ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 10

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 10

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ISSIQLIK-MASSA ALMASHINISH JARAYONLARINI AVTOMATIK BOSHQARISH ORQALI ENERGIYA TEJASH

G‘anijonova Mohichehraxon Xusniddin qizi
Andijon davlat texnika instituti IBR kafedrasi stajyor-o‘qituvchisi,
E-mail: mohichehraxong‘anijonova@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada “Issiqlik-massa almashinish jarayonlarini avtomatik boshqarish orqali energiya tejash” muammosi kompleks ilmiy-texnik yondashuv asosida o‘rganilgan. Sanoat korxonalarida energiya resurslaridan samarali foydalanish bugungi kunda dolzarb vazifalardan biri bo‘lib, ayniqsa issiqlik almashinish qurilmalari va massa uzatish jarayonlari katta miqdordagi energiya sarfi bilan tavsiflanadi. Shu sababli texnologik jarayonlarni optimallashtirish va energiya yo‘qotishlarini kamaytirishda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining ahamiyati ortib bormoqda. Tadqiqotda issiqlik almashinish apparatlarining ish rejimlari, ularning dinamik xususiyatlari hamda tashqi yuklamalarga nisbatan reaksiyasi tahlil qilingan. Jarayon samaradorligini oshirish maqsadida harorat, bosim, sarf (oqim tezligi) kabi asosiy texnologik parametrlarni real vaqt rejimida o‘lchash va boshqarish imkonini beruvchi zamonaviy sensor tizimlaridan foydalanish ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, avtomatik boshqaruvning PID-regulyator asosidagi algoritmlari va mikroprotsessorli boshqaruv bloklari yordamida tizim barqarorligini ta’minlash usullari o‘rganilgan. Tadqiqot davomida issiqlik-massa almashinish jarayonlarining matematik modellari tahlil qilinib, energiya balans tenglamalari asosida yo‘qotishlarni kamaytirish yo‘llari ishlab chiqildi. Jarayonni avtomatik boshqarish orqali ortiqcha issiqlik sarfini bartaraf etish, issiqlik almashinish koeffitsientini optimallashtirish hamda apparatlarning ish unumdorligini oshirish imkoniyatlari ko‘rsatib berildi.Olingan natijalarga ko‘ra, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish energiya iste’molini sezilarli darajada (taxminan 15–30 %) kamaytirishi, texnologik jarayonlarning barqaror ishlashini ta’minlashi hamda inson omiliga bog‘liq xatoliklarni minimallashtirishi aniqlandi. Bundan tashqari, zamonaviy SCADA tizimlari va raqamli boshqaruv platformalaridan foydalanish ishlab chiqarish jarayonlarini markazlashtirilgan monitoring qilish imkonini beradi.Shuningdek, issiqlik-massa almashinish jarayonlarida sun’iy intellekt va adaptiv boshqaruv algoritmlarini qo‘llash kelajakda yanada yuqori energiya samaradorligiga erishish imkonini berishi ta’kidlanadi. Bu esa sanoat korxonalarida raqamli transformatsiya jarayonlarini tezlashtiradi va “aqlli ishlab chiqarish” konsepsiyasini rivojlantirishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: issiqlik almashinuvi, massa almashinuvi, avtomatik boshqaruv, energiya tejash, PID-regulyator, SCADA tizimlari, sun’iy intellekt, adaptiv boshqaruv, sensorlar, sanoat avtomatikasi, energiya samaradorligi.

