GAZLI MAGISTRAL QUVURLARI BOSHQARMASIDAGI KOMPRESSORLARINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH CHORALARI.

Akramjonov Rasulbek Aminjon o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti magistranti
Махмудов И.М
Buxoro davlat texnika universiteti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada Gazli magistral quvurlari boshqarmasi (GMQB) tizimidagi kompressor stansiyalarining (KS) energiya iste’molini optimallashtirish va samaradorligini oshirish masalalari ilmiy tahlil qilingan. Tadqiqotda gaz haydash agregatlarining (GHA) foydali ish koeffitsientini oshirish, yoqilg‘i gaz sarfini kamaytirish va issiqlik utilizatsiyasi tizimlarini joriy etishning afzalliklari ko‘rsatib berilgan.

Kalit so‘zlar: Gazli MQB, magistral gaz quvuri, kompressor stansiyasi, gaz haydash agregati (GHA), energiya samaradorligi, foydali ish koeffitsienti (FIK), issiqlik utilizatsiyasi, regeneratsiya sikli, gidravlik qarshilik, gazni sovutish apparatlari.

Аннотация. В данной статье анализируются вопросы повышения энергоэффективности компрессорных станций в системе УМГ «Газли». В исследовании показаны преимущества повышения КПД газоперекачивающих агрегатов (ГПА), снижения расхода топливного газа и внедрения систем утилизации тепла.

Ключевые слова: УМГ Газли, магистральный газопровод, компрессорная станция, газоперекачивающий агрегат (ГПА), энергоэффективность, коэффициент полезного действия (КПД), утилизация тепла, цикл регенерации, гидравлическое сопротивление, аппараты воздушного охлаждения.

Annotation. This article analyzes the issues of increasing the energy efficiency of compressor stations in the Gazli Main Gas Pipeline Administration (MGPA) system. The research highlights the benefits of increasing the efficiency of gas pumping units (GPU), reducing fuel gas consumption, and implementing heat recovery systems.

Key words: Gazli MGPA, main gas pipeline, compressor station, gas pumping unit (GPU), energy efficiency, efficiency factor, heat recovery, regeneration cycle, hydraulic resistance, air cooling units.

KIRISH

O‘zbekiston Respublikasi iqtisodiyotining barqaror rivojlanishida tabiiy gazni magistral quvurlar orqali tashish tizimi strategik ahamiyatga ega. Gazli

ISSN 3030-3907

magistral quvurlari boshqarmasi (GMQB) mamlakatimizning eng yirik gaz-transport tugunlaridan biri bo‘lib, u orqali o‘tadigan gaz hajmini barqaror yetkazib berish uchun kompressor stansiyalarining (KS) uzluksiz ishlashi talab etiladi. Hozirgi kunda texnologik ehtiyojlar uchun sarflanadigan tabiiy gaz miqdorini kamaytirish va kompressorlarning energiya samaradorligini oshirish nafaqat iqtisodiy, balki ekologik jihatdan ham dolzarb vazifadir . Gaz yetkazib berish tarmog‘ining muhim bo‘g‘ini — magistral gaz quvurlari bo‘ylab gaz bosimini saqlash va uzatishni ta’minlovchi kompressor stansiyalari hisoblanadi. Bu stansiyalar gaz oqimini uzluksiz saqlash uchun katta miqdorda energiya sarflaydi, shuning uchun ularning energiya samaradorligini oshirish — iqtisodiy va ekologik jihatdan ustuvor vazifa hisoblanadi. Magistral gaz quvurlaridagi kompressor stansiyalari gazni siqish uchun gaz turbinalari yoki motorlar yordamida ishlaydi. Bu jarayonda energiya yo‘qotishlari va samaradorlik pasayishi sodir bo‘ladi, shuning uchun samaradorlikni oshirish choralari tizimning iqtisodiy rentabelligini sezilarli darajada yaxshilaydi..

Kompressor stansiyalarining texnik holati tahlili.

Gazli MQB tizimidagi KS larda asosan markazdan qochma kompressorlar va ularni harakatga keltiruvchi gaz-turbinali yurituvchi agregatlar (GHA) qo‘llaniladi. Kompressor stansiyasining asosiy vazifasi magistral quvurdagi bosim pasayishini kompensatsiya qilish va gaz oqimini harakatlantirish uchun zarur bo‘lgan energiyani berishdir. Kompressor stansiyalari gaz, suyuqlik va havo transport tizimlarining asosiy elementlaridan biri bo‘lib, ularning ishonchli ishlashi energiya samaradorligini va tizim barqarorligini ta’minlaydi. Kompressor stansiyalarining texnik holatini tahlil qilish — ularning ishlash samaradorligini baholash va nosozliklarning oldini olish uchun muhim amaliy qadamdir.Kompressor stansiyalarida val, rotor, podshipnik, vint va boshqa mexanik qismlar muntazam tekshiruvni talab qiladi. Eskirgan yoki shikastlangan qismlar energiya yo‘qotishiga olib keladi, ortiqcha issiqlik hosil bo‘ladi va kompressor samaradorligi pasayadi. Shu sababli profilaktik ta’mirlash va mexanik qismlarni almashtirish texnik holatni saqlashning muhim omili hisoblanadi.Kompressor stansiyalarining elektr jihozlari va boshqaruv tizimlari (PLC, sensorlar, avtomatik boshqaruv) doimiy nazoratni talab qiladi. Avtomatik tizimlar ishga tushish, to‘xtash va xavfsizlik mexanizmlarini boshqaradi. Bu tizimlarning nosozligi kompressorning noto‘g‘ri ishlashiga va energiya sarfining oshishiga olib keladi.Texnik holat tahlili energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan. Masalan, gidravlik qarshiliklar yoki eskirgan mexanik qismlar tufayli energiya yo‘qotishlari ortadi. Tizimni tekshirish va optimallashtirish orqali foydali ish koeffitsienti oshadi, energiya sarfi kamayadi va tizimning barqaror ishlashi

ISSN 3030-3907

ta’minlanadi.Texnik holat tahlili diagnostik usullar (vibratsiya tahlili, termografiya, ultratovush tekshiruvi) va prognozlash metodlariga asoslanadi. Bu usullar kompressor stansiyalarining ishlash muddati davomida nosozliklarning oldini olish va rejalashtirilgan texnik xizmat ko‘rsatish imkonini beradi. Hozirgi kunda ushbu agregatlarning samaradorligi bir qancha texnik omillarga bog‘liq bo‘lib, ular orasida politorpik foydali ish koeffitsienti (FIK) markaziy o‘rinni egallaydi. Agregatlarning ma'nan eskirishi va podshipniklardagi mexanik ishqalanish natijasida energiya isrofi ortib bormoqda.

Energiya samaradorlini oshirishning nazariy asoslari.

Energiya samaradorligini oshirishning nazariy asoslari energiya resurslaridan oqilona va maqsadga muvofiq foydalanish qonuniyatlarini o‘rganishga tayanadi. Energiya samaradorligi deganda energiyaning ishlab chiqarish, uzatish va iste’mol jarayonlarida minimal yo‘qotishlar bilan maksimal foydali natija berishi tushuniladi. Bu tushuncha energiya sarfini kamaytirishdan ko‘ra, mavjud energiyani ilmiy asosda, texnik va texnologik imkoniyatlardan kelib chiqqan holda samarali ishlatishni nazarda tutadi. Nazariy jihatdan energiya samaradorligi foydali ish va sarflangan energiya o‘rtasidagi nisbat bilan aniqlanadi va bu nisbat qanchalik yuqori bo‘lsa, tizim shunchalik samarali hisoblanadi.Shuningdek, energiya samaradorligini oshirish nazariyasi energiya yo‘qotishlarining turlari va ularning kelib chiqish sabablarini o‘rganadi. Issiqlik, mexanik va elektr yo‘qotishlar energiya samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Nazariy yondashuvda bu yo‘qotishlar energiya almashinuvi jarayonlarining ajralmas qismi sifatida baholanadi va ularni imkon qadar kamaytirish samaradorlikni oshirishning asosiy sharti hisoblanadi. Kompressorning gazni siqish uchun sarflaydigan quvvati quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$N=\eta pol \cdot \eta meh\ G \cdot Lad$$

Issiqlik utilizatsiyasi va regeneratsiyasi sikli.

