ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 2

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

AVTOMATIKA ELEMENTLARI ASOSIDA BOSHQARUV TIZIMLARI STRUKTURASINI SINTEZLASH VA DIGITAL TWIN TEXNOLOGIYASI YORDAMIDA MODELLASHTIRISH

Gaziyeva Rano Teshabyevna
Texnika fanlari nomzodi, professor.
Yaxshimurodov Islombek Xolmurod o‘g‘li
PhD talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada avtomatika elementlari bazasida boshqarish tizimlari strukturasini sintezlash metodikasini yaratish va uni zamonaviy raqamli texnologiyalar – Digital Twin hamda kengaytirilgan va virtual reallik (AR/VR) muhitlari bilan integratsiya qilish masalalari o‘rganilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi real texnologik obyektlarning boshqaruv tizimlarini loyihalash jarayonini optimallashtirish, eksperimental sinovlarni raqamli muhitga ko‘chirish hamda energiya va resurs sarfini kamaytirishdan iborat. Taklif etilayotgan metodika avtomatika elementlari (sensorlar, aktuatorlar, PLC modullari va boshqaruv algoritmlari) asosida tizim strukturasi sintezini amalga oshirish imkonini beradi. Ushbu metodika asosida yaratilgan Digital Twin modeli AR/VR muhitida vizualizatsiya qilinib, boshqaruv jarayonlarini real vaqt rejimida tahlil qilish imkoniyatini beradi. Tadqiqot natijalari irrigatsiya tizimlari va nasos stansiyalarini boshqarish jarayonlarini optimallashtirish uchun samarali ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: avtomatika elementlari, boshqarish tizimlari, strukturani sintezlash, Digital Twin, virtual reallik, kengaytirilgan reallik, SCADA, PLC.

Annotation. This article examines the issues of creating a methodology for synthesizing the structure of control systems based on automation elements and integrating it with modern digital technologies – Digital Twin and augmented and virtual reality (AR/VR) environments. The main goal of the study is to optimize the process of designing control systems for real technological objects, transfer experimental tests to a digital environment, and reduce energy and resource consumption. The proposed methodology allows for the synthesis of the system structure based on automation elements (sensors, actuators, PLC modules, and control algorithms). The Digital Twin model created using this methodology can be visualized in an AR/VR environment, allowing for real-time analysis of control processes. The research results have shown that it is effective for optimizing the control processes of irrigation systems and pumping stations.

Keywords: automation elements, control systems, structure synthesis, Digital Twin, virtual reality, augmented reality, SCADA, PLC.

Аннотация. В статье рассматривается создание методики синтеза структуры систем управления на базе элементов автоматики и ее интеграция с

ISSN 3030-3907

современными цифровыми технологиями – Digital Twin и средами дополненной и виртуальной реальности (AR/VR). Основная цель исследования — оптимизировать процесс проектирования систем управления реальными технологическими объектами, перенести экспериментальные испытания в цифровую среду и снизить потребление энергии и ресурсов.Модель Digital Twin, созданная на основе этой методики, визуализируется в среде AR / VR, что позволяет анализировать процессы управления в режиме реального времени. Результаты исследования показали его эффективность для оптимизации процессов управления ирригационными системами и насосными станциями.сы управления в режиме реального времени. Результаты исследования показали его эффективность для оптимизации процессов управления ирригационными системами и насосными станциями.

Ключевые слова: элементы автоматизации, системы управления, структурный синтез, цифровой двойник, виртуальная реальность, дополненная реальность, SCADA, PLC.

KIRISH.

XXI asrda sanoat va infratuzilma tizimlarini samarali boshqarish masalasi zamonaviy texnologik rivojlanishning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Murakkab texnologik jarayonlarni boshqarishda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari (ABT) muhim ahamiyat kasb etib, ular ishlab chiqarish jarayonlarining barqarorligi, energiya resurslaridan samarali foydalanish hamda inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytirishga xizmat qiladi. Zamonaviy sanoat korxonalari, energetika tizimlari, transport infratuzilmasi hamda suv xo‘jaligi obyektlarida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining joriy etilishi ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning asosiy omillaridan biri sifatida qaralmoqda [1]. Ayniqsa, irrigatsiya tizimlari va suv xo‘jaligi obyektlarida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo‘llash suv resurslarini boshqarish jarayonini optimallashtirish, energiya sarfini kamaytirish hamda texnologik jarayonlarning uzluksiz ishlashini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Bunday tizimlar turli xil avtomatika elementlari – sensorlar, aktuatorlar, dasturlashtiriladigan mantiqiy kontrollerlar (PLC) hamda dispetcherlik boshqaruv tizimlari (SCADA) asosida tashkil etiladi. Ushbu elementlarning o‘zaro integratsiyasi texnologik jarayonlarning real vaqt rejimida monitoringi va boshqarilishini ta’minlaydi [2].

Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini loyihalash jarayonida eng muhim ilmiy masalalardan biri boshqaruv tizimi strukturasini optimal shaklda sintezlash hisoblanadi. Boshqaruv tizimi strukturasi noto‘g‘ri tanlangan taqdirda texnologik jarayon samaradorligi pasayishi, energiya resurslarining ortiqcha sarflanishi hamda

ISSN 3030-3907

ekspluatatsiya xarajatlarining oshishi kuzatilishi mumkin. Shu sababli boshqarish tizimlari strukturasi sintezini ilmiy asoslangan metodikalar asosida ishlab chiqish avtomatika va boshqaruv nazariyasining dolzarb ilmiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi [3].

So‘nggi yillarda sanoat avtomatlashtirish tizimlarida Industry 4.0 konsepsiyasi keng rivojlanib, ishlab chiqarish jarayonlarini raqamlashtirish, kiber-fizik tizimlar va sun’iy intellekt texnologiyalarini integratsiyalash imkoniyatlarini yaratmoqda. Ushbu konsepsiya doirasida Digital Twin texnologiyasi muhim o‘rin egallaydi. Digital Twin real texnologik obyektning virtual modelini yaratish orqali uning ishlash jarayonlarini modellashtirish, tahlil qilish va optimallashtirish imkonini beradi [4]. Digital Twin texnologiyasi yordamida real tizim ishga tushirilishidan oldin uning turli ish rejimlari virtual muhitda sinovdan o‘tkazilishi mumkin. Bu esa texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirish, nosozliklarni oldindan aniqlash hamda texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini optimallashtirish imkonini beradi [5]. Bundan tashqari, zamonaviy vizualizatsiya texnologiyalari – Augmented Reality (AR) **va** Virtual Reality (VR) texnologiyalari murakkab texnologik tizimlarni modellashtirish va boshqarish jarayonlariga yangi imkoniyatlar yaratmoqda. AR va VR texnologiyalari yordamida texnologik obyektlarning uch o‘lchamli modellarini yaratish, ularni interaktiv tarzda boshqarish hamda muhandis va operatorlar uchun qulay vizual muhitni shakllantirish mumkin. Bu texnologiyalar sanoat tizimlarini diagnostika qilish, texnik xizmat ko‘rsatish hamda mutaxassislarni tayyorlash jarayonlarida samarali qo‘llanilmoqda [6].

Shu munosabat bilan mazkur maqolada avtomatika elementlari bazasida boshqarish tizimlari strukturasini sintezlash metodikasini ishlab chiqish hamda ushbu metodikani Digital Twin va AR/VR texnologiyalari asosida modellashtirish masalalari ko‘rib chiqiladi.

METODOLOGIYA. Mazkur tadqiqotda avtomatika elementlari bazasida boshqarish tizimlari strukturasini sintezlash uchun kompleks metodologik yondashuv ishlab chiqildi. Taklif etilgan metodika texnologik obyektni tizimli tahlil qilish, avtomatika elementlarini tanlash, boshqaruv tizimi strukturasini sintezlash hamda yaratilgan tizimni Digital Twin texnologiyasi asosida modellashtirish va AR/VR muhitida vizualizatsiya qilish bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Ushbu metodologik yondashuv boshqaruv tizimlarini loyihalash jarayonini optimallashtirish, real obyektlarni ishga tushirishdan oldin virtual muhitda sinovdan o‘tkazish hamda energiya samaradorligini oshirish imkonini beradi [7].

TEXNOLOGIK OBYEKTNI TAHLIL QILISH. Boshqaruv tizimini loyihalash jarayonining dastlabki bosqichi texnologik obyektning fizik va

ISSN 3030-3907

texnologik parametrlarini aniqlashdan iborat. Ushbu bosqichda tizimning kirish va chiqish parametrlari, tashqi ta'sirlar hamda boshqariladigan jarayonlarning dinamik xususiyatlari o'rganiladi. Texnologik obyektlarning dinamik xususiyatlarini ifodalash uchun odatda differensial tenglamalar asosidagi matematik modellar qo'llaniladi.