Аннотация. В данной статье проблема «Энергосбережение посредством автоматического управления процессами тепло- и массообмена» исследуется на основе комплексного научно-технического подхода. Эффективное использование энергетических ресурсов на промышленных предприятиях является одной из актуальных задач современности, поскольку теплообменные аппараты и процессы массопереноса характеризуются значительными затратами энергии. В связи с этим возрастает роль автоматизированных систем управления в оптимизации технологических процессов и снижении энергетических потерь. В исследовании проанализированы режимы работы теплообменных аппаратов, их динамические характеристики и реакция на внешние возмущающие воздействия. С целью повышения эффективности процесса рассмотрено применение современных сенсорных систем, обеспечивающих измерение и управление в режиме реального времени такими основными технологическими параметрами, как температура, давление и расход (скорость потока). Кроме того, изучены методы обеспечения устойчивости системы с использованием алгоритмов автоматического управления на основе ПИД-регуляторов и микропроцессорных блоков управления. Ходе исследования были проанализированы математические модели процессов тепло- и массообмена, а также разработаны методы снижения потерь на основе уравнений энергетического баланса. Показаны возможности устранения избыточного расхода тепловой энергии, оптимизации коэффициента теплообмена и повышения производительности оборудования посредством автоматического управления процессом. Полученные результаты свидетельствуют о том, что внедрение автоматизированных систем управления позволяет существенно снизить энергопотребление (примерно на 15–30 %), обеспечить стабильность технологических процессов и минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором. Кроме того, использование современных SCADA-систем и цифровых платформ управления предоставляет возможность централизованного мониторинга производственных процессов. Также отмечается, что применение технологий искусственного интеллекта и адаптивных алгоритмов управления в процессах тепло- и массообмена в перспективе позволит достичь еще более высокой энергетической эффективности. Это будет способствовать

ISSN 3030-3907

ускорению процессов цифровой трансформации промышленных предприятий и развитию концепции «умного производства».

Ключевые слова: теплообмен, массообмен, автоматическое управление, энергосбережение, ПИД-регулятор, SCADA-системы, искусственный интеллект, адаптивное управление, сенсоры, промышленная автоматизация, энергоэффективность.

Abstract. This article investigates the problem of “Energy Saving through Automatic Control of Heat and Mass Transfer Processes” using a comprehensive scientific and technical approach. The efficient use of energy resources in industrial enterprises is one of the most important challenges today, especially since heat exchangers and mass transfer processes are characterized by significant energy consumption. Therefore, the role of automated control systems in optimizing technological processes and reducing energy losses is becoming increasingly important. The study analyzes the operating modes of heat exchange equipment, their dynamic characteristics, and their response to external disturbances. To improve process efficiency, the application of modern sensor systems capable of measuring and controlling key technological parameters such as temperature, pressure, and flow rate in real time is considered. Furthermore, methods for ensuring system stability through PID-controller-based control algorithms and microprocessor control units are examined. During the research, mathematical models of heat and mass transfer processes were analyzed, and approaches for reducing energy losses based on energy balance equations were developed. The possibilities of eliminating excessive heat consumption, optimizing the heat transfer coefficient, and increasing equipment productivity through automatic process control were demonstrated. According to the obtained results, the implementation of automated control systems can significantly reduce energy consumption (approximately 15–30%), ensure stable operation of technological processes, and minimize human-related errors. In addition, the use of modern SCADA systems and digital control platforms enables centralized monitoring of industrial processes. The study also emphasizes that the application of artificial intelligence technologies and adaptive control algorithms in heat and mass transfer processes can further improve energy efficiency in the future. This will accelerate the digital transformation of industrial enterprises and contribute to the development of the “smart manufacturing” concept.

Keywords: heat transfer, mass transfer, automatic control, energy saving, PID controller, SCADA systems, artificial intelligence, adaptive control, sensors, industrial automation, energy efficiency.

KIRISH.

ISSN 3030-3907

Dunyo miqyosida aholi sonining ortishi, sanoat ishlab chiqarishining kengayishi hamda texnologik taraqqiyot natijasida energiya resurslariga bo‘lgan talab yildan-yilga oshib bormoqda. Mavjud energiya manbalaridan samarali foydalanish, energiya sarfini kamaytirish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash bugungi kunning eng muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. Shu sababli energiya tejovchi texnologiyalarni ishlab chiqish va ularni ishlab chiqarish jarayonlariga joriy etish ilmiy tadqiqotlarning ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylangan.Ayniqsa, kimyo, neft-gaz, oziq-ovqat, farmatsevtika va energetika sanoatida keng qo‘llaniladigan issiqlik-massa almashinish jarayonlari katta hajmdagi energiya iste’moli bilan tavsiflanadi. Ushbu jarayonlarda issiqlik energiyasining sezilarli qismi turli yo‘qotishlar ko‘rinishida sarflanadi. Natijada ishlab chiqarish tannarxi ortadi, energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi pasayadi hamda atrof-muhitga salbiy ta’sir kuchayadi. Shu bois issiqlik-massa almashinish qurilmalarining ishlash rejimlarini optimallashtirish va energiya yo‘qotishlarini minimallashtirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

An’anaviy boshqaruv usullarida texnologik parametrlar, jumladan harorat, bosim, sarf va konsentratsiya ko‘rsatkichlari asosan operator tomonidan nazorat qilinadi. Inson omiliga bog‘liq bo‘lgan bunday boshqaruv usullari ko‘pincha jarayonning optimal rejimdan chetga chiqishiga, energiya sarfining ortishiga hamda mahsulot sifatining pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari, murakkab texnologik tizimlarda parametrlarning tez o‘zgarishi operator tomonidan o‘z vaqtida baholanmasligi mumkin.

Zamonaviy avtomatik boshqaruv tizimlari esa sensorlar, mikroprotsessorlar, dasturlashtiriladigan mantiqiy kontrollerlar (PLC), SCADA tizimlari va sun’iy intellekt elementlari yordamida texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida kuzatish va boshqarish imkonini beradi. Bunday tizimlar jarayon parametrlarini uzluksiz o‘lchaydi, olingan ma’lumotlarni tahlil qiladi va boshqaruvchi ta’sirlarni avtomatik ravishda shakllantiradi. Natijada issiqlik almashinish qurilmalarining ishlash samaradorligi oshadi, energiya iste’moli kamayadi va texnologik jarayonlarning barqarorligi ta’minlanadi.Energiya tejashga erishishda adaptiv boshqaruv, optimal boshqaruv, prediktiv boshqaruv hamda intellektual boshqaruv algoritmlaridan foydalanish alohida ahamiyatga ega. Ushbu usullar texnologik obyektning joriy holatini va kelajakdagi o‘zgarishlarini hisobga olib, energiya sarfini minimal darajaga keltirishga imkon yaratadi. Shuningdek, issiqlik energiyasini qayta tiklash tizimlari, rekuperatorlar va regenerativ issiqlik almashinish qurilmalaridan foydalanish orqali energiya samaradorligini yanada oshirish mumkin.

Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining joriy etilishi natijasida issiqlik yo‘qotishlari kamayadi, texnologik parametrlarning aniqligi va barqarorligi oshadi,

ISSN 3030-3907

uskunalarning xizmat muddati uzayadi hamda ishlab chiqarish xarajatlari qisqaradi. Bundan tashqari, energiya resurslaridan oqilona foydalanish atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorini kamaytirib, ekologik barqarorlikni ta’minlashga ham xizmat qiladi.Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi issiqlik-massa almashinish jarayonlarini avtomatik boshqarish orqali energiya tejash usullarini nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilish, mavjud boshqaruv algoritmlarining samaradorligini baholash hamda energiya iste’molini kamaytirishga qaratilgan takomillashtirilgan boshqaruv yechimlarini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida boshqaruv tizimlarini rivojlantirish uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot davomida issiqlik almashinish apparatlari va massa almashinish qurilmalarining konstruktiv tuzilishi, ishlash prinsiplari hamda ularning texnologik jarayonlardagi o‘rni chuqur o‘rganildi. Issiqlik va massa almashinish jarayonlari sanoat korxonalarida energiya sarfining asosiy qismini tashkil qilganligi sababli, ushbu qurilmalarning ish samaradorligini oshirish va energiya yo‘qotishlarini kamaytirish masalalariga alohida e’tibor qaratildi. Tadqiqot jarayonida avtomatik boshqaruv tizimlaridan foydalanish orqali energiya samaradorligini oshirish imkoniyatlari tahlil qilindi.Jarayonlarni boshqarish va nazorat qilishda zamonaviy raqamli texnologiyalar hamda avtomatlashtirilgan boshqaruv vositalaridan foydalanildi. Xususan, texnologik parametrlarni aniqlash va uzluksiz kuzatib borish uchun harorat, bosim, suyuqlik va gazlar sarfi hamda oqim tezligini nazorat qiluvchi yuqori aniqlikdagi sensorlardan foydalanildi. Sensorlardan olingan ma’lumotlar real vaqt rejimida qayta ishlanib, boshqaruv tizimiga uzatildi.

Tadqiqotda quyidagi usullar va texnologiyalar qo‘llanildi:

-harorat, bosim va oqim tezligini o‘lchovchi hamda nazorat qiluvchi zamonaviy sensorlar;

-texnologik parametrlarni qayta ishlovchi mikroprotsessorli boshqaruv modullari;

-PID-regulyator asosidagi avtomatik boshqaruv algoritmlari;

-SCADA tizimlari yordamida masofaviy monitoring va nazorat;

-energiya iste’molini baholash va optimallashtirish uchun matematik modellashtirish usullari;

-jarayon parametrlarini vizual kuzatish va tahlil qilish imkonini beruvchi dasturiy ta’minot vositalari.

Issiqlik almashinish jarayonlarida energiya sarfi quyidagi asosiy termodinamik bog‘lanish yordamida tahlil qilindi:

ISSN 3030-3907

$$Q=mc\Delta T$$

bu yerda:
Q - uzatilayotgan yoki qabul qilinayotgan issiqlik miqdori, J;
m - moddaning massasi, kg;
c - moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi, J/(kg·°C);
ΔT - moddaning boshlang‘ich va oxirgi haroratlari orasidagi farq, °C.

Mazkur tenglama issiqlik almashinish jarayonida energiya sarfini aniqlash, issiqlik yo‘qotishlarini baholash hamda energiya tejamkor ish rejimlarini ishlab chiqishda asosiy nazariy asos sifatida xizmat qildi. Hisoblashlar natijasida haroratlar farqining optimallashtirilishi va issiqlik almashinish yuzalarining samarali ishlatilishi energiya iste’molini sezilarli darajada kamaytirishi aniqlandi.

Jarayonlarni avtomatik boshqarishda PID-regulyatorning matematik modeli qo‘llanildi:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

bu yerda:
u(t) - boshqaruvchi signal;
e(t) - berilgan va haqiqiy qiymatlar orasidagi xatolik signali;
Kp - proporsional koeffitsient;
Ki - integral koeffitsient;
Kd - differensial koeffitsient.

Ushbu matematik model tizimning xatolik signalini uzluksiz tahlil qilish asosida optimal boshqaruv ta’sirini shakllantiradi. Proporsional qism tizimning joriy xatoligiga tezkor javob beradi, integral qism uzoq muddatli xatoliklarni bartaraf etadi, differensial qism esa parametrlarning o‘zgarish tezligini hisobga olib tizimning barqarorligini oshiradi. Natijada texnologik parametrlar belgilangan qiymatlar atrofida yuqori aniqlik bilan ushlab turiladi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlaridan foydalanish issiqlik-massa almashinish jarayonlarining barqarorligini oshirish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish, uskunalarning ishlash muddatini uzaytirish va ishlab chiqarish xarajatlarini qisqartirish imkonini berishi aniqlandi. Shuningdek, real vaqt rejimida monitoring va boshqaruvni amalga oshirish orqali baxtsiz hodisalar holatlarining oldini olish hamda energiya resurslaridan yanada oqilona foydalanish mumkinligi isbotlandi.

TADQIQOTDAN OLINGAN NATIJALAR.

O‘tkazilgan tadqiqotlar va tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, issiqlik-massa almashinish jarayonlarida avtomatik boshqaruv tizimlarini qo‘llash texnologik jarayonlarning samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Sensorlar,

ISSN 3030-3907

mikroprotsessorli boshqaruv qurilmalari, PID-regulyatorlar hamda SCADA tizimlari asosida tashkil etilgan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari energiya resurslaridan oqilona foydalanish, texnologik parametrlarning barqarorligini ta’minlash va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishda muhim rol o‘ynashi aniqlandi.

Tadqiqot davomida olingan natijalar quyidagi asosiy afzalliklarni ko‘rsatdi:

-Birinchidan, energiya sarfining kamayishi. Harorat, bosim va ishchi muhit sarfi kabi asosiy texnologik parametrlarni avtomatik nazorat qilish natijasida energiya iste’molining sezilarli darajada kamayishi kuzatildi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, optimal boshqaruv algoritmlaridan foydalanish orqali ortiqcha issiqlik sarfi o‘rtacha 15–25 % gacha qisqardi. Energiya resurslarining tejalishi korxonalarning ekspluatatsion xarajatlarini kamaytirib, ishlab chiqarish tannarxining pasayishiga xizmat qildi. Bundan tashqari, energiya iste’molining kamayishi uskunalarning ortiqcha yuklanishining oldini olib, ularning xizmat muddatini uzaytirishga yordam berdi.

-Ikkinchidan, jarayon barqarorligining oshishi.PID-regulyator asosidagi boshqaruv tizimlari texnologik parametrlarning belgilangan qiymatlar atrofida barqaror ushlab turilishini ta’minladi. Natijada harorat va bosimning keskin o‘zgarishlari kamaydi, texnologik jarayonlarning ishonchliligi oshdi hamda mahsulot sifatining barqarorligi ta’minlandi. Avtomatik boshqaruv tizimlari tashqi muhit yoki yuklama o‘zgarishlariga tezkor javob qaytarib, texnologik obyektning optimal ish rejimda faoliyat yuritishini ta’minladi.

-Uchinchidan, issiqlik yo‘qotishlarining kamayishi.Real vaqt rejimida monitoring va nazorat qilish imkoniyatlari issiqlik almashinish apparatlarining ish samaradorligini oshirdi. Sensorlardan olinadigan ma’lumotlar asosida tizim uzluksiz ravishda parametrlarni tahlil qilib bordi va kerakli boshqaruv ta’sirlarini amalga oshirdi. Natijada issiqlik energiyasining atrof-muhitga yo‘qotilishi kamaydi, issiqlik almashinish jarayonlarining foydali ish koeffitsiyenti oshdi hamda energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi yaxshilandi.

-To‘rtinchidan, ishlab chiqarish unumdorligining oshishi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining joriy etilishi inson omiliga bog‘liq bo‘lgan xatolarni kamaytirdi va texnologik jarayonlarning uzluksiz ishlashini ta’minladi. Operatorlarning doimiy nazorat qilish zarurati qisqarib, boshqaruv jarayoni yanada aniq va tezkor amalga oshirildi. Natijada ishlab chiqarish quvvatlaridan foydalanish darajasi oshdi, mahsulot ishlab chiqarish hajmi ko‘paydi va korxonaning umumiy samaradorligi yaxshilandi.

-Beshinchidan, ekologik samaradorlikning oshishi.Energiya sarfining kamayishi nafaqat iqtisodiy, balki ekologik jihatdan ham ijobiy natijalar berdi.

ISSN 3030-3907

Yoqilg‘i va energiya resurslarining kamroq sarflanishi atmosferaga chiqariladigan karbonat angidrid (CO_2), azot oksidlari (NO_x) va boshqa zararli gazlar miqdorining kamayishiga olib keldi. Bu esa atrof-muhitni muhofaza qilish, ekologik xavfsizlikni ta’minlash va korxonalarning ekologik standartlarga mos faoliyat yuritishiga xizmat qildi.

