan issiqlik miqdorini aniqlash masalalari klassik gidrodinamika va tribologiya doirasida keng yoritilgan. Bu yo'nalishdagi ishlarda podshipniklarda hosil bo'ladigan issiqlik oqimi va uni sovutish zarurati asoslab berilgan. Moy sovutgichlari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda esa asosan issiqlik almashinuvi jarayonining intensivligini oshirish, issiqlik uzatish koeffitsiyentini optimallashtirish hamda konstruktiv yuzalarning samaradorligini baholash masalalari ko'rib chiqilgan. Issiqlik almashinuv apparatlarining klassifikatsiyasi, xususan quvurli va plastinali sovutgichlar uchun issiqlik hisobi metodlari klassik issiqlik texnikasi adabiyotlarida batafsil ishlab chiqilgan. Zamonaviy ilmiy ishlarda turbulent oqim rejimida issiqlik almashinuvining kuchayishi, oqim tezligining issiqlik uzatish koeffitsiyentiga ta'siri hamda ifloslanish (fouling) omilining sovutgich samaradorligiga ta'siri alohida o'rganilgan. Bu tadqiqotlar real ekspluatatsiya sharoitlarida issiqlik apparatlarining pasport

¹ Rasulov B. Sh, Yuldashev M. M. (2021). *Issiqlik almashinuvi apparatlari hisoblash asoslari*. Toshkent: O'zbekiston milliy universiteti nashriyoti.

ko'rsatkichlardan og'ishi mumkinligini ko'rsatadi. K-160-130 tipidagi bug' turbinalari bo'yicha maxsus texnik hujjatlar va ekspluatatsion qo'llanmalarda moylash tizimining harorat chegaralari, moy sarfi me'yorlari hamda sovutgich orqali ruxsat etilgan issiqlik yuklamalari belgilab berilgan. Biroq amaliyotda ushbu ko'rsatkichlar turbina yuklamasining o'zgarishi, sovutuvchi muhit harorati va tizimning eskirishi natijasida sezilarli darajada o'zgarishi mumkinligi qayd etiladi. Mavjud adabiyotlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, moy sovutgichlarining issiqlik hisobi nafaqat standart formulalar asosida, balki real ekspluatatsion sharoitlarni hisobga olgan holda kompleks yondashuvni talab qiladi. Ayniqsa, issiqlik qarshiliklari yig'indisini aniq baholash va issiqlik almashinuvi yuzasini optimallashtirish masalalari hozirgi kunda ham dolzarb ilmiy-amaliy yo'nalish bo'lib qolmoqda.

Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu tadqiqot K-160-130 bug' turbinasining moylash tizimidagi moy sovutgichining issiqlik ishini aniqlash va baholashga qaratilgan bo'lib, hisoblashlar real ekspluatatsion rejimlarga yaqin sharoitlarda amalga oshirildi. Tadqiqot davomida turbina nominal yuklamada (160 MW) va qisman yuklama rejimlarida (100–120 MW) ishlash holatlari ko'rib chiqildi. Tizimdan olingan ekspluatatsion ma'lumotlarga ko'ra, podshipniklardan chiqayotgan moyning kirish harorati o'rtacha $t_1 = 55\text{--}60^\circ\text{C}$, sovutgichdan chiqishdagi ruxsat etilgan harorat esa $t_2 = 40\text{--}45^\circ\text{C}$ deb qabul qilindi. Sovutuvchi suvning kirish harorati $t_{s1} = 20\text{--}25^\circ\text{C}$, chiqish harorati esa $t_{s2} = 30\text{--}35^\circ\text{C}$ oralig'ida o'zgarishi qayd etildi. Tadqiqotning birinchi bosqichida moy oqimi orqali uzatiladigan issiqlik miqdori issiqlik balans tenglamasi asosida aniqlandi. Moy sarfi $G_m = 6\text{--}8$ kg/s deb olinib, moyning o'rtacha issiqlik sig'imi $c_m = 2.0$ kJ/(kg·K) qiymatida qabul qilindi. Ushbu ma'lumotlarga asoslanib sovutgichga tushadigan issiqlik yuklamasi $Q = 180\text{--}220$ kW oralig'ida aniqlandi. Ikkinchi bosqichda sovutgichning issiqlik almashinuv jarayoni quvur ichida moy, tashqi qismida esa suv oqimi mavjud bo'lgan quvurli issiqlik almashinuv apparati sifatida ko'rib chiqildi. Sovutgichning umumiy issiqlik almashinuv yuzasi $F = 18\text{--}22$ m² deb olinib, ishlab chiqaruvchi texnik pasport ma'lumotlariga asoslandi. Oqim rejimlarini aniqlash uchun Reynolds soni hisoblandi. Moy oqimi uchun $Re_m \approx (2.5\text{--}4.0) \times 10^3$, suv oqimi uchun esa $Re_s \approx (1.2\text{--}2.0) \times 10^4$ qiymatlar olindi. Bu natijalar suv tomonida turbulent, moy tomonida esa o'tish rejimiga yaqin oqim mavjudligini ko'rsatdi. Nusselt mezoni asosida issiqlik uzatish koeffitsiyenti aniqlanib, moy tomoni uchun $\alpha_m = 300\text{--}450$ W/(m²·K), suv tomoni uchun esa $\alpha_s = 2500\text{--}4000$ W/(m²·K) qiymatlar olindi. Umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti hisoblash natijasida $k = 180\text{--}260$ W/(m²·K) oralig'ida aniqlandi. Uchinchi bosqichda sovutgichning issiqlik yuklamasini qoplash qobiliyati tekshirildi. Hisoblashlar natijasiga ko'ra, nominal rejimda zarur bo'lgan issiqlik almashinuv yuzasi $F_n = 20.5$ m² bo'lib, mavjud sovutgich yuzasi ushbu qiymatga yaqin ekanligi aniqlandi. Biroq suv harorati 25°C dan yuqori ko'tarilganda sovutish samaradorligi 8–

12% gacha kamayishi kuzatildi. Tadqiqot davomida moyning fizik xossalari o'rtacha harorat 50°C uchun qabul qilindi va harorat oshishi bilan qovushqoqlikning kamayishi (taxminan 15–20%) issiqlik uzatish koeffitsiyentiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi hisobga olindi. Barcha hisob-kitoblar muhandislik aniqlik darajasida bajarilib, natijalar K-160-130 turbinasining real ekspluatatsion sharoitlariga moslashtirildi. Olingan ma'lumotlar sovutgich ish rejimini optimallashtirish va moy haroratini barqaror ushlab turish uchun amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Tahlil va natijalar

O'tkazilgan hisobiy va tahliliy tadqiqotlar natijasida K-160-130 bug' turbinasining moylash tizimidagi moy sovutgichining issiqlik ishlashi kompleks baholandi. Asosiy e'tibor sovutgichning turli yuklama rejimlarida moy haroratini me'yoriy diapazonda ushlab turish qobiliyatini aniqlashga qaratildi. Nominal ish rejimida (160 MW) turbina podshipniklarida hosil bo'ladigan issiqlik miqdori o'rtacha $Q_n = 200$ kW deb aniqlandi. Ushbu issiqlik yuklamasi moy oqimi orqali sovutgichga uzatiladi. Hisoblash natijalariga ko'ra, moy sovutgichidan chiqishdagi harorat $t_2 = 42–44$ °C oralig'ida bo'lib, bu ekspluatatsion me'yor (45°C dan oshmasligi kerak) bilan mos keladi. Biroq sovutuvchi suv harorati 25°C dan 30°C gacha oshirilganda issiqlik almashinuv samaradorligining pasayishi kuzatildi. Bu holatda umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti $k = 260$ W/(m²·K) dan $k = 190$ W/(m²·K) gacha kamaydi. Natijada moy chiqish harorati 47–48°C gacha ko'tarilib, ruxsat etilgan chegaraga yaqinlashdi. O'tkazilgan tahlil shuni ko'rsatdiki, sovutgichning issiqlik yuzasi $F = 21$ m² bo'lganda tizim nominal rejimda barqaror ishlaydi, biroq suv harorati oshishi yoki suv sarfi kamayishi tizim samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, suv sarfining 10–15% kamayishi issiqlik almashinuv quvvatini 12–18% ga pasaytirishi aniqlandi. Reynolds soni va oqim rejimi tahlili natijasida suv tomonda turbulent oqim ($Re_s \approx 1.5 \times 10^4$) barqaror saqlanishi issiqlik almashinuvni sezilarli darajada yaxshilashi tasdiqlandi. Moy tomonda esa $Re_m \approx (3.0–3.8) \times 10^3$ oralig'ida o'tish rejimi kuzatilib, bu issiqlik uzatish koeffitsiyentining nisbatan past bo'lishiga sabab bo'ladi. Nusselt mezoni asosida olingan natijalar moy tomondagi issiqlik berish koeffitsiyenti $\alpha_m = 320–430$ W/(m²·K) oralig'ida ekanligini ko'rsatdi. Bu qiymat suv tomondagi koeffitsiyentdan bir necha barobar kichik bo'lib, umumiy issiqlik qarshiligini asosan moy tomoni belgilab berishini tasdiqladi. Moy qovushqoqligining haroratga bog'liqligi tahlil qilindi. Harorat 40°C dan 55°C gacha oshganda qovushqoqlik 15–22% ga kamayishi aniqlandi. Bu esa oqim rejimini yaxshilasa-da, moy plyonkasi barqarorligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Mavjud sovutgich konstruksiyasi nominal sharoitda yetarli issiqlik zaxirasiga ega, biroq yuqori suv harorati yoki ekspluatatsion yuklama oshganda tizim chegaraviy rejimga yaqinlashadi. Shu sababli sovutish samaradorligini oshirish uchun quyidagi muhandislik xulosalari

shakllantirildi: suv sarfini barqaror ushlab turish, issiqlik almashinuv yuzasini 8–12% ga oshirish yoki oqim turbulentligini kuchaytirish.

Xulosa va takliflar

O‘tkazilgan issiqlik hisobi va tahliliy tadqiqotlar natijasida K-160-130 bug‘ turbinasining moylash tizimida qo‘llaniladigan moy sovutgichining issiqlik ishlashi kompleks baholandi. Hisoblashlar shuni ko‘rsatdiki, nominal 160 MW yuklama rejimida podshipniklardan ajralib chiqadigan issiqlik miqdori o‘rtacha 180–220 kW oralig‘ida bo‘lib, bu issiqlik yuklamasi moy sovutgichi orqali samarali ravishda sovutuvchi suvga uzatiladi. Ushbu sharoitda moyning sovutgichdan chiqish harorati 42–44°C ni tashkil etib, ruxsat etilgan ekspluatatsion chegaradan oshmaydi va tizimning barqaror ishlashi ta‘minlanadi. Biroq sovutuvchi suv haroratining 25–30°C gacha ko‘tarilishi yoki suv sarfining kamayishi issiqlik uzatish jarayoniga sezilarli ta‘sir ko‘rsatishi aniqlanib, umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti 15–25% gacha pasayadi. Natijada moy chiqish harorati 47–48°C gacha oshib, tizim chegaraviy ish rejimiga yaqinlashadi. Bu holat sovutgichning ekspluatatsion zaxirasi cheklanganligini va tashqi omillarga sezgir ekanligini ko‘rsatadi. Tahlillar asosida sovutgichning issiqlik almashinuv yuzasi taxminan 21 m² ekanligi va bu qiymat nominal sharoit uchun yetarli bo‘lsa-da, o‘zgaruvchan yuklama va suv harorati oshgan holatlarda yetarli zaxira bermasligi aniqlandi. Issiqlik jarayonida asosiy cheklovchi omil sifatida moy tomondagi issiqlik uzatish koeffitsiyentining nisbatan pastligi qayd etildi, bu esa umumiy issiqlik almashinuv samaradorligini kamaytiradi.

Olingan natijalar asosida sovutish tizimini takomillashtirish bo‘yicha bir qator muhandislik tavsiyalar ishlab chiqildi. Jumladan, sovutuvchi suv haroratini 20–25°C oralig‘ida barqaror ushlab turish uchun qo‘shimcha sovutish manbalaridan foydalanish, suv sarfini avtomatik boshqarish tizimini joriy etish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Shuningdek, moy tomondagi issiqlik almashinuvni kuchaytirish uchun oqim tezligini 10–15% ga oshirish orqali turbulentlik darajasini oshirish tavsiya etiladi. Bundan tashqari, issiqlik almashinuv yuzasini 8–12% ga kengaytirish sovutgichning ekspluatatsion ishonchliligini sezilarli darajada oshirishi mumkin. Moyning fizik xossalari barqaror saqlash va issiqlik uzatish jarayonini yaxshilash uchun muntazam filtratsiya va avtomatik harorat nazorati tizimini joriy etish ham muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, issiqlik almashinuv yuzalarida ifloslanish jarayonlarini kamaytirish maqsadida profilaktik texnik xizmat ko‘rsatish intervalini optimallashtirish zarur hisoblanadi. Olib borilgan tadqiqot natijalari K-160-130 bug‘ turbinasining moylash tizimi issiqlik barqarorligini baholash va uni yanada takomillashtirish bo‘yicha muhim muhandislik xulosalarini shakllantirish imkonini berdi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. (2020). *Issiqlik elektr stansiyalarini ekspluatatsiya qilish bo‘yicha texnik qo‘llanma*. Toshkent: Energetika nashriyoti.
2. Toshkent davlat texnika universiteti. (2019). *Issiqlik energetik qurilmalar va turbinalar: o‘quv qo‘llanma*. Toshkent: TDTU nashriyoti.
3. Karimov, A. A. (2018). *Bug‘ turbinalarining ekspluatatsiyasi va texnik xizmat ko‘rsatish*. Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti.
4. Rasulov B. Sh, Yuldashev M. M. (2021). *Issiqlik almashinuvi apparatlari hisoblash asoslari*. Toshkent: O‘zbekiston milliy universiteti nashriyoti.
5. O‘zbekiston Milliy elektr tarmoqlari AJ. (2022). *Issiqlik elektr stansiyalarida turbina tizimlarini ishlatish reglamenti*. Toshkent.