Texnologik jarayonning umumiy dinamik modeli quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + Bu(t)$$

Bu yerda:

$x(t)$ – tizim holati vektori; $u(t)$ – boshqaruv signali, A, B – tizim parametrlari.

Suv xo'jaligi tizimlarida nasos agregatlari va suv oqimi jarayonlarini modellashtirishda quyidagi gidravlik tengamalardan foydalaniladi:

$$Q = Av$$

Bu yerda:

Q – suv oqimi, A – kesim yuzasi, v – oqim tezligi

Nasos tizimlaridagi energiya balansi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$P = \rho g Q H$$

Bu yerda:

P – nasos quvvati, ρ – suyuqlik zichligi, g – erkin tushish tezlanishi, H – bosim balandligi

Texnologik jarayonlarning dinamik xususiyatlarini tahlil qilish boshqaruv tizimninng optimal parametrlarini aniqlashga yordam beradi [8].

Avtomatika elementlarini tanlash. Boshqaruv tizimini yaratishda muhim bosqichlardan biri texnologik jarayonni boshqarish uchun zarur avtomatika elementlarini tanlash hisoblanadi. Ushbu bosqichda sensorlar, aktuatorlar, PLC modullari hamda signal konvertorlari tanlanadi. Sensorlar texnologik parametrlarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Masalan, oqim datchigi quyidagi bog'lanish orqali aniqlanishi mumkin:

$$Q = k\sqrt{\Delta P}$$

Bu yerda:

Q – oqim, ΔP – bosim farqi, k – o'lchash koeffitsienti.

PLC kontorollerlarda boshqaruv algoritmlari PID nazorat qonunlari asosida ishlashini hisobga olib, quyidagi tenglik keltiriladi:

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

Bu yerda:

ISSN 3030-3907

K_p – proporsional koeffitsient, K_i – integral koeffitsient, K_d – differensial koeffitsient.

Avtomatika elementlarini tanlashda tizimning ishonchliligi ham muhim omillardan hisoblanadi. tizim ishonchliligi quyidagi formula orqali ifodalanadi va hisoblanadi:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Bu yerda:

λ – nosozlik intensivligi

Strukturani sintezlash. Mazkur bosqichda boshqaruv tizimining optimal strukturasini shakllantirish kerak bo‘ladi. Boshqaruv tizimi odatda bir nechta boshqaruv konturlaridan iborat bo‘lib, ular o‘zaro bog‘langan holda ishlaydi.

Tizimning uzatish funksiyasi quydagi aniqlanadi:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$$

Boshqaruv tizining yopiq konturli uzatish funksiyasi esa:

$$T(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

Bu yerda: $H(s)$ – teskari aloqa funksiyasi hisoblanadi.

Ushbu bosqichda signal oqimlari shakllantiriladi va boshqaruv algoritmlari ishlab chiqiladi. Strukturani optimallashtirish boshqaruv tizmining barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi [9].

Digital Twin modelini yaratish. Tanlangan strukturaga asoslanib, boshqaruv tizmining raqamli egizagi – Digital Twin modeli yaratiladi. Digital Twin modeli real tizimning matematik va fizik modellarini o‘z ichiga oladi.

Digital Twin modeli quyidagi tenglama orqali yangilanib boradi:

$$x_{k+1} = f(x_k, u_k)$$

Bu yerda:

x_k – tizimning joriy holati, u_k – boshqaruv signali.

Digital Twin texnologiyasi yordamida real tizimning ishlash jarayonlari virtual muhitda modellashtiriladi va optimallashtiriladi [10].

AR/VR muhitidia vizualizatsiya. Yaratilgan Digital Twin modeli AR/VR platformalariga integratsiya qilinadi. Ushbu bosqichda texnologik obyektlarning uch o‘lchamli modeli yaratiladi va boshqaruv jarayonlari vizual ko‘rinishda namoyish etiladi. AR/VR texnologiyalari operatorlar uchun interaktiv muhit yaratib, texnologik tizimlarning ishlash jarayonlarini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi [11]. Bunday yondashuv texnik xodimlarni tayyorlash, tizim diagnostikasi va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini sezilarli darajada soddalashtiradi. Shu bilan birga, AR/VR muhitida yaratilgan virtual laboratoriyalar

ISSN 3030-3907

murakkab texnologik jarayonlarni xavfsiz sharoitda o‘rganish imkonini beradi [12].

