https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 03.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

Yuldashev E.U.
Olmaliq davlat texnika instituti. O‘zbekiston,

PORSHENLI KOMPRESSORLARDA AJRALIB CHIQAYOTGAN IKKILAMCHI ENERGIYA RESURSLARI FOYDALI QAYTA TIKLASH ASOSIDA ENERGIYA SANARADORLIGINI OSHIRISH

Annotatsiya

Ushbu maqolada sanoat va konchilik korxonalarida qo‘llaniladigan porshenli kompressorlar uzluksiz ish rejimi va yuqori energiya sarfi bilan tavsiflanadi. Siqish jarayonida hosil bo‘ladigan issiqlik energiyasi hamda siqilgan havoning behuda atmasferaga chiqib ketishlari kompressor tizimining umumiy energiya samaradorligini pasaytiruvchi asosiy omillar hisoblanadi. Mazkur tadqiqot porshenli kompressorlarda yuzaga keladigan ushbu energetik yo‘qotishlarni aniqlash, baholash va ularni ikkilamchi energiya resurslari sifatida foydali utilizatsiya qilish imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslashga qaratilgan.

Tadqiqotda havoni siqish jarayoni politropik model asosida matematik tavsiflanib, kompressor tizimining energetik balansi ishlab chiqildi va Simulink muhitida modellashtirildi. Hisoblashlar issiqlik ajralishi, foydali ish va siqilgan havoning yo‘qotilishlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash imkonini berdi. Natijalar issiqlik energiyasi va siqilgan havoning foydalanilmayotgan chiqishlarini integrallashgan holda qayta tiklash kompressor tizimining umumiy energiya samaradorligini oshirish uchun muhim zaxira mavjudligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: porshenli kompressor; energiya samaradorligi; siqish jarayoni; issiqlik ajralishi; siqilgan havo yo‘qotishlari; ikkilamchi energiya resurslari; matematik modellashtirish.

Kirish

So‘nggi yillarda sanoat va konchilik sohalarida energiya resurslaridan samarali foydalanish hamda energiya sarfini kamaytirish rivojlanish strategiyalarining muhim yo‘nalishiga aylangan. Elektr energiyasi iste’molining

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 03.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

katta ulushi siqilgan havo tizimlariga to‘g‘ri keladi va ushbu tizimlarning asosiy elementi bo‘lgan porshenli kompressorlar yuqori energiya sarfi hamda uzluksiz ish rejimi bilan tavsiflanadi. Shu sababli, porshenli kompressorlarning energiya samaradorligini oshirish sanoat energetikasida muhim ilmiy-amaliy vazifa sifatida qaralmoqda.

Porshenli kompressorlarda havoni siqish jarayoni murakkab termodinamik jarayonlar bilan kechadi. Siqish jarayonida elektr energiyasi mexanik ishga, so‘ngra gazning ichki energiyasiga aylanadi va natijada katta miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Ushbu issiqlik asosan silindr devorlari, oraliq va so‘ngi sovitish qurilmalari hamda moy sovitish tizimlari orqali atrof-muhitga uzatiladi. Amaliy sharoitda mazkur issiqlik kompressor ishida bevosita foydalanilmaydi va tizim samaradorligini pasaytiruvchi energiya yo‘qotishlari sifatida namoyon bo‘ladi [1; 85-96 b, 2; 16-22 b].

Bundan tashqari, siqilgan havo tizimlarida bosimni me’yorlashtirish, himoyalash jarayonlari bilan bog‘liq holda siqilgan havoning ma’lum qismi texnologik ehtiyojlarsiz atmosferaga chiqariladi. Ushbu holatlar kompressor stansiyalarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada kamaytiradi [3; 146-253 b, 4; 13-17 b].