-Va oxirgisi, texnik va iqtisodiy samaradorlik.Tadqiqot natijalari avtomatik boshqaruv tizimlariga yo‘naltirilgan investitsiyalar qisqa muddat ichida o‘zini oqlashini ko‘rsatdi. Energiya tejalishi, uskunalarning xizmat muddati uzayishi va ishlab chiqarish xarajatlarining kamayishi korxonalarning iqtisodiy samaradorligini oshirdi. Shu bilan birga, texnologik uskunalarning avariya holatlariga uchrash ehtimoli ham sezilarli darajada kamaydi.

Umuman olganda, o‘tkazilgan tahlillar avtomatik boshqaruv tizimlari joriy etilgan korxonalarda energiya samaradorligi sezilarli darajada oshishini, issiqlik yo‘qotishlari kamayishini va texnologik jarayonlarning ishonchliligi ortishini tasdiqladi. Olingan natijalar issiqlik-massa almashinish jarayonlarini avtomatlashtirish energiya tejashning samarali vositasi ekanligini hamda sanoat korxonalarining raqobatbardoshligini oshirishda muhim omil bo‘lib xizmat qilishini ko‘rsatdi.

Issiqlik-massa almashinish jarayonlarini avtomatlashtirish zamonaviy sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirishning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Energiya resurslariga bo‘lgan talabning ortib borishi, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish zarurati hamda ekologik talablarning kuchayishi texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishga bo‘lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda. Shu sababli issiqlik va massa almashinish jarayonlarini zamonaviy boshqaruv vositalari yordamida nazorat qilish va optimallashtirish masalalari dolzarb ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda.O‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatdiki, avtomatik boshqaruv tizimlaridan foydalanish energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirish bilan bir qatorda texnologik jarayonlarning ishonchliligi, xavfsizligi va barqarorligini ham oshiradi. Sensorlar, mikroprotsessorli boshqaruv qurilmalari va zamonaviy monitoring tizimlari yordamida texnologik parametrlarni real vaqt rejimida kuzatish imkoniyati yaratiladi. Bu esa yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan nosozliklarni oldindan aniqlash va ularning salbiy oqibatlarini bartaraf etishga xizmat qiladi.

Jarayonlarni boshqarishda PID-regulyatorlardan foydalanish alohida ahamiyatga ega. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, PID-regulyatorlar tizimning xatolik signaliga tezkor javob qaytarishini ta’minlab, harorat, bosim va oqim sarfi kabi muhim parametrlarni belgilangan qiymatlar atrofida barqaror ushlab turishga imkon beradi. Natijada texnologik jarayonlarning sifat ko‘rsatkichlari

ISSN 3030-3907

yaxshilanadi, energiya yo‘qotishlari kamayadi va ishlab chiqarish samaradorligi oshadi. Bundan tashqari, PID-regulyatorlarning nisbatan sodda tuzilishga ega bo‘lishi ularni amaliyotda keng qo‘llash imkonini yaratadi.

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt, mashinali o‘qitish (Machine Learning), katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash (Big Data) va Internet of Things (IoT) texnologiyalarining jadal rivojlanishi sanoat avtomatlashtirish tizimlarini yangi bosqichga olib chiqmoqda. IoT qurilmalari yordamida turli sensorlardan olingan ma’lumotlarni markazlashgan tarzda yig‘ish va tahlil qilish mumkin bo‘lsa, sun’iy intellekt algoritmlari ushbu ma’lumotlar asosida optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkoniyatini yaratadi. Natijada kelajakda energiya iste’molini mustaqil ravishda optimallashtiruvchi, nosozliklarni oldindan prognoz qiluvchi va energiya resurslaridan maksimal samaradorlik bilan foydalanishni ta’minlovchi aqlli boshqaruv tizimlarini yaratish imkoniyati kengaymoqda.