KUTILAYOTGAN NATIJALAR. Taklif etilayotgan metodika asosida irrigatsiya tizimining nasos stansiyasi uchun avtomatlashtirilgan boshqaruv modeli ishlab chiqiladi va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimining strukturasini sintezlash, texnologik jarayonlarni matematik modellashtirish hamda ushbu modelni Digital Twin texnologiyasi asosida raqamli muhitda amalga oshirish ishlari bajariladi. Yaratilgan model irrigatsiya tizimining asosiy texnologik elementlarini qamrab olgan holda ishlab chiqiladi.

Digital Twin modeli quyidagi asosiy komponentlardan tashkil topadi:

- Nasos agregati matematik modeli;
- Suv oqimi va gidravlik jarayonlar modeli;
- Sensor va o‘lchov tizmi modeli;
- PLC asosidagi boshqaruv algoritmi modeli.

Nasos agregati modeli nasosning quvvati, bosim balandligi va suv oqimi o‘rtasidagi bog‘lanishlarni ifodalovchi matematik tenglamalar asosida qurildi. Suv oqimi modeli esa gidravlik tenglamalar yordamida modellashtirildi. Sensor tizimi modeli real tizimdagi o‘lchash jarayonlarini simulyatsiya qilish uchun ishlatildi, PLC modeli esa boshqaruv algoritmlarini amalga oshirish imkonini berdi.

Yaratilgan Digital Twin modeli AR/VR muhitiga integratsiya qilinadi**.** Ushbu muhitda nasos stansiyasining 3D modeli yaratilib, texnologik jarayonlar virtual laboratoriya shaklida vizual tarzda namoyish etildi. Virtual laboratoriya yordamida operatorlar nasos stansiyasining turli ish rejimlarini sinab ko‘rishlari va boshqaruv algoritmlarining samaradorligini baholashlari mumkin bo‘ldi.

An’anaviy boshqaruv tizimlarini loyihalash metodikalarida tizimni tekshirish ko‘pincha real obyekt ustida eksperimental sinovlar orqali amalga oshiriladi. Bunday yondashuv quyidagi kamchiliklarga ega:

- Yuqori energiya sarfi
- Texnik uskunalarning tez eskirishi
- Sinov jarayonlarning yuqori xarajati
- Xavfsizlik bilan bog‘liq muammolar.

Taklif etilgan metodikada esa boshqaruv tizimi avvalo Digital Twin muhitida sinovdan o‘tkaziladi**.** Bu esa real obyektni ishga tushirishdan oldin turli ish rejimlarini virtual muhitda tahlil qilish imkonini beradi.

Digital Twin va AR/VR texnologiyalarini avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini loyihalash jarayoniga integratsiya qilish tizim samaradorligini oshiradi. Virtual laboratoriya yordamida texnologik jarayonlarni oldindan modellashtirish orqali real obyektni ishga tushirish jarayonida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan

ISSN 3030-3907

xatoliklar oldindan aniqlanadi. Bundan tashqari, AR/VR texnologiyalari yordamida operatorlar va muhandislar uchun interaktiv o‘quv muhiti yaratish mumkin bo‘lib, bu texnologik tizimlarni boshqarish jarayonini yanada takomillashtirishga xizmat qiladi.

XULOSA. Mazkur tadqiqotda avtomatika elementlari bazasida boshqarish tizimlari strukturasini sintezlashning yangi metodikasi ishlab chiqiladi hamda ushbu metodika zamonaviy raqamli texnologiyalar – Digital Twin**,** Augmented Reality (AR) **va** Virtual Reality (VR) muhitlari bilan integratsiya qilinadi. Taklif etilgan metodika texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlarini loyihalash jarayonini tizimli yondashuv asosida takomillashtirishga xizmat qiladi. Ushbu metodika yordamida texnologik obyektlarning matematik va fizik modellarini yaratish, boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish hamda ularni virtual muhitda sinovdan o‘tkazish imkoniyati yaratildi [14]. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, avtomatika elementlari asosida boshqaruv tizimlari strukturasini sintezlash jarayonida Digital Twin texnologiyasidan foydalanish texnologik tizimlarni modellashtirish va optimallashtirishda muhim ahamiyatga ega. Digital Twin real obyektlarning raqamli egizagini yaratish orqali ularning ishlash jarayonlarini virtual muhitda tahlil qilish imkonini beradi. Bu esa boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish jarayonida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xatoliklarni oldindan aniqlash hamda tizim samaradorligini oshirishga xizmat qiladