ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -11

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 11

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.

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

SANOAT KORXONALARIDA TEXNOLOGIK JARAYONLARNI AVTOMATLASHTIRISH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Yodgorov O‘ktam O‘tkir o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti tadqiqotchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish usullarini takomillashtirish masalalari tahlil qilingan. Zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarida PLC, SCADA, IIoT va sun’iy intellekt asosidagi boshqaruv texnologiyalarining o‘rni va ahamiyati yoritilgan. An’anaviy va raqamli avtomatlashtirish tizimlari o‘rtasidagi farqlar, ularning afzalliklari hamda cheklovlari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, adaptiv va modelga asoslangan boshqaruv algoritmlarining samaradorligi, energiya tejamkorligi va ishlab chiqarish barqarorligiga ta’siri o‘rganilgan. Tadqiqot natijalari integratsiyalashgan avtomatlashtirish tizimlari korxona samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi. Kelgusida raqamli transformatsiya va intellektual boshqaruv tizimlarini keng joriy etish sanoat rivojlanishining asosiy yo‘nalishi bo‘lib qoladi.

Kalit so‘zlar: avtomatlashtirish, sanoat, PLC, SCADA, sensor, tizim, boshqaruv, raqamlashtirish, samaradorlik, innovatsiya.

Аннотация. В данной статье анализируются вопросы совершенствования методов автоматизации технологических процессов на промышленных предприятиях. Рассматривается роль современных технологий управления на основе PLC, SCADA, IIoT и искусственного интеллекта в современных производственных системах. Проведен сравнительный анализ традиционных и цифровых систем автоматизации, их преимуществ и ограничений. Также изучается эффективность адаптивных и модельных методов управления, их влияние на энергосбережение и стабильность производства. Результаты исследования показывают, что интегрированные системы автоматизации играют ключевую роль в повышении эффективности предприятий. В дальнейшем развитие цифровой трансформации и интеллектуальных систем управления остается приоритетным направлением промышленного развития.

Ключевые слова: автоматизация, промышленность, PLC, SCADA, сенсор, система, управление, цифровизация, эффективность, инновация.

Abstract. This article analyzes the improvement of technological process automation methods in industrial enterprises. It highlights the role of modern control technologies based on PLC, SCADA, IIoT, and artificial intelligence in industrial production systems. A comparative analysis of traditional and digital automation systems, their advantages, and limitations is presented. The effectiveness of adaptive and model-based control methods, as well as their

ISSN 3030-3907

impact on energy efficiency and production stability, is also examined. The results show that integrated automation systems play a key role in improving industrial performance. Future development of digital transformation and intelligent control systems remains a major direction of industrial advancement.

Keywords: automation, industry, PLC, SCADA, sensor, system, control, digitalization, efficiency, innovation.

KIRISH.

So‘nggi yillarda sanoat korxonalarining rivojlanishi global iqtisodiyotning eng muhim yo‘nalishlaridan biriga aylanib bormoqda. Raqobatbardoshlikni ta’minlash, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish hamda mahsulot sifatini barqaror darajada ushlab turish zarurati texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish masalasini dolzarb ilmiy-amaliy yo‘nalishga aylantirdi. Zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarida avtomatlashtirish faqatgina mehnat unumdorligini oshirish vositasi emas, balki resurslarni tejash, energiya samaradorligini ta’minlash va inson omilini minimallashtirishning asosiy omili sifatida ham qaralmoqda. Hozirgi kunda sanoat korxonalarida qo‘llanilayotgan texnologik jarayonlar tobora murakkablashib, ularni boshqarish uchun yuqori aniqlikdagi va tezkor qaror qabul qiluvchi avtomatlashtirilgan tizimlarga ehtiyoj ortib bormoqda. An’anaviy boshqaruv usullari, ya’ni qo‘lda boshqarish yoki yarim avtomatik tizimlar, zamonaviy ishlab chiqarish talablariga to‘liq javob bera olmaydi. Shu sababli raqamli texnologiyalar, mikroprotsessorli boshqaruv tizimlari, sanoat interneti (IIoT) hamda sun’iy intellekt asosidagi algoritmlar keng joriy etilmoqda. Bu esa texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida nazorat qilish va optimallashtirish imkonini bermoqda [1].