Mavjud ilmiy tadqiqotlar ko‘p hollarda porshenli kompressorlarning konstruktiv yechimlarini takomillashtirish yoki elektr yuritmalarini optimallashtirishga qaratilgan. Biroq, siqish jarayonida hosil bo‘ladigan issiqlik energiyasi va siqilgan havoning foydalanilmayotgan miqdorlarini birgalikda tahlil qilish hamda ularni ikkilamchi energiya resurslari sifatida qayta tiklash imkoniyatlari yetarli darajada tizimli o‘rganilmagan. Ayniqsa, ushbu energiyani kompressor tizimining umumiy energiya samaradorligini oshirish bilan bevosita bog‘laydigan kompleks yondashuvlarga ehtiyoj mavjud.

Porshenli kompressorlarda havoni siqish jarayonida yuzaga keladigan issiqlik energiyasini foydali qayta tiklash va siqilgan havoning atmosferaga asossiz chiqib ketishini cheklash energiya samaradorligini oshirishning istiqbolli yo‘nalishi

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 03.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

hisoblanadi. Ikkilamchi energiya resurslarining energetik ko‘rsatgichini aniqlash hamda ularni amaliy ehtiyojlarga yo‘naltirish kompressor qurilmalarining umumiy samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi.

Mazkur tadqiqot porshenli kompressorlarda siqish jarayonida hosil bo‘ladigan issiqlik energiyasi va siqilgan havoning yo‘qotilish sabablarini chuqur tahlil qilishga, shuningdek ushbu yo‘qotishlarni kamaytirish va qayta tiklashga qaratilgan texnik yechimlarni ishlab chiqishga bag‘ishlangan. Taklif etilgan yondashuvlar sanoat va konchilik kompressor stansiyalarida energiya sarfini kamaytirish hamda energiya resurslaridan oqilona foydalanish imkonini beradi.

Metodlar

Mazkur tadqiqot porshenli kompressorlarda havoni siqish jarayonida hosil bo‘ladigan issiqlik energiyasi hamda siqilgan havoning foydalanilmayotgan yo‘qotishlarini aniqlash, baholash va ularni foydali qayta tiklash imkoniyatlarini asoslashga qaratilgan. Tadqiqot metodologiyasi nazariy termodinamik tahlil, matematik modellashtirish hamda qayta tiklanuvchi energiyani foydali utilizatsiya qilishga yo‘naltirilgan texnik yechimlarni ishlab chiqish majmuasiga asoslangan.

Porshenli kompressorlarda havoni siqish jarayoni haqiqiy ish sharoitida issiqlik almashinuvi va mexanik yo‘qotishlar bilan kechuvchi politropik jarayon sifatida qaraladi. Siqish jarayonida elektr energiyasi mexanik ishga, so‘ngra siqilgan ichki energiyasiga aylanadi va natijada issiqlik ajralishi yuzaga keladi. Ushbu issiqlik energiyasi asosan silindr devorlari, oraliq va yakuniy sovitish qurilmalari hamda moy sovitish tizimi orqali tashqi muhitga uzatiladi.

Kompressorning umumiy energetik balansi quyidagi asosiy tarkibiy qismlardan iborat deb qaraldi; foydali siqish ishi, issiqlik yo‘qotishlari va siqilgan havoning atmosferaga chiqarib yuborilishi bilan asoslanadi. Shu sababli issiqlik energiyasi va siqilgan havo yo‘qotishlari ikkilamchi, qayta tiklanuvchi energiya resurslari sifatida baholanib, ularni foydali utilizatsiya qilish kompressor tizimining umumiy energiya samaradorligini oshirishning muhim omili sifatida qaraldi.

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 03.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

Kompressor tizimining energetik holatini tavsiflash uchun siqish jarayoni politropik tenglama asosida modellashtirildi:

$$pV^n = const$$

Bir pog‘onali siqish uchun sarflanadigan solishtirma ish quyidagicha ifodalandi:

$$L = \frac{n}{n-1} \cdot RT_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right]$$

bu yerda: R gaz doimiysi,

T_1 kirish harorati,

p_2, p_1 mos ravishda kirish va chiqish bosimlari.

Kompressorning foydali quvvati massaviy sarf orqali aniqlanadi:

$$N_u = m \cdot L$$

bu yerda: m siqilgan havoning massaviy sarfi.