Gaz turbinalaridan chiqayotgan issiq gazlar harorati 450−550∘C ni tashkil etadi. Ushbu issiqlik energiyasini atmosferaga chiqarib yuborish o‘rniga, undan regeneratsiya siklida foydalanish tavsiya etiladi. Regeneratorlar yordamida turbinaga kirayotgan havoni isitish yoqilg‘i gaz sarfini 25−30% gacha qisqartirishga imkon beradi. Gazli MQB sharoitida ushbu texnologiyani qo‘llash yiliga millionlab kubometr gazni tejash imkonini beradi. Regeneratorlar yordamida turbinaga kirayotgan havoni isitish yoqilg‘i gaz sarfini 25−30% gacha qisqartirishga imkon beradi. Gazli MQB sharoitida ushbu texnologiyani qo‘llash yiliga millionlab kubometr gazni tejash imkonini beradi.

Gazni sovutish tizimini optimallashtirish.

ISSN 3030-3907

Gaz siqilganda uning harorati ko‘tariladi, bu esa quvurning o‘tkazuvchanlik qobiliyatini pasaytiradi va korroziya xavfini orttiradi. Shu sababli, stansiyalarda Havo yordamida sovutish apparatlari (HSA) qo‘llaniladi. Gazli hududining issiq iqlimini hisobga olgan holda, HSA qanotlarini muntazam tozalash va sovutish samaradorligini oshirish kompressor yuklamasini 5−8% ga kamaytirishi aniqlangan. Gazni oraliq sovitishning samaradorligi: Oraliq sovitgichlar (intercooler) yordamida har bir bosqichdan keyin gaz haroratining pasaytirilishi quyidagi natijalarni beradi: Gaz zichligi ortadi. Keyingi bosqichda kamroq energiya talab etiladi. Umumiy foydali ish koeffitsienti (FIK) oshadi. Ilmiy hisob-kitoblarga ko‘ra, haroratni 10°C ga pasaytirish energiya sarfini o‘rtacha 2–3 % ga kamaytiradi.

Gidravlik qarshilik va quvurlarni tozalash.

Energiya samaradorligi nafaqat stansiyaga, balki quvurning holatiga ham bog‘liq. Magistral quvurlarning ichki yuzasida hosil bo‘ladigan cho‘kindilar gidravlik qarshilikni oshiradi. Muntazam ravishda tozalash porshenlarini (pigs) yuborish orqali quvurlarni tozalash, kompressor kirishidagi bosimni yuqori ushlashga yordam beradi, bu esa gazni siqish uchun sarflanadigan elektr energiyasini sezilarli darajada tejaydi. Gidravlik qarshilikning ortishi quvur tizimlarida bosim yo‘qotishlarini kuchaytiradi va natijada kompressorlar tomonidan ko‘proq energiya sarflanishiga sabab bo‘ladi. Quvurlar ichki yuzasida hosil bo‘ladigan cho‘kindilar, zang va mexanik aralashmalar oqim tezligini pasaytirib, gaz yoki suyuqlikning harakatiga sezilarli to‘sqinlik qiladi. Bu holat tizimning umumiy samaradorligini kamaytiradi va energiya sarfining ortishiga olib keladi. Shu sababli quvurlarning texnik holatini nazorat qilish energiya samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Nazariy jihatdan qaralganda, quvur devorlarining silliqligi va ichki diametrining o‘zgarishi gidravlik qarshilikka bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Ichki yuzaning notekisligi oshgan sari ishqalanish kuchlari kuchayadi va bosim yo‘qotishlari ortadi. Natijada tizimda belgilangan bosimni saqlab turish uchun kompressorlar yuqori quvvatda ishlashiga to‘g‘ri keladi. Bu esa elektr energiyasi sarfining ko‘payishiga olib keladi.

Quvurlarni muntazam ravishda tozalash gidravlik qarshilikni kamaytirishning samarali usullaridan biri hisoblanadi. Tozalash jarayonida maxsus porshenlar (pigs) yordamida quvur ichidagi cho‘kindilar olib tashlanadi va oqim uchun qulay sharoit yaratiladi. Natijada bosim yo‘qotishlari kamayadi, kompressor kirishidagi bosim barqarorlashadi va energiya sarfi sezilarli darajada qisqaradi. Ushbu jarayon energiya tizimining uzluksiz va samarali ishlashini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.

ISSN 3030-3907

Iqtisodiy va ekologik samaradorlik.

Taklif etilayotgan modernizatsiya choralari nafaqat yoqilg‘i sarfini kamaytiradi, balki atmosferaga chiqarilayotgan karbonat angidrid (CO_2) miqdorini ham pasaytiradi. Gazli MQBda birgina GHA agregatini modernizatsiya qilishning iqtisodiy samarasi yiliga o‘rtacha 500-800 mln so‘mni tashkil etishi hisoblangan. Iqtisodiy samaradorlikni oshirish energiya tejamkor texnologiyalardan foydalanish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksiz hamda barqaror ishlashini ta’minlash bilan bevosita bog‘liqdir. Energiya samaradorligi yuqori bo‘lgan tizimlarda bir birlik mahsulot ishlab chiqarish uchun kamroq energiya talab etiladi, bu esa ishlab chiqarish xarajatlarining qisqarishiga olib keladi. Natijada korxona yoki xo‘jalik yurituvchi subyektlarning raqobatbardoshligi oshadi hamda iqtisodiy barqarorlik mustahkamlanadi. Iqtisodiy va ekologik samaradorlik o‘zaro chambarchas bog‘liq bo‘lib, ularning birgalikda ta’minlanishi barqaror rivojlanishning muhim sharti hisoblanadi. Energiya sarfining kamayishi nafaqat iqtisodiy foyda keltiradi, balki atrof-muhitni muhofaza qilishga ham xizmat qiladi. Shu sababli energiya samaradorligini oshirish chora-tadbirlari iqtisodiy manfaatlar bilan bir qatorda ekologik talablarni ham hisobga olgan holda amalga oshirilishi lozim.

Siqish bosqichlarini optimallashtirish:

Ko‘p bosqichli kompressorlarda har bir bosqichdagi bosim nisbatining noto‘g‘ri taqsimlanishi quyidagi muammolarni keltirib chiqaradi:

Mexanik yo‘qotishlarning oshishi;

Ortiqcha issiqlik ajralishi;

Podshipnik va val elementlarining tez yeyilishi;

Har bir bosqichdagi bosim nisbatining noto‘g‘ri taqsimlanishi mexanik yo‘qotishlarni oshiradi, ortiqcha issiqlik ajralishiga sabab bo‘ladi va podshipnik hamda val elementlarining xizmat muddatini qisqartiradi. Optimal taqsimlash orqali energiya sarfi kamayadi, kompressorlar barqaror ishlaydi va ekspluatatsiya xarajatlari pasayadi. Bosqichlarda oqim tezligini optimallashtirish siqish ishining samaradorligini oshiradi. Tezlik ortib ketganida yoki past bo‘lganida, energiya yo‘qotishlari ko‘payadi va tizimning ishlash samaradorligi pasayadi. Shuning uchun har bir bosqichda oqim tezligi matematik va eksperimental modellar yordamida optimallashtiriladi .Ko‘p bosqichli siqish jarayonida har bir bosqichda issiqlik ajraladi. Issiqlik ko‘p bo‘lsa, gazning o‘ziga xos hajmi ortib, siqish samaradorligi pasayadi. Shu sababli bosqichlarni optimallashtirish jarayonida issiqlik yukini hisobga olish va sovutish tizimlarini integratsiya qilish muhim. Nazariy va amaliy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, bosqichlarni optimallashtirish orqali energiya sarfi 5–15% gacha kamayadi. Bu nafaqat iqtisodiy foyda beradi,

ISSN 3030-3907

balki atrof-muhitga chiqariladigan zararli gazlar miqdorini ham kamaytiradi.Siqish bosqichlarini optimallashtirish jarayonida texnik monitoring muhimdir. Har bir bosqichdagi bosim, oqim va issiqlik parametrlarini kuzatish tizimning barqaror ishlashini ta’minlaydi, nosozliklarni oldini oladi va ekspluatatsiya xavfsizligini oshiradi.