Avtomatlashtirishning asosiy maqsadi ishlab chiqarish jarayonlarining barqarorligini ta’minlash, xatoliklar ehtimolini kamaytirish hamda texnologik parametrlarni optimal darajada ushlab turishdan iboratdir. Bunda sensorlar, datchiklar, ijro mexanizmlari va boshqaruv kontrollerlari o‘zaro integratsiyalashgan tizim sifatida ishlaydi. Ushbu tizimlar yordamida harorat, bosim, sarf, sath va boshqa fizik kattaliklar doimiy nazorat qilinadi hamda kerakli hollarda avtomatik tuzatishlar kiritiladi. O‘zbekiston sanoatida ham avtomatlashtirish jarayonlari jadal rivojlanib bormoqda. Neft-gaz, kimyo, energetika, metallurgiya va oziq-ovqat sanoati korxonalarida zamonaviy avtomatik boshqaruv tizimlari bosqichma-bosqich joriy etilmoqda. Bu esa milliy iqtisodiyotning texnologik modernizatsiyasini ta’minlashda muhim rol o‘ynamoqda. Shu bilan birga, mahalliy sharoitlarga moslashtirilgan avtomatlashtirish yechimlarini ishlab chiqish, mavjud tizimlarni modernizatsiya qilish va ularni xalqaro standartlarga moslashtirish dolzarb vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda [2].

ISSN 3030-3907

Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda asosiy muammolardan biri bu tizimlarning murakkabligi va integratsiya darajasining pastligidir. Ko‘plab korxonalarda turli ishlab chiqarish bosqichlari alohida avtomatlashtirilgan bo‘lsa-da, ularni yagona boshqaruv tizimiga birlashtirish yetarli darajada amalga oshirilmagan. Bu esa ma’lumotlar oqimining uzilishiga, qaror qabul qilish jarayonining sekinlashishiga va samaradorlikning pasayishiga olib keladi. Shuning uchun integratsiyalashgan boshqaruv tizimlarini yaratish va ularni optimallashtirish bugungi kunning muhim ilmiy muammolaridan biri hisoblanadi. So‘nggi yillarda sanoat avtomatlashtirishida adaptiv boshqaruv tizimlari, modelga asoslangan boshqaruv algoritmlari hamda sun’iy intellektga asoslangan bashoratlash usullari keng qo‘llanilmoqda. Ushbu yondashuvlar texnologik jarayonlarning o‘zgaruvchan sharoitlarga tez moslashishini ta’minlaydi va optimal boshqaruv parametrlarini avtomatik ravishda tanlash imkonini beradi. Bundan tashqari, raqamli egizak (digital twin) texnologiyasi ham ishlab chiqarish jarayonlarini virtual muhitda modellashtirish orqali real tizimlarni yanada samarali boshqarishga yordam bermoqda. Avtomatlashtirish tizimlarining takomillashtirilishi nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega. Ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish, energiya resurslaridan oqilona foydalanish va mahsulot sifatini oshirish orqali korxonalarning rentabelligi sezilarli darajada ortadi. Shu bilan birga, xavfsizlik darajasi ham oshib, inson hayoti va sog‘lig‘i uchun xavfli bo‘lgan jarayonlarda inson ishtiroki kamayadi. Shunday qilib, sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish usullarini takomillashtirish masalasi bugungi kunda ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib qolmoqda. Ushbu yo‘nalishda olib borilayotgan izlanishlar ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va zamonaviy raqamli iqtisodiyot talablariga mos sanoat tizimlarini shakllantirishga xizmat qiladi [3].

ADABIYOTLAR TAHLILI. Sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish usullarini takomillashtirish bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarining rivojlanish tendensiyalarini aniqlashda muhim o‘rin tutadi. Mavjud ilmiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, avtomatlashtirishning evolyutsiyasi oddiy releli boshqaruv tizimlaridan boshlab murakkab raqamli, adaptiv va intellektual boshqaruv tizimlariga qadar rivojlanib kelmoqda. Ushbu jarayon ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, energiya resurslarini optimallashtirish hamda inson omilini kamaytirish bilan bevosita bog‘liqdir. Ilmiy adabiyotlarda texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asosan uch asosiy bosqichga bo‘linadi: an’anaviy avtomatlashtirish, raqamli avtomatlashtirish va intellektual avtomatlashtirish. An’anaviy bosqichda rele-kontaktorli sxemalar va analog boshqaruv qurilmalari

ISSN 3030-3907

ustunlik qilgan bo‘lsa, keyingi bosqichda mikroprotsessorli kontrollerlar, programmalashtiriladigan mantiqiy kontrollerlar (PLC) keng qo‘llanila boshlandi. Hozirgi bosqich esa sun’iy intellekt, katta ma’lumotlar (Big Data), sanoat interneti (IIoT) va raqamli egizak texnologiyalariga asoslanadi [4].

Ko‘plab ilmiy ishlarda avtomatlashtirish tizimlarining samaradorligi ularning integratsiya darajasi bilan bevosita bog‘liqligi ta’kidlanadi. Ya’ni, alohida ishlaydigan avtomatik qurilmalar emas, balki yagona boshqaruv tizimiga birlashtirilgan kompleks yechimlar yuqori natija beradi. Bu yondashuv ishlab chiqarish jarayonlarida real vaqt rejimida ma’lumot almashinuvi va tezkor qaror qabul qilish imkonini yaratadi. So‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlarda adaptiv boshqaruv algoritmlariga katta e’tibor qaratilmoqda. Adaptiv tizimlar tashqi va ichki sharoitlarning o‘zgarishiga mos ravishda o‘z parametrlarini avtomatik sozlay oladi. Bu ayniqsa kimyo sanoati, neft-gaz qayta ishlash va energetika tizimlarida muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu sohalarda jarayon parametrlari doimiy o‘zgaruvchan bo‘lib, klassik boshqaruv tizimlari har doim ham optimal natija bera olmaydi. Boshqa bir muhim yo‘nalish sifatida modelga asoslangan boshqaruv usullari (Model Predictive Control – MPC) keng o‘rganilgan. Ushbu usul texnologik jarayonning matematik modeliga asoslanib, kelajakdagi holatlarni bashorat qilish va optimal boshqaruv signallarini ishlab chiqishga imkon beradi. Adabiyotlarda bu yondashuv yuqori aniqlik va energiya tejamkorligi bilan ajralib turishi qayd etilgan. Shuningdek, sun’iy intellektga asoslangan boshqaruv tizimlari ham keng tadqiq etilmoqda. Neyron tarmoqlar, fuzzy mantiq va genetik algoritmlar yordamida murakkab texnologik jarayonlarni boshqarish imkoniyati yaratilgan. Bu usullar an’anaviy matematik modellashtirish qiyin bo‘lgan jarayonlarda samarali natija beradi. Masalan, sement ishlab chiqarish, metall eritish va oziq-ovqat sanoatidagi noaniq va ko‘p o‘zgaruvchili jarayonlar shular jumlasidandir [5].

Mahalliy ilmiy maktablarda ham avtomatlashtirish tizimlarini takomillashtirish bo‘yicha muhim tadqiqotlar olib borilgan. O‘zbekistonda sanoat korxonalarini modernizatsiya qilish, PLC asosidagi boshqaruv tizimlarini joriy etish, SCADA tizimlarini kengaytirish va energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha bir qator ilmiy-amaliy ishlanmalar mavjud. Ayniqsa, paxta-to‘qimachilik sanoati, irrigatsiya tizimlari va gaz taqsimot tarmoqlarida avtomatlashtirish yechimlari keng qo‘llanilmoqda. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, avtomatlashtirish usullarini takomillashtirishning asosiy yo‘nalishlari quyidagilardan iborat:

- tizimlarni raqamlashtirish va integratsiyalash;
- real vaqt rejimida monitoring va boshqaruv;

ISSN 3030-3907

•energiya samaradorligini oshirish;
•intellektual algoritmlarni joriy etish;
•xavfsizlik va ishonchlilikni kuchaytirish.

Quyidagi jadvalda avtomatlashtirish usullarining asosiy turlari va ularning xususiyatlari solishtirilgan:

1-jadval.

Avtomatlashtirish usullarining qiyosiy tahlili

Avtomatlashtirish turi	Asosiy texnologiya	Afzalliklari	Kamchiliklari	Qo‘llanilish sohasi
An’anaviy avtomatlashtirish	Rele-kontaktor, analog qurilmalar	Oddiy, arzon	Moslashuvchanligi past	Oddiy ishlab chiqarish liniyalari
Raqamli avtomatlashtirish	PLC, SCADA	Yuqori aniqlik, integratsiya	O‘rta murakkablik	Sanoat korxonalari
Adaptiv boshqaruv	Moslashuvchi algoritmlar	O‘zgaruvchan sharoitga moslashadi	Murakkab sozlash	Kimyo, energetika
Intellektual tizimlar	AI, neyron tarmoqlar	Bashorat qilish, optimallashtirish	Yuqori resurs talab qiladi	Murakkab texnologik jarayonlar
IoT asosidagi tizimlar	Sensor tarmoqlari, bulutli tizim	Real vaqt monitoring	Kiberxavfsizlik muammolari	Smart manufacturing

Ushbu sxemadan ko‘rinib turibdiki, zamonaviy avtomatlashtirish tizimlari ko‘p darajali arxitekturaga ega bo‘lib, har bir bosqich o‘z vazifasini bajaradi. Sensorlar fizik parametrlarni o‘lchaydi, PLC tizimi ularni qayta ishlaydi, SCADA tizimi esa operatorga vizual nazorat imkonini beradi [6].

Yana bir muhim jihat sifatida kiber-fizik tizimlar (CPS) konsepsiyasi ko‘plab ilmiy ishlarda yoritilgan. Ushbu yondashuvda fizik ishlab chiqarish jarayonlari raqamli modellar bilan uzviy bog‘lanadi. Natijada real va virtual tizimlar o‘zaro sinxron ishlaydi, bu esa ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Adabiyotlar tahlili shuni ham ko‘rsatadiki, avtomatlashtirishni

ISSN 3030-3907

takomillashtirishda asosiy muammolardan biri malakali kadrlar yetishmasligi va mavjud tizimlarni modernizatsiya qilish xarajatlarining yuqoriligidir. Shu bilan birga, ko‘plab korxonalarda eski uskunalarning ishlatilishi yangi texnologiyalarni joriy etishni cheklab qo‘ymoqda. Umuman olganda, ilmiy manbalar asosida shuni xulosa qilish mumkinki, sanoat avtomatlashtirish tizimlarini takomillashtirish ko‘p yo‘nalishli jarayon bo‘lib, u texnik, iqtisodiy va tashkiliy omillarni o‘z ichiga oladi. Kelgusida ushbu yo‘nalishda sun’iy intellekt, raqamli egizaklar va to‘liq integratsiyalashgan sanoat tizimlarini rivojlantirish eng muhim ilmiy vazifalardan biri bo‘lib qoladi [7].

TADQIQOT MUHOKAMASI. Sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish usullarini takomillashtirish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarida samaradorlikni oshirish bevosita boshqaruv tizimlarining intellektuallashuvi, raqamlashtirilishi va integratsiyalashuv darajasi bilan belgilanadi. Tadqiqot davomida ko‘rib chiqilgan adabiyotlar va amaliy yondashuvlar asosida avtomatlashtirish tizimlarining rivojlanishi faqat texnik yangilanish emas, balki butun ishlab chiqarish falsafasining o‘zgarishi ekanligi aniqlandi. Avvalo, mavjud avtomatlashtirish tizimlarining asosiy muammosi ularning fragmentar (bo‘laklangan) holatda ishlashidir. Ko‘plab sanoat korxonalarida alohida sexlar yoki texnologik bosqichlar avtomatlashtirilgan bo‘lsa-da, ular yagona markazlashgan boshqaruv tizimiga to‘liq integratsiyalashmagan. Bu esa ma’lumotlarning uzilishiga, qaror qabul qilish jarayonining kechikishiga va resurslardan samarali foydalanilmasligiga olib keladi. Tadqiqotlar natijasida aniqlanishicha, integratsiyalashgan SCADA–PLC–IIoT tizimlari ushbu muammoni sezilarli darajada kamaytiradi. Shuningdek, tadqiqot davomida an’anaviy boshqaruv algoritmlarining cheklovlari ham aniqlangan. Klassik PID boshqaruv tizimlari oddiy va barqaror jarayonlarda samarali bo‘lsa-da, o‘zgaruvchan va noaniqlik darajasi yuqori bo‘lgan jarayonlarda optimal natija bera olmaydi. Shu sababli adaptiv va modelga asoslangan boshqaruv usullariga ehtiyoj ortib bormoqda. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Model Predictive Control (MPC) algoritmlari energiya sarfini kamaytirish va jarayon barqarorligini oshirishda yuqori samaradorlikka ega [8].

Intellektual boshqaruv tizimlari bo‘yicha o‘rganilgan ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt asosidagi algoritmlar murakkab texnologik jarayonlarda an’anaviy usullarga nisbatan 10–25% gacha samaradorlik oshishini ta’minlashi mumkin. Neyron tarmoqlar yordamida ishlab chiqilgan bashorat modellari ishlab chiqarishdagi nosozliklarni oldindan aniqlash va texnik xizmat ko‘rsatish vaqtini optimallashtirish imkonini beradi. Bu esa “predictive maintenance” konsepsiyasini amaliyotga keng joriy etishga sharoit yaratadi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot muhokamasi davomida sanoat interneti (IIoT) texnologiyalarining roli ham alohida ko‘rib chiqildi. Sensorlar tarmog‘i orqali yig‘ilgan katta hajmdagi ma’lumotlar real vaqt rejimida qayta ishlanib, ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirishga xizmat qiladi. Biroq bu yerda asosiy muammo sifatida kiberxavfsizlik masalasi yuzaga chiqadi. Tizimlar raqamlashtirilgan sari ularning tashqi hujumlarga nisbatan zaifligi ham ortadi. Shu sababli xavfsiz aloqa protokollari va shifrlash algoritmlarini joriy etish zaruriy shart sifatida baholanadi [9].

Mahalliy sanoat korxonalarida o‘tkazilgan kuzatuvlar asosida shuni aytish mumkinki, avtomatlashtirish darajasi hali ham bir xil emas. Yirik korxonalarda zamonaviy PLC va SCADA tizimlari joriy etilgan bo‘lsa, kichik va o‘rta korxonalarda eskirgan analog boshqaruv tizimlari saqlanib qolgan. Bu esa ishlab chiqarish samaradorligidagi farqni keskin oshiradi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, modernizatsiya qilingan korxonalarda mahsulot sifati 15–30% ga yaxshilangan va energiya sarfi sezilarli kamaygan. Tadqiqot natijalarini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, avtomatlashtirish tizimlarini takomillashtirishda inson omili ham muhim rol o‘ynaydi. Operatorlarning malakasi, tizimni to‘g‘ri sozlash va monitoring qilish qobiliyati ishlab chiqarish samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli kadrlar tayyorlash va qayta o‘qitish tizimlarini rivojlantirish zarur. Yana bir muhim jihat energiya samaradorligidir. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, optimallashtirilgan boshqaruv algoritmlari yordamida energiya sarfini 10–20% gacha kamaytirish mumkin. Bu ayniqsa energetika va kimyo sanoati uchun katta iqtisodiy ahamiyatga ega. Umuman olganda, tadqiqot muhokamasi natijalari shuni tasdiqlaydiki, sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishni takomillashtirish ko‘p qirrali yondashuvni talab qiladi. Bu yondashuv texnik modernizatsiya, raqamli transformatsiya, intellektual algoritmlar va inson omilini birlashtirgan holda amalga oshirilgandagina yuqori samaradorlikka erishish mumkin bo‘ladi [10].

XULOSA. Sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish usullarini takomillashtirish bo‘yicha olib borilgan tahlil va tadqiqotlar natijasida shuni xulosa qilish mumkinki, zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarining samaradorligi bevosita avtomatlashtirish darajasi, raqamli texnologiyalar integratsiyasi va boshqaruv algoritmlarining intellektuallashuvi bilan bog‘liqdir. An’anaviy boshqaruv usullari bugungi kunda murakkab texnologik jarayonlarning talablariga to‘liq javob bera olmaydi, shu sababli PLC, SCADA, IIoT va sun’iy intellektga asoslangan tizimlar keng joriy etilmoqda. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, integratsiyalashgan avtomatlashtirish tizimlari ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi, energiya sarfini kamaytiradi va mahsulot sifatini yaxshilaydi. Ayniqsa, adaptiv va modelga asoslangan boshqaruv algoritmlari

ISSN 3030-3907

o‘zgaruvchan jarayonlarda barqarorlikni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, sun’iy intellekt asosidagi yondashuvlar nosozliklarni oldindan aniqlash va texnik xizmat ko‘rsatishni optimallashtirish imkonini beradi. Umuman olganda, sanoat avtomatlashtirishini takomillashtirish raqamli transformatsiya va “aqlli ishlab chiqarish” konsepsiyasini rivojlantirishning asosiy omillaridan biridir. Kelgusida ushbu yo‘nalishda kiber-fizik tizimlar, raqamli egizaklar va to‘liq integratsiyalashgan boshqaruv platformalarini joriy etish sanoat samaradorligini yanada oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Groover, M. P. (2020). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing (5th ed.). Pearson.
2. Bolton, W. (2015). Programmable logic controllers (6th ed.). Newnes.
3. Boyes, H. (2020). Cybersecurity and cyber-physical systems. Institution of Engineering and Technology.
4. Stojanovic, M., & Zhang, X. (2021). Industrial automation and smart manufacturing: Trends and challenges. Journal of Manufacturing Systems, 58, 1–15.
5. Åström, K. J., & Murray, R. M. (2019). Feedback systems: An introduction for scientists and engineers. Princeton University Press.
6. Frank, D., & Schmitz, B. (2022). SCADA systems in modern industrial automation. IEEE Industrial Electronics Magazine, 16(3), 34–45.
7. Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. International Journal of Production Research, 56(1–2), 508–517.
8. Camacho, E. F., & Bordons, C. (2019). Model predictive control (2nd ed.). Springer.
9. Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2019). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters, 3, 18–23.
10. Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. Journal of Intelligent Manufacturing, 31, 127–182.

ISSN 3030-3907