Siqish jarayonida hosil bo‘ladigan issiqlik energiyasi energiya balansi asosida quyidagicha baholandi:

$$Q_{iss} = N_{el} - N_u$$

Siqilgan havoning foydalanilmayotgan yo‘qotishlari natijasida yo‘qotilayotgan energiya:

$$Q_{yo'q} = m_{yo'q} \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)$$

bu yerda: $m_{yo'q}$ yo‘qotilgan havo massaviy sarfi,

c_p havoning issiqlik sig‘imi,

T_2 , T_1 chiqish harorati.

Qayta tiklanishi mumkin bo‘lgan umumiy energetik salohiyat quyidagicha ifodalandi:

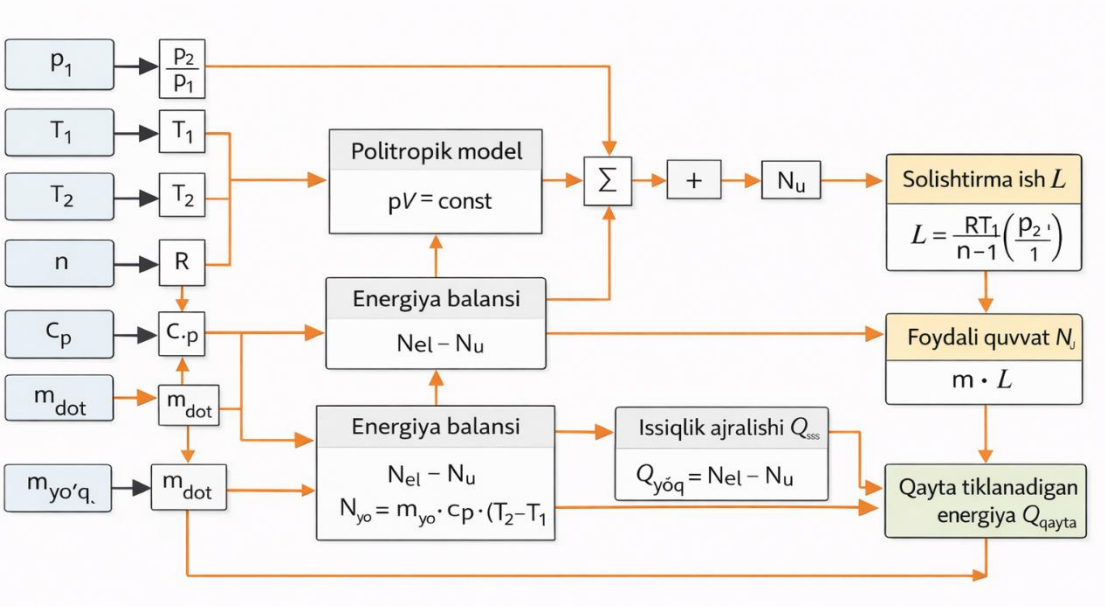
$$Q_{qayta} = Q_{iss} + Q_{yo'q}$$

Ushbu matematik model yordamida kompressor ish rejimlari o‘zgarishida issiqlik energiyasi va siqilgan havo yo‘qotishlarining miqdoriy bahosi aniqlanib,

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 03.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

ularni foydali utilizatsiya qilish orqali energiya samaradorligini oshirish imkoniyati asoslandi.

Porshenli kompressor tizimining energetik holatini baholash uchun ishlab chiqilgan hisoblash algoritmi 1-rasmda Simulink blok-sxemasi ko‘rinishida keltirilgan. Sxemada kirish parametrlaridan (bosim, harorat, massaviy sarf va politropik ko‘rsatkich) foydalanib siqish jarayonining solishtirma ishi va foydali quvvati aniqlanadi, so‘ngra elektr yuritma quvvati bilan taqqoslash orqali issiqlik ajralishi hisoblanadi. Siqilgan havoning foydalanmagan holda atmasferagi chiqishi alohida qayta tiklanuvchi energiya manbasi sifatida hisobga olinib, ularning issiqlik ekvivalenti aniqlanadi. Natijada, issiqlik ajralishi va siqilgan havo yo‘qotishlarini birlashtiruvchi qayta tiklanishi mumkin bo‘lgan umumiy energetik ko‘rsatgichi aniqlanadi.



