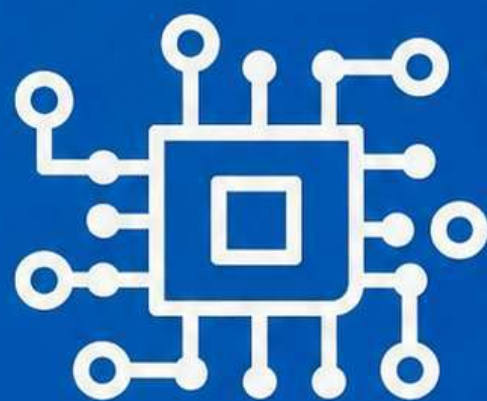




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



**№ 4-maxsus
son (4) 2026**

BOSH MUHARRIR:

ABBAZOV ILHOM ZAPIROVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich — Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax, O'zbekiston;

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent, O'zbekiston;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent, O'zbekiston;

Adizov Bobirjon Zamirovich – Texnika fanlari doktori, professor, Toshkent, O'zbekiston;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich — Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax, O'zbekiston;

Eshonkulov Ravshan Abdurazakovich — Texnika fanlari doktori, dotsent, Qashqadaryo, O'zbekiston;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax, O'zbekiston;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro, O'zbekiston;

Maxmudov Muxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro, O'zbekiston;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax, O'zbekiston;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax, O'zbekiston;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro, O'zbekiston.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika instituti.

TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA**FANLARINING DOLZARB****MASALALARI** elektron jurnali

15.09.2023-yilda 130343-sonli

guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huquqlar himoyalangan.

© Scienceproblems team, 2026-yil

© Mualliflar jamoasi, 2026-yil

MUNDARIJA

<i>Mamirov Uktam, Khudoyberdiyev Asror</i> FUZZY-LOGIC-BASED ASSESSMENT OF THE DURABILITY CRITERION OF A CONTINUOUS CASTING MACHINE	4-12
<i>Shanning Fu, Ya Han, Bekmurotov Dilshod</i> CONTROLLED EVALUATION OF STATE-AWARE AND VERIFIABLE RAG FOR ENGLISH-LANGUAGE TUTORING: RETRIEVAL RELIABILITY, GROUNDING, AND VERIFICATION	13-26
<i>Fayzullayev Xayriddin</i> MUHANDISLIK GRAFIKASI FANINI O'RGANISHDA "TEKISLIKLARNING KESISHISHI" MAVZUSINI O'QITISH USULI	27-32
<i>Muinov Ulug'bek, Usmonov Botir</i> KICHIK QUUVATLI SHAMOL ENERGETIK TIZIMIDA PI-ROSTLAGICH ASOSIDA KUCHLANISHNI BOSHQARISH	33-44
<i>Sayitov Shavkatjon, Sarimsakov Olimjon</i> PAXTA XOMASHYOSINI QURITISHNING KO'P PARAMETRLI AVTOMATLASHTIRILGAN MONITOTING TIZIMINI ISHLAB CHIQISH	45-50
<i>Haitov Bozar</i> BISMUT VOLFRAMAT (Bi_2WO_6 , BiWO_4) NI SINTEZ QILISH USULLARI: ZAMONAVIY YONDASHUVLAR TAHLILI	51-58
<i>Ishnazarov Oybek, Hoshimov Ural</i> KOMPRESSOR USKUNASINI AVTOMATLASHTIRILGAN ISHLASH REJIMIDAGI DINAMIK JARAYONLARNING TAHLILI	59-67
<i>Shavazov Abdulatif, Turaxanov Sherzod, Ilekerova Indira</i> BOSHQARILUVCHI ELEKTR YURITMALAR ISH REJIMLARINI OPTIMALLASHTIRISH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH.....	68-75
<i>Nurlibayeva Zarina</i> TIKUV MASHINASI IGNA IPINI TARANGLAGICHINING QAYISHQOQ ELEMENTLI KONSTRUKTIV PARAMETRLARINI TADBIQ ETISH	76-83
<i>Bazarov Baxtiyor, Odilov Odiljon, Bo'tayev Azizjon</i> SINTETIK GAZ YONILG'ISIDAN FOYDALANIB CHEVROLET COBALT VA CHEVROLET TRACKER YENGIL AVTOMOBILLARINING EKSPLOATATSION KO'RSATKICHLARINI OSHIRISH: MATLAB/SIMULINK ASOSIDAGI MODELLASHTIRISH TADQIQOTI	84-90
<i>Karimxodjayev Nazirjon, Ismatov Biloldin</i> ELEKTROMOBIL BATAREYALARINI ZARYADLASH JARAYONIDA YASHIRIN KRITIK HOLATLARNI AMALIY DIAGNOSTIKA QILISH METODIKASI	91-99
<i>Musurmonov Ulug'bek</i> POLIMER MODIFIKATSIYALANGAN BITUM ASOSIDA ASFALT-BETON QORISHMASINING FIZIK-MEXANIK XUSUSIYATLARINI TADQIQ ETISH.....	100-107

KOMPRESSOR USKUNASINI AVTOMATLASHTIRILGAN ISHLASH REJIMIDAGI DINAMIK JARAYONLARNING TAHLILI

Ishnazarov Oybek Xayrullayevich

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi

Energetika muammolari institute

t.f.d., prof.

Email: oybek.ishnazarov@umai.uz

Tel: +998909688067

ORCID: 0000-0003-3580-9793

Hoshimov Ural Hoshimovich

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi

Energetika muammolari institute

PhD. k.i.x.

Email: Hoshimovural@gmail.com

Tel: +998903172125

ORCID: 0009-0008-6150-5666

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat kompressor uskunalarining ishlash jarayonidagi dinamik jarayonlar, ularning fizik mohiyati, matematik modellashtirish usullari va zamonaviy boshqaruv algoritmlari bo'yicha tahlillar qilingan. Mavjud tadqiqotlarda tizimlarni holatlar fazosiga asoslangan modellar, dinamik dasturlash, adaptiv boshqaruv, ierarxik va real vaqt ma'lumotlariga asoslangan nazorat usullaridan foydalanilayotgani aniqlandi. Tahlillar joriy holatni real vaqt rejimida ko'p mezonli adaptiv boshqaruv tuzilmasini ishlab chiqish istiqbolli ilmiy yo'nalish sifatida asoslanadi.

Kalit so'zlar: kompressor, kompressor stansiyasi, avtomatlashtirish, dinamik jarayon, bosim, havo sarfi, adaptiv boshqaruv, matematik model, real vaqt boshqaruvi, optimal boshqaruv.

ANALYSIS OF DYNAMIC PROCESSES IN THE AUTOMATED OPERATING MODE OF COMPRESSOR EQUIPMENT

Ishnazarov Oybek Xayrullayevich

Institute of Energy Problems, Academy of Sciences of the

Republic of Uzbekistan

DSc., prof.

Khoshimov Ural Khoshimovich

Institute of Energy Problems, Academy of Sciences of the

Republic of Uzbekistan

PhD., Senior Researcher

Annotation. This article analyzes the dynamic processes occurring during the operation of industrial compressor equipment, their physical nature, mathematical modeling methods, and modern control algorithms. It was established that existing studies employ state-space-based models, dynamic programming, adaptive control, hierarchical control methods, and real-time data-driven control approaches. Based on the analysis, the

development of a multi-criteria adaptive control structure based on the current operating state in real time is substantiated as a promising area of scientific research.

Keywords: compressor, compressor station, automation, dynamic process, pressure, air flow rate, mathematical model, real-time control, optimal control.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v4is/4y2026N07>

1. KIRISH

Sanoat korxonalarida siqilgan havo tizimi texnologik jarayonlarning muhim energiya tashuvchilaridan biri hisoblanadi. Kompressor uskunasining ishlash samaradorligi faqat uning nominal foydali ish koeffitsiyenti bilan emas, balki butun kompressor stansiyasining real vaqt rejimidagi boshqarilishi bilan ham belgilanadi. Ayniqsa, iste'molchilarning yuklamasi vaqt bo'yicha o'zgaradigan sharoitda kompressor stansiyasining bosim, sarf va quvvat bo'yicha dinamik holati uzluksiz o'zgarib turadi.

Avtomatlashtirilgan kompressor stansiyasida boshqaruv tizimining asosiy vazifasi iste'molchilarning talabini kerakli bosim va sarf bilan qoplash, shu bilan birga ortiqcha energiya sarfini kamaytirishdan iborat. Bunda boshqaruv tizimi odatda bosim datchigi, sarf o'lchagich, harorat datchigi, elektr energiyasi hisoblagichi, kompressor boshqaruv moduli va markaziy PLC yoki SCADA tizimidan tashkil topadi.

Biroq zamonaviy ishlab chiqarish sharoitida faqat berilgan bosim qiymatini saqlash yetarli emas. Kompressorning ish rejimi:

- iste'mol havo sarfi;
- tarmoq bosimi;
- kompressorning kirish bosimi;
- chiqish bosimi;
- tashqi harorat;
- resiverdagi havo zaxirasi;
- ishlayotgan kompressorlar soni;
- kompressorlarning yuklanish darajasi;
- elektr energiyasi narxi;
- uskunaning texnik holati

kabi o'zgaruvchilar bilan chambarchas bog'liq.

Shuning uchun kompressor uskunasining avtomatlashtirilgan ishlash rejimini statik emas, balki dinamik boshqaruv obyekti sifatida qarash maqsadga muvofiq.

2. Adabiyotlar tahlili

Elektr dvigatellari bilan harakatlantiriladigan tizimlar elektr energiyasining eng yirik iste'mol yo'nalishi hisoblanadi. 2023-yilda ular global elektr energiyasi iste'molining taxminan 53 % ini va sanoat sohasidagi elektr energiyasi iste'molining qariyb 72 % ini tashkil etgan. Ushbu tizimlarda asosiy yuklamalarni nasoslar, ventilyatorlar va kompressorlar tashkil qiladi [1].

Mustaqil tahlillar ushbu tizimlarda iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq bo'lgan energiya tejash salohiyati elektr energiyasiga bo'lgan talabning 20–30 % ini tashkil etishini ko'rsatmoqda. Bunday miqdordagi energiya sarfini kamaytirish global energetik ko'rsatkichlarga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan darajada katta hisoblanadi [2].

Ilmiy tadqiqotlarda siqilgan havo tizimlarining energiya samaradorligida tizim dinamikasi muhim omil ekanligi ko'rsatilgan. Mousavi, Kara va Kornfeld kompressorlarning ruxsat etilgan tezlik va o'zgaruvchan tezlik yuritmalari turlicha dinamik energiya iste'moliga ega ekanligini hamda bir nechta kompressorlarni birgalikda boshqarish murakkab mantiqiy algoritumni talab qilishini ko'rsatgan [3].

Kompressorning umumiy dinamik modeli

Adabiyotlarda kompressor tizimlarini matematik modellashirish bo'yicha tadqiqotlarni bir nechta asosiy yo'nalishga ajratish mumkin.

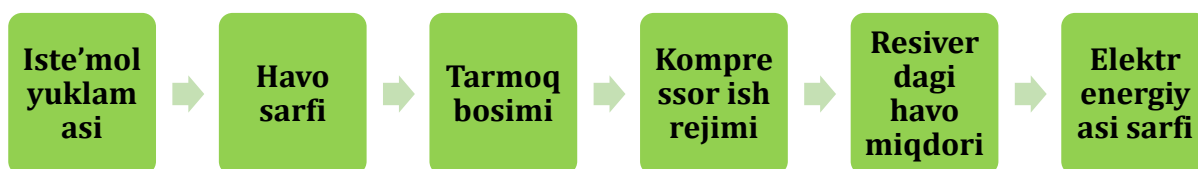
Birinchisi fizik asoslangan modellar bo'lib unga fizik modellar termodinamik, gaz-dinamik va mexanik qonuniyatlarga asoslanadi. Bunday modellar kompressorning bosim, massa sarfi, harorat, aylanish tezligi, quvvat, resiverdagi massa va quvurdagi oqim kabi parametrlarini fizik tenglamalar orqali ifodalaydi.

Greitzer tomonidan ishlab chiqilgan klassik dinamik model kompressor tizimida vaqtinchalik jarayonlar va to'liqsimon kabi beqarorliklarni matematik tahlil qilish uchun muhim asos bo'lib xizmat qilgan. Ushbu modelda kompressorning ish nuqtasi vaqt bo'yicha o'zgarishi va tizimning beqarorlikka yaqinlashishi tahlil qilinadi [4].

Bu yondashuvning asosiy afzalligi — modelning fizik ma'noga ega ekanligidir. Kamchiligi esa real sanoat kompressorining barcha noxiziqli xususiyatlarini aniqlash uchun ko'p parametr va tajribaviy ma'lumot talab etilishidir.

Ikkinchi holatlar fazosiga asoslangan modellar hisoblanib [5] manbada kompressor tizimini holatlar fazosi asosida modellashirib, ruxsat etilgan tezlik va o'zgaruvchan tezlik kompressorlarning dinamik energiya iste'molini tahlil qilgan.

Kompressor stansiyasining dinamik jarayonlarini shartli ravishda quyidagi ketma-ketlikda ifodalash mumkin



1-rasm. Kompressor stansiyasining dinamik jarayonlari ketma-ketligi.

Istemolchilar tomonidan havo sarfining o'zgarishi avvalo tarmoq bosimiga ta'sir qiladi. Agar istemol sarfi kompressor ishlab chiqarayotgan havo sarfidan katta bo'lsa, resiverdagi havo massasi kamayadi va bosim pasayadi. Aksincha, ishlab chiqarish sarfi istemol sarfidan katta bo'lsa, resiver bosimi oshadi.

Kompressorning avtomatlashtirilgan ishlash jarayonida asosiy kirish kattaliklari havo sarfi, kirish bosimi, tashqi harorat va elektr yuritma tezligi bo'lsa, chiqish kattaliklari chiqish bosimi, harorat, sarf va istemol qilinayotgan elektr quvvatidan iborat bo'ladi.

Kompressorning umumiy dinamik modeli quyidagicha yoziladi:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= f[x(t), u(t), d(t)] \\ y(t) &= g[x(t), u(t), d(t)] \end{aligned} \quad (1)$$

bu yerda $x(t)$ — holat vektori; $u(t)$ — boshqaruv vektori; $d(t)$ — tashqi ta'sirlar vektori; $y(t)$ — chiqish kattaliklari.

Kompressor stansiyasi uchun holat vektorini:

$$x(t) = \begin{bmatrix} P_c(t) \\ T_c(t) \\ P_r(t) \\ T_r(t) \\ m_r(t) \\ \omega(t) \\ Q_c(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

ko'rinishida qabul qilish mumkin.

Boshqaruv vektori esa:

$$u(t) = \begin{bmatrix} P_{set}(t) \\ \omega_{set}(t) \\ N_{on/off}(t) \end{bmatrix} \quad (3)$$

ko'rinishida ifodalanadi.

Tashqi ta'sirlar:

$$d(t) = \begin{bmatrix} Q_d(t) \\ T_{amb}(t) \\ P_{atm}(t) \\ Q_l(t) \end{bmatrix} \quad (4)$$

bu yerda Q_d — iste'molchi sarfi; T_{amb} — tashqi harorat; P_{atm} — atmosfera bosimi; Q_l — sizib chiqish sarfi.

Resiverdagi havo massasining dinamikasi optimal boshqaruvda asosiy rolni o'ynaydi. Kompresor stansiyasining dinamik jarayonlarini tavsiflashda resiver asosiy akkumulyator elementlardan biridir.

Resiverdagi havo massasi uchun massa balansi:

$$\frac{dm_r}{dt} = G_c - G_d - G_l \quad (5)$$

bu yerda, G_c — kompressorning massaviy sarfi, G_d — iste'molchilarning sarfi va G_l — sizib chiqish sarfi.

Agar resiver hajmi V_r va harorat T_r o'zgarmas deb qabul qilinsa, ideal gaz tenglamasidan quyidagi holatga kelishi mumkin bo'ladi.

$$P_r V_r = m_r R T_r \text{ va } \frac{dP_r}{dt} = \frac{RT_r}{V_r} (G_c - G_d - G_l) \quad (6) \text{ olinadi.}$$

Ushbu tenglama avtomatik boshqaruv nuqtayi nazaridan juda muhim. Chunki:

$G_c > G_d + G_l$ bo'lganda bosim oshadi,

$G_c < G_d + G_l$ bo'lganda bosim pasayadi,

$G_c = G_d + G_l$ bo'lganda esa ideal holatda:

$$\frac{dP_r}{dt} = 0 \text{ bo'ladi.}$$

Resiverdagi haroratning dinamik modeli

Agar resiverdagi issiqlik almashinuvi ham hisobga olinsa, energiya balansi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{d(m_r c_v T_r)}{dt} = G_c c_p T_c - G_d c_p T_r - Q_{loss} \quad (7)$$

bu yerda, c_p — havoning o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi, c_v — havoning o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi va Q_{loss} — tashqi muhitga berilayotgan issiqlik.

Agar issiqlik almashinuvi:

$$Q_{loss} = UA(T_r - T_{amb}) \quad (8)$$

ko'inishida ifodalansa, resiverning issiqlik dinamikasi:

$$\frac{d(m_r c_v T_r)}{dt} = G_c c_p T_c - G_d c_p T_r - UA(T_r - T_{amb}) \quad (9)$$

ko'inishiga keladi.

Bu model tashqi haroratning kompressor stansiyasi dinamikasiga ta'sirini o'rganish imkonini beradi.

Ushbu tenglama kompressor stansiyasining dinamik mohiyatini tushuntiruvchi asosiy tenglamalardan biridir. Unda kompressor sarfi va iste'mol sarfi orasidagi farq resiver bosimining o'zgarish tezligini belgilaydi.

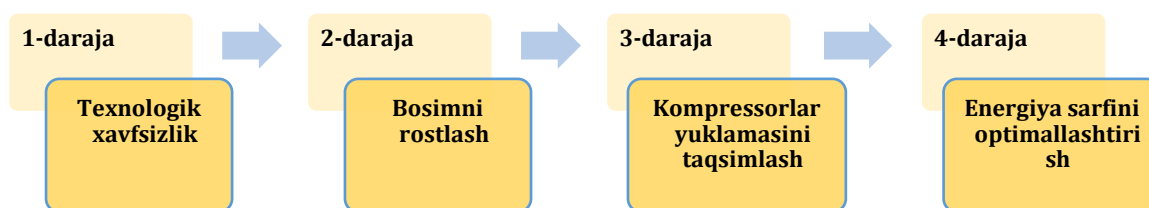
Bu yondashuv avtomatlashtirilgan boshqaruv algoritmini ishlab chiqishda juda qulay, chunki real vaqt rejimida o'lchanadigan parametrlar modelning holat o'zgaruvchilari bilan bevosita bog'lanadi.

Kompressor agregatlarini optimal taqsimlash

Bir nechta kompressor parallel ishlaganda masala yanada murakkablashadi. Bunda boshqaruv tizimi nafaqat bosimni, balki qaysi kompressor ishlashi va yuklamaning ular orasida qanday taqsimlanishini ham aniqlashi kerak.

Osiadacz va Bell kompressor stansiyasini ikki darajali optimallashtirish tuzilmasi orqali boshqarish g'oyasini taklif qilgan. Yuqori daraja energiya sarfini minimallashtirishga, quyi daraja esa kompressorlarning maqbul ekspluatatsion sharoitlarini ta'minlashga yo'naltirilgan [6].

Bu konsepsiya zamonaviy kompressor stansiyalarida quyidagi ierarxik tuzilishga asos bo'lishi mumkin:



2-rasm. Kompressor stansiyasining ierarxik tuzilishi.

Kompressor stansiyasining ishlashini dinamik holatlarni hisobga olib dasturlashning afzalligi vaqt bo'yicha o'zgaruvchi rejimlarni hisobga olish imkoniyatiga ega bo'lish hisoblanadi. Biroq kompressorlar soni va holat o'zgaruvchilari ortishi bilan hisoblash murakkabligi ham oshadi.

Havo sarfining dinamik o'zgarishi yuzaga kelganda holat tahlil qilinganda iste'molchilar yuklamasi vaqt bo'yicha o'zgarishi ko'rib chiqilishi kerak bo'ladi

$$Q_d = Q_d(t) \quad (10)$$

Yuqoridagi ifodaga mutanosib ravishda kompressorning umumiy ishlab chiqarish sarfi ham e'tiborga olinishi kerak bo'ladi. Bu quyidagicha ifodalanadi

$$Q_c(t) = \sum_{i=1}^N u_i(t) Q_i(t) \quad (11)$$

bu yerda $u_i \in \{0, 1\}$ — i-kompressorning ish holati.

Agar kompressor VSD bilan boshqarilsa:

$$Q_i(t) = f_i(P_i, \omega_i, T_i) \quad (12)$$

ko'inishida aniqlanadi.

Shunda kompressor stansiyasining umumiy dinamik balansi:

$$\frac{dm_r}{dt} = \sum_{i=1}^N u_i Q_i - Q_d - Q_l \quad (13)$$

ko'rinishiga ega bo'ladi.

Zuo va hammualliflar kompressor stansiyasining vaqt bo'yicha o'zgaruvchi ish rejimini aralash butun chiziqli dasturlash orqali optimallashtirgan [7].

Bu yondashuvda kompressorning yoqilgan yoki o'chirilgan holati binar o'zgaruvchi sifatida qabul qilib modelda kompressorning minimal ishlash vaqti va minimal to'xtash vaqti ham hisobga olinadi. Bu juda muhim, chunki amaliy kompressor stansiyasida agregatni har bir kichik bosim o'zgarishida yoqish va o'chirish mumkin emas. Bunday boshqaruv:

- ishga tushirishlar sonini oshiradi;
- elektr energiyasi sarfini oshiradi;
- mexanik yeyilishni kuchaytiradi;
- kompressor resursini kamaytiradi.

Demak, dinamik boshqaruv algoritmi faqat bosim xatosini emas, balki kompressorning oldingi holatini ham hisobga olishi kerak.

Real vaqt ma'lumotlari asosida boshqarish.

Zamonaviy kompressor stansiyasining avtomatlashtirish tizimida SCADA, PLC, IoT datchiklari va real vaqt ma'lumotlar bazasidan foydalanish imkoniyati mavjud.

Olib borilgan tadqiqotda sanoat siqilgan havo stansiyasi uchun markaziy master-nazorat tizimi va real vaqt ma'lumotlarini uzatish orqali boshqaruv va energiya optimallashtirish konsepsiyasi ko'rib chiqilgan [8].

Kompressor degradatsiyasining dinamik jarayonga ta'siri.

Kompressor uskunasi texnik holati vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Filtrlarning ifloslanishi, klapanlarning yeyilishi, podshipniklar holatining yomonlashishi yoki havo sizib chiqishlarining ortishi kompressorning samaradorligini pasaytirishi mumkin.

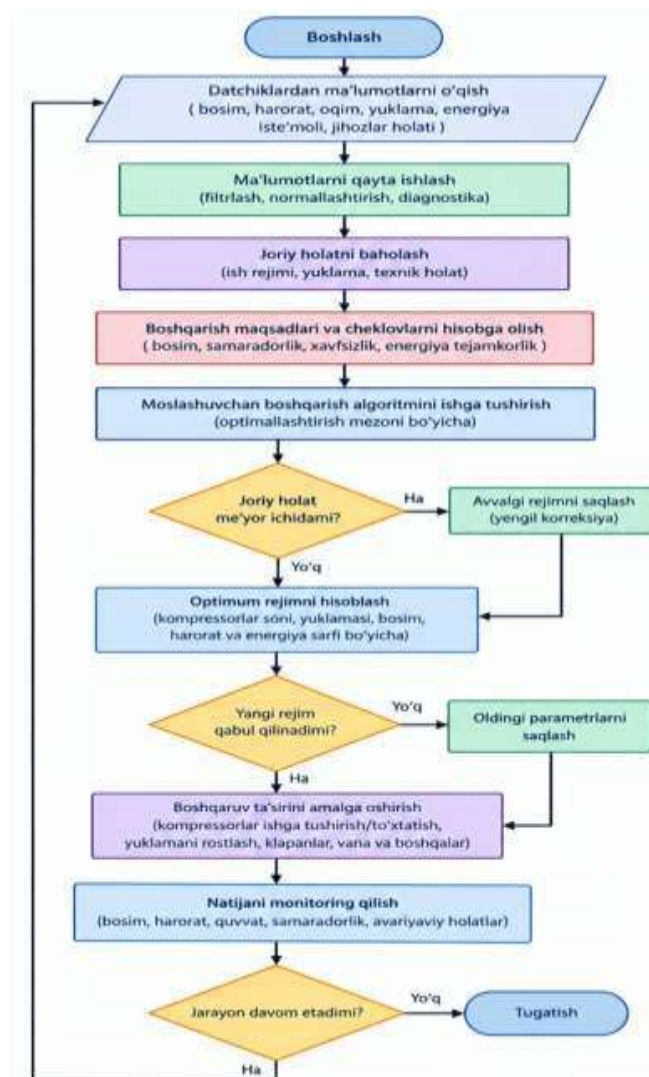
[9] manbasida yuritna motorlarining energiya samaradorligi nuqtayi nazaridan, taklif etilgan boshqaruv algoritmi an'anaviy statik yo'qotishlarni minimallashtirish usuliga deyarli teng natija beradi. Nasos, konveyer va tez-tez sikllanuvchi yuklama profillari uchun ushbu ikki usul orasidagi farq sikl davomida sarflangan energiya 0,3 % dan oshmagan. Har ikkala usul ham nominal magnit oqimiga asoslangan FOC (Field-Oriented Control — maydonga yo'naltirilgan boshqaruv) bilan taqqoslaganda energiya sarfini 1,4–2,3 % ga kamaytirgan. Juda kichik yuklamalarda esa elektr yuritmaning samaradorligi taxminan 14 foiz punktigacha oshgan.