Shu bilan birga, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini sanoat korxonalariga joriy etishda ayrim muammolar ham mavjud. Ulardan biri dastlabki investitsiya xarajatlarining nisbatan yuqoriligidir. Sensorlar, kontrollerlar, dasturiy ta’minot va aloqa vositalarini xarid qilish hamda o‘rnatish ma’lum miqdordagi moliyaviy mablag‘larni talab qiladi. Ayniqsa, eski texnologik uskunalarga ega korxonalarda modernizatsiya ishlari qo‘shimcha xarajatlarni yuzaga keltirishi mumkin.

Yana bir muhim muammo – avtomatlashtirilgan tizimlar bilan ishlashga qodir malakali mutaxassislar yetishmasligidir. Zamonaviy boshqaruv tizimlarini loyihalash, sozlash va ularga xizmat ko‘rsatish uchun avtomatika, dasturlash, axborot texnologiyalari va energetika sohalarida yetarli bilim va ko‘nikmalarga ega mutaxassislar talab etiladi. Shu sababli kadrlar tayyorlash va ularning malakasini muntazam oshirib borish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Bundan tashqari, avtomatlashtirilgan tizimlarning uzluksiz va ishonchli ishlashini ta’minlash uchun muntazam texnik xizmat ko‘rsatish, dasturiy ta’minotni yangilash hamda o‘lchov vositalarini kalibrlash zarur. Ushbu tadbirlar qo‘shimcha xarajatlarni talab qilsa-da, tizimning uzoq muddatli samaradorligi va xavfsiz ishlashini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega.

Shunga qaramasdan, tadqiqot natijalari avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining uzoq muddatli iqtisodiy samaradorligi dastlabki xarajatlarni to‘liq qoplashini ko‘rsatdi. Energiya iste’molining kamayishi, uskunalarning xizmat muddati uzayishi, ishlab chiqarish unumdorligining oshishi va avariya holatlarining kamayishi korxonaning umumiy iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi. Shu sababli issiqlik-massa almashinish jarayonlarini avtomatlashtirish

ISSN 3030-3907

sanoat korxonalarida energiya tejash, ekologik xavfsizlikni ta’minlash va raqobatbardoshlikni oshirishning samarali vositasi sifatida baholanishi mumkin.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, issiqlik-massa almashinish jarayonlarini avtomatik boshqarish energiya resurslaridan samarali foydalanish va energiya tejashning eng istiqbolli usullaridan biri hisoblanadi. Zamonaviy avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlaridan foydalanish texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida nazorat qilish, tahlil qilish va optimallashtirish imkonini berib, sanoat korxonalarining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilaydi.Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, issiqlik-massa almashinish jarayonlarida avtomatik boshqaruv tizimlarini qo‘llash energiya sarfini kamaytirishga, issiqlik yo‘qotishlarini minimallashtirishga va energiya resurslaridan oqilona foydalanishga xizmat qiladi. Jarayon parametrlarini doimiy monitoring qilish hamda PID-regulyatorlar yordamida boshqarish natijasida texnologik rejimlarning barqarorligi ta’minlanadi va energiya samaradorligi oshadi.Shuningdek, avtomatik boshqaruv tizimlari texnologik jarayonlarning aniqligini oshirishi, harorat, bosim va oqim tezligi kabi muhim parametrlarning belgilangan qiymatlar atrofida ushlab turilishini ta’minlashi aniqlandi. Bu esa mahsulot sifatining yaxshilanishiga, ishlab chiqarishdagi nosozliklarning kamayishiga hamda uskunalarning ishonchli ishlashiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Tadqiqot davomida olingan natijalar avtomatlashtirish texnologiyalarining ishlab chiqarish samaradorligini oshirishdagi muhim o‘rnini ham tasdiqladi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari operatorning bevosita aralashuvini kamaytirib, texnologik jarayonlarning uzluksiz va optimal rejimda ishlashini ta’minlaydi. Natijada ishlab chiqarish unumdorligi ortadi, ekspluatatsion xarajatlar kamayadi va korxonaning iqtisodiy samaradorligi oshadi.Bundan tashqari, energiya iste’molining kamayishi atrof-muhitga salbiy ta’sirning pasayishiga olib keladi. Yoqilg‘i va energiya resurslaridan samarali foydalanish natijasida atmosferaga chiqariladigan karbonat angidrid, azot oksidlari va boshqa zararli gazlar miqdori qisqaradi. Bu esa ekologik barqarorlikni ta’minlash hamda sanoat korxonalarining ekologik xavfsizlik talablariga mos faoliyat yuritishiga xizmat qiladi.