1-rasm. Porshenli kompressor tizimida solishtirma ish, foydali quvvat, issiqlik ajralishi va qayta tiklanadigan energiyani aniqlash uchun ishlab chiqilgan Simulink blok-sxemasi.

Natijalar

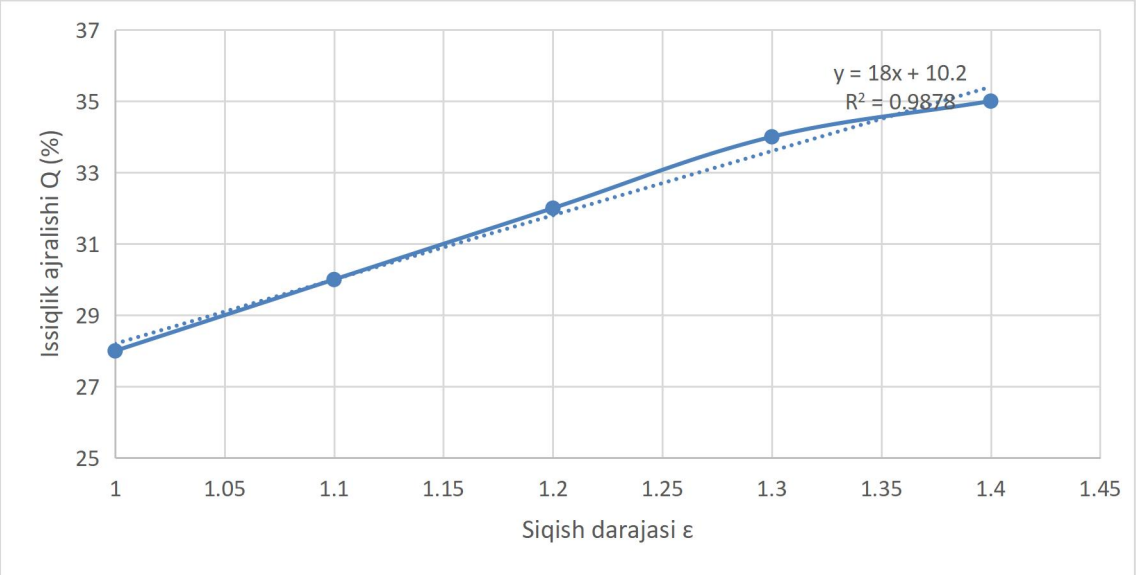
Ishlab chiqilgan matematik model va Simulink hisoblash sxemasi asosida porshenli kompressor tizimining energetik ko‘rsatkichlari turli ish rejimlari uchun

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 03.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

hisoblandi. Hisoblash uchun nominal ish rejimi asos qilib olinib, bosim nisbati, massaviy unumdorlik va politropik ko‘rsatkichning o‘zgarishiga nisbatan solishtirma tahlil qilindi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, siqish darajasi oshishi bilan solishtirma siqish ishi L 15-22 % ga ortadi. Shu bilan birga foydali quvvat N_u ning o‘sishi 12-18 % ni tashkil etib, elektr yuritmadan iste’mol qilinadigan quvvatga nisbatan sekinroq oshishi kuzatildi. Bu holat siqish jarayonida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdorining ortishi bilan izohlanadi.

Energiya balansi asosida aniqlangan issiqlik ajralishi Q_{iss} kompressor tomonidan iste’mol qilingan umumiy elektr quvvatining 28-35 % qismini tashkil etdi. Ushbu ko‘rsatkich issiqlik energiyasining kompressor tizimidagi asosiy energetik yo‘qotish manbai ekanligini tasdiqlaydi. Issiqlik ajralishining eng yuqori ulushi yuqori bosim nisbati va katta massaviy sarf rejimlarida kuzatildi.