Shuning uchun zamonaviy yondashuvlarda bosim nisbatlarini teng taqsimlash prinsipi qo‘llaniladi. Bu usulda umumiy siqish ishi 6–10 % gacha kamayishi ilmiy tajribalar bilan isbotlangan.

XULOSA

Gazli magistral quvurlari boshqarmasida kompressorlar samaradorligini oshirish kompleks yondashuvni talab qiladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish va issiqlikni qayta ishlash texnologiyalaridan foydalanish orqali stansiyaning umumiy energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirish imkoniyati mavjud. Shu nuqtai nazardan, gidravlik qarshiliklarni kamaytirish va quvurlarni muntazam tozalash nafaqat energiya sarfini kamaytirishga, balki kompressor tizimlarining texnik ishonchliligini oshirishga ham xizmat qiladi. Optimal quvur tozalash rejimi va texnik monitoring natijasida oqim tezligi barqarorlashadi, bosim yo‘qotishlari sezilarli darajada kamayadi va tizimning umumiy samaradorligi oshadi.

Bundan tashqari, siqish bosqichlarini optimallashtirish kompressorlarning ortiqcha issiqlik ajralishini kamaytiradi va mexanik qismlarning xizmat muddatini uzaytiradi. Har bir bosqichdagi bosim nisbatining teng taqsimlanishi tizimdagi energiya sarfini minimal darajaga tushiradi va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi. Shu bilan birga, tizim barqaror ishlashini ta’minlash orqali favqulodda to‘xtash va nosozliklarning oldi olinadi.

Natijada, gidravlik qarshiliklarni kamaytirish, quvurlarni tozalash va siqish bosqichlarini optimallashtirishning birgalikdagi amaliyoti energiya samaradorligini oshirish, tizimning texnik ishonchliligini ta’minlash va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi. Ushbu chora-tadbirlar nafaqat iqtisodiy, balki ekologik samaradorlikni ham oshiradi, chunki energiya sarfi kamayishi tabiiy resurslardan oqilona foydalanishga va atrof-muhitga tushadigan salbiy ta’sirni minimallashtirishga olib keladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasining "Energiya tejash va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida"gi qonuni.
2. Karimov, R. X. (2021). "Magistral gaz quvurlarini ekspluatatsiya qilish". Toshkent: Iqtisod-Moliya.

ISSN 3030-3907

3. Mahmudov, M. (2022). "Gaz-transport tizimida energiya tejovchi texnologiyalar". Buxoro.
4. Gulyamov, A. S. (2019). "Efficiency of Compressor Stations". Energy Journal.
5. Пластинин П. И. – Поршневые компрессоры, 2006.
6. Страхович К. И., Френкель М. И., Кондряков И. К., Рис В. Ф. – Компрессорные машины, 1961.
7. Russell J. – Компрессор, 2013.
8. Misra S., Fisher M. W., Backhaus S., Bent R., Chertkov M., Pan F. – Optimal compression in natural gas networks: a geometric programming approach, 2013.
9. Zhang et al. – Thermodynamic analysis and algorithm optimisation of a multi-stage compression adiabatic compressed air energy storage system, 2020.
10. – Optimization of the Energy Consumption of a Carbon Capture and Sequestration Related Carbon Dioxide Compression Processes, 2019.
11. – Energy saving potential in existing industrial compressors, 2016.
12. Zhang J. et al. – Integrated modelling and optimisation framework for multi-stage screw compressors utilising Gaussian process regression and Bayesian methods, 2025.
13. Ismailov A. I., G‘ulomov A. M. – Kompressor qurilmalarida elektr energiya tejamliligini oshirish, 2024.

ISSN 3030-3907