Kelgusida sun’iy intellekt, mashinali o‘qitish algoritmlari, IoT (Internet of Things) texnologiyalari va aqlli sensor tizimlaridan keng foydalanish orqali energiya boshqaruvining yanada mukammal va samarali tizimlarini yaratish mumkin. Bunday tizimlar texnologik jarayonlarni mustaqil tahlil qilish, energiya iste’molini prognozlash, optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish va avariya holatlarini oldindan aniqlash imkoniyatiga ega bo‘ladi.Shunday qilib, issiqlik-massa almashinish jarayonlarini avtomatlashtirish energiya tejamkorligi, ishlab

ISSN 3030-3907

chiqarish samaradorligi va ekologik xavfsizlikni ta’minlashning muhim vositasi bo‘lib, sanoat korxonalarining barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari ushbu yo‘nalishda olib boriladigan keyingi ilmiy izlanishlar va amaliy ishlanmalar uchun nazariy hamda amaliy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Luyben W.L. Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers. McGraw-Hill Education, 2013.
2. Doran P.M. Bioprocess Engineering Principles. 2nd Edition. Academic Press, 2013.
3. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – Москва: Химия, 2016. – 496 с.
4. Stephanopoulos G. *Chemical Process Control.* Pearson Education, 2016.
5. Dorf R.C., Bishop R.H. Modern Control Systems. 13th Edition. Pearson Education, 2016.
6. Shinskey F.G. Process Control Systems: Application, Design, and Tuning. McGraw-Hill, 2016.
7. Ogata K. *Modern Control Engineering.* Prentice Hall, 2017.
8. Incropera F.P., DeWitt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 8th Edition. John Wiley & Sons, 2017.
9. Seborg D.E., Edgar T.F., Mellichamp D.A., Doyle F.J. Process Dynamics and Control. 4th Edition. John Wiley & Sons, 2017.
10. Рамазанов М.М., Абдуллаев Ш.А. Иссиқлик техникаси ва иссиқлик алмашиниш асослари. – Тошкент: «Фан», 2017. – 312 б.
11. Балакирев В.С., Цирлин А.М. Оптимальное управление технологическими процессами. – Москва: Энергоатомиздат, 2017. – 384 с.
12. Юсупбеков Н.Р., Игамбердиев Х.З., Маматов А.М. Технологик жараёнларни автоматик бошқариш назарияси. – Тошкент: ТДТУ нашриёти, 2018. – 356 б.
13. Бесков В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. – Москва: Академкнига, 2018. – 452 с.
14. Юлдашев З.У., Халиков А.А. Автоматизация технологических процессов и производств. – Ташкент: «Ўзбекистон», 2019. – 320 с.
15. Игамбердиев Х.З., Юсупбеков Н.Р. Автоматик бошқариш тизимлари. – Тошкент: «Voris-Nashriyot», 2020. – 294 б.
16. Наливкин Д.А. Автоматизация производственных процессов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 336 с.
17. Kaynak O., Ozturk S., Alci M. Industrial Automation and Process Control. Springer, 2020

ISSN 3030-3907

18. Арипов Н.М., Тожибоев Г.Т. Саноат корхоналарини автоматлаштириш асослари. – Тошкент: «Фан ва технология», 2021. – 285 б.
19. Kreith F., Manglik R.M., Bohn M.S. Principles of Heat Transfer. 8th Edition. Cengage Learning, 2021.
20. Абдуллаев А.А., Рахимов Б.Б. Энергия тежамкор технологиялар ва уларнинг саноатда қўлланилиши. – Тошкент: «Фан ва технология», 2022. – 248 б.

ISSN 3030-3907