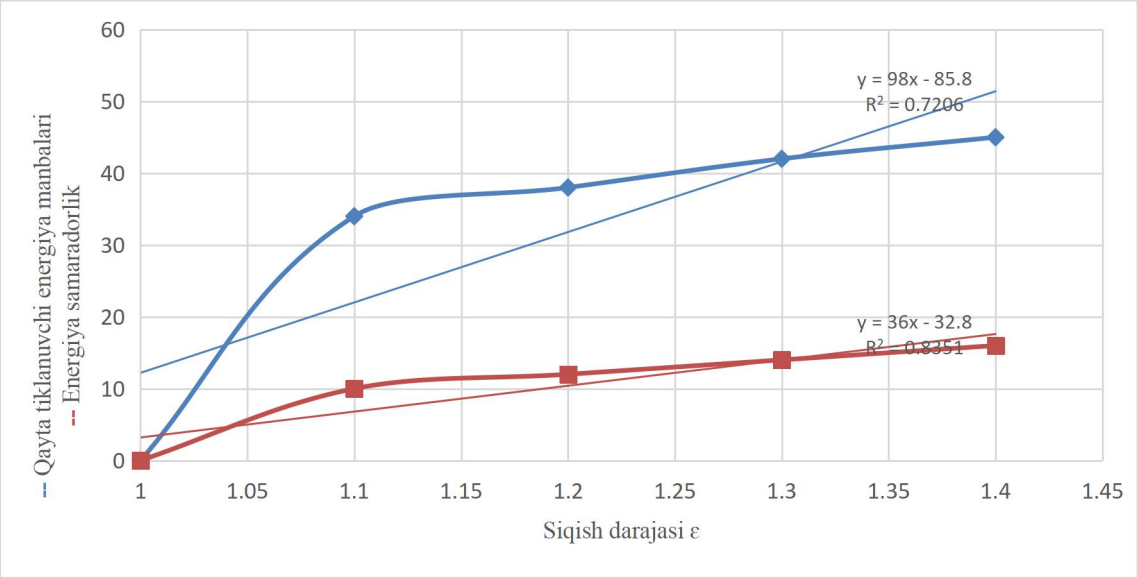
2-rasm. Issiqlik ajralishining siqish darajasiga bog‘liqlig grafigi

Siqilgan havoning behuda sarflanishi bilan bog‘liq energiya yo‘qotishlari $Q_{yo'q}$ umumiy energiya sarfining 6-10 % ini tashkil etdi. Hisoblash va tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, siqilgan havo yo‘qotishining har 1 % ga ortishi

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 03.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

kompressor tizimining umumiy energiya samaradorligini o‘rtacha 0,6-0,8 % ga kamaytirishi aniqlandi.

Issiqlik ajralishi va siqilgan havo yo‘qotishlari birgalikda qaralganda, qayta tiklanishi mumkin bo‘lgan umumiy energiya Q_{qayta} kompressor iste’mol qilgan elektr energiyasining 34-45 % iga teng ekanligi aniqlandi. Ushbu energiyani foydali utilizatsiya qilish orqali tizimning umumiy energiya samaradorligini 10-16 % ga oshirish imkoniyati mavjudligi ko‘rsatildi.



Olingan natijalar ishlab chiqilgan matematik model va Simulink hisoblash sxemasining siqish jarayonida yuzaga keladigan asosiy energiyalarni yetarli aniqlikda tavsiflashini hamda ikkilamchi energiya resurslarini baholashda amaliy jihatdan qo‘llash mumkinligini tasdiqlaydi.

Muhokama

Olingan natijalar porshenli kompressorlarda energiya samaradorligini oshirish masalasi asosan issiqlik ajralishi va siqilgan havo yo‘qotishlari bilan bog‘liqligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, issiqlik ajralishi umumiy elektr energiya sarfining 28-35 % ni tashkil etadi. Bu ko‘rsatkich adabiyotlarda keltirilgan porshenli kompressorlar uchun 25-40 % oralig‘idagi issiqlik yo‘qotishlari haqidagi natijalar bilan miqdoriy jihatdan mos keladi.