Zagorowska va hammualliflar kompressor degradatsiyasini optimal ishlash masalasiga kiritib, agregatlarning texnik holati o'zgarganda optimal yuklama taqsimoti ham o'zgarishini ko'rsatgan [8].

Shuning uchun adaptiv boshqaruv tizimida kompressorning texnik holati ham holat o'zgaruvchisi sifatida ko'rib chiqilishi asosiy talablardan biri hisoblanadi.

Kompressor stansiyasi uchun energiya samarador va resurs tejamkorlikni e'tiborga olinadigan taklif qilinayotgan dinamik boshqaruv tuzilmasi umumlashgan boshqaruvning keng imkoniyatlarini beradi.

Kompressor stansiyasi uchun taklif qilinadigan boshqaruv arxitekturasini quyidagi ketma-ketlik asosida tashkil etilishi mumkin.



4-rasm. Kompresor stansiyasining joriy holat bo'yicha maslashib boshqarish algoritmining blok-sxemasi.

Yuqoridagi blok sxemasidan kompressor qurilmasining doimiy ishlash jarayoni kichik va umumlashgan holda amalga oshiriladi. Natijada har bir bosqichdagi boshqaruvda joriy ko'rsatgichlar tahlil qilib borilib aniqlangan kamchilik va buzilishlar oldindan pragnoz qilinadi va bartaraf etiladi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, kompressor uskunasini avtomatlashtirishda tadqiqotlar oddiy bosim rostlashdan kompleks energiya-optimal boshqaruvga qarab rivojlanish jarayonida hisoblanadi.

Dastlabki yondashuvlarda asosiy maqsad kompressorning belgilangan bosimini saqlash bo'lgan. Keyinchalik bir nechta kompressorlarni optimal yuklash, ularning ON/OFF holatini tanlash va energiya sarfini minimallashtirish masalalari shakllandi.

Keyingi bosqichda dinamik dasturlash, optimal boshqaruv usullari rivojlandi. So'nggi tadqiqotlarda esa real vaqt ma'lumotlari, adaptiv algoritmlar, mustahkamlikni o'rganish va ma'lumotlar qarama-qarshi modellarni birlashtirish tendensiyasi olimlar tomonidan ko'plab tadqiqotlar olib borishga sabab bo'lmoqda.

Oxirgi yillardagi tadqiqotlarda bosim va sarfni birgalikda boshqarish orqali siqilgan havo iste'molini kamaytirish bilan birga texnologik sikl vaqtini ham hisobga olish zarurligi ko'rsatilgan [10]. Bu natija kompressor stansiyasini faqat energetik nuqtai nazardan emas,

balki energiya–sifat–ishlab chiqarish unumdorligi uchligi asosida boshqarish zarurligini ko'rsatadi.

Hozirda olib borilayotgan tadqiqotlarda esa fizik model va ma'lumotlarga asoslangan modelni birlashtirish, shuningdek dinamik kompressor optimallashtirishda reinforcement learning usullaridan foydalanish yo'nalishi kuchaygani ko'rinadi [11].

Demak, kelajakdagi kompressor stansiyasi boshqaruv tizimi quyidagi yopiq sikli asosida ishlashi maqsadga muvofiq bo'ladi.



4-rasm. Tavsiya etiladigan boshqaruv tizimi.

XULOSA

Kompressor uskunasining avtomatlashtirilgan ishlash rejimida yuzaga keladigan dinamik jarayonlar bosim, sarf, harorat, resiverdagi havo massasi, kompressor aylanish tezligi va iste'mol yuklamasining o'zaro bog'liqligi bilan belgilanadi.

Adabiyotlar tahlili asosida quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1. Kompressor stansiyasini statik obyekt sifatida emas, balki vaqt bo'yicha o'zgaruvchi dinamik tizim sifatida modellashtirish zarur.

2. Resiverdagi massa balansi kompressor stansiyasining bosim dinamikasini ifodalovchi asosiy tenglamalardan biridir.

3. PID boshqaruvi oddiy va ishonchli bo'lsa-da, ish rejimlari keng o'zgaradigan kompressor stansiyalarida uning parametrlarini adaptiv ravishda o'zgartirish maqsadga muvofiq.

4. Bir nechta kompressorlarning parallel ishlashida faqat bosimni rostlash emas, balki kompressorlar kombinatsiyasi va yuklama taqsimotini optimallashtirish zarur.

5. Dinamik dasturlash usullari kompressorlarning vaqt bo'yicha ishga tushirilishi va to'xtatilishini optimallashtirish imkonini beradi.

6. Ma'lumotlarni qarama-qarshi qo'yish modellar kompressor yuklamasini va bosim dinamikasini qisqa muddatli prognozlash uchun qo'llanishi mumkin.

7. Mustahkamlashni o'rganish va ierarxik boshqaruv usullari yuqori darajadagi operatsion qarorlarni quyi darajadagi tezkor boshqaruv bilan birlashtirish imkoniyatini beradi.

8. Real vaqt SCADA ma'lumotlarini boshqaruv algoritmgiga kiritish kompressorning joriy holatini aniqlash va boshqaruv parametrlarini moslashtirish imkonini beradi.

9. Kompressorning texnik degradatsiyasi ham optimal yuklama taqsimotiga ta'sir qiluvchi muhim omil sifatida qaralishi kerak.

10. Eng istiqbolli yo'nalish — bosimni barqarorlashtirish, energiya sarfini kamaytirish, kompressorlar sonini optimallashtirish va dinamik yuklamaga moslashishni birlashtiruvchi ko'p mezonli adaptiv nazorat boshqaruv algoritmini ishlab chiqishdir.

Shunday qilib, kompressor uskunasining avtomatlashtirilgan ishlash rejimidagi dinamik jarayonlarni chuqur tahlil qilish nafaqat boshqaruv sifatini oshirish, balki kompressor stansiyasining umumiy energetik samaradorligini oshirish uchun ham muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. IEA 4E Electric Motor Systems Annex (EMSA), "Electric motor systems: why are they important," Policy Brief, 2024. [Online]. Available: <https://www.iea-4e.org/emsa>.
2. Fong J., de Wachter B., and Sangiorgio I., "Policy recommendations to accelerate the replacement of inefficient electric motors in the EU," Energy Efficiency, vol. 18, art. 53, 2025, doi: 10.1007/s12053-025-10338-w.
3. Mousavi S., Kara S., Kornfeld B. Energy Efficiency of Compressed Air Systems. Procedia CIRP, 2014, Vol. 15, pp. 313–318. DOI: 10.1016/j.procir.2014.06.026.
4. Greitzer E.M. Surge and Rotating Stall in Axial Flow Compressors—Part I: Theoretical Compression System Model. Journal of Engineering for Power, 1976, Vol. 98, No. 2, pp. 190–198. DOI: 10.1115/1.3446138.
5. Li L., Zhou M. Electricity Demand Response for Manufacturing Systems. In: Sustainable Manufacturing Systems, 2022.
6. Osiadacz A.J., Bell D.J. A Local Optimization Procedure for a Gas Compressor Station. Optimal Control Applications and Methods, 1980s/2007 indexed version. DOI: 10.1002/oca.4660020304.
7. Zuo L., Zhang X., Wu C., Yu Y. Unit Commitment for a Compressor Station by Mixed Integer Linear Programming. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2016, Vol. 30, pp. 338–342. DOI: 10.1016/j.jngse.2016.02.038.
8. Salomone D. Advanced Strategies for the Efficient Optimization and Control of Industrial Compressed Air Systems. Results in Engineering, 2025, Vol. 26, 105429. DOI: 10.1016/j.rineng.2025.105429.
9. Oybek Kh. Ishnazarov, Ural Kh. Khoshimov, Muslimbek B., Botirjon I. Kurvonboev and Jamoldin N. Abdullayev. "Energy-Optimal and Thermally Robust Predictive Flux Control of Industrial Induction Motor Drives" Energies 2026, 19(15), 3608; <https://doi:10.20944/preprints202607.0028.v1>.
10. Pneumatic Control for Sustainable Compressed Air Systems: Multi-criteria Optimisation for Energy Efficient Production. Procedia CIRP, 2024, Vol. 122, pp. 247–252. DOI: 10.1016/j.procir.2024.01.035.
11. Physics-Based and Data-Driven Adaptive Compressor Optimization in Gas Pipeline Systems under Dynamic and Non-Isothermal Conditions. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2026, Vol. 167, 113914. DOI: 10.1016/j.engappai.2026.113914.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ S/4 (4)-2026

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com