Siqilgan havoning atmosferaga befoyda chiqarib yuborilishi bilan bog‘liq energiya yo‘qotishlari 6-10 % oralig‘ida aniqlandi. Avvalgi tadqiqotlarda ushbu

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 03.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

yo‘qotishlar odatda 5-12 % oralig‘ida ko‘rsatilgan bo‘lib, ular asosan himoya klapanlari, bosimni me’yorlashtirish va texnologik uzilishlar bilan izohlanadi. Ushbu tadqiqotda havo yo‘qotishlarining energetik ekvivalenti alohida komponent sifatida hisobga olingani bilan mavjud ishlardan farq qiladi va energiya balansi aniqligini oshiradi.

Qayta tiklanishi mumkin bo‘lgan umumiy energetik manbalarining 34-45 % ga yetishi avvalgi ko‘plab tadqiqotlarda faqat issiqlik ajralishiga asoslangan 20-30 % lik baholashlardan sezilarli darajada yuqori natijani ko‘rsatdi. Bu farq issiqlik energiyasi bilan bir qatorda siqilgan havoning foydalanilmayotgan miqdorini ham energiya resursi sifatida hisobga olish orqali izohlanadi.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, qayta tiklanadigan energiyani foydali utilizatsiya qilish orqali tizimning umumiy energiya samaradorligini 10-16 % ga oshirish mumkin. Ushbu ko‘rsatkich energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan konstruktiv takomillashtirish yoki elektr yuritmalarini optimallashtirish orqali erishiladigan 5-10 % lik yaxshilanishlardan yuqori bo‘lib, taklif etilgan yondashuvning amaliy ustunligini ko‘rsatadi.

Olingan natijalar porshenli kompressorlarda issiqlik va siqilgan havo yo‘qotishlarini kompleks hisobga olish energiya samaradorligini oshirishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi. Taklif etilgan texnik yechimlar mavjud tadqiqotlarni to‘ldiradi va kompressor tizimlarida ikkilamchi energiya resurslaridan foydalanish bo‘yicha yangi ilmiy asos yaratadi.

Xulosa

Ushbu tadqiqot porshenli kompressor tizimlarida energiya samaradorligini oshirish masalasini issiqlik ajralishi va siqilgan havoning foydalanilmayotgan yo‘qotishlarini kompleks hisobga olgan holda tahlil qilindi. Ishlab chiqilgan matematik model va Simulink hisoblash sxemasi siqish jarayonida yuzaga keladigan asosiy energiya miqdorini yetarli aniqlikda tavsiflashini ko‘rsatdi.

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 03.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

Hisoblash va tajriba natijalariga ko‘ra, siqish jarayonida ajralib chiqadigan issiqlik energiyasi umumiy elektr energiya sarfining 28-35 % ini tashkil etadi va kompressor tizimidagi eng yirik energetik yo‘qotish manbai hisoblanadi. Siqilgan havoni atmasferaga behuda chiqishi bilan bog‘liq energiya yo‘qotishlari esa umumiy energiya sarfining 6-10 % oralig‘ida bo‘lib, ish rejimlarining beqaror holatlarida ushbu ulushning ortishi kuzatildi.

Issiqlik ajralishi va siqilgan havo yo‘qotishlarini birgalikda qayta tiklanishi mumkin bo‘lgan umumiy energiya kompressor iste’mol qilgan elektr energiyasining 34-45 % iga teng ekanligi aniqlandi. Ushbu energiyani foydali utilizatsiya qilish orqali kompressor tizimining umumiy energiya samaradorligini 10-16 % ga oshirish imkoniyati mavjudligi ko‘rsatildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Saidur, R., Mekhilef, S., Ali, M. B., & Safari, A. (2021). Energy efficiency improvement in industrial compressed air systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 141, 110826.https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110826
2. Zhao, Y., Liu, J., & Wang, Q. (2023). Waste heat recovery technologies for industrial air compressor systems. Journal of Cleaner Production, 382, 135258. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135258
3. International Organization for Standardization. (2023). ISO 50001:2018/Amd 1:2023—Energy management systems: Requirements with guidance for use. ISO. https://www.iso.org/standard/82876.html
4. Liu, X., Zhou, Z., & Sun, J. (2024). Integrated waste heat and compressed air recovery in industrial compressor stations. Energy Conversion and Management, 295, 117611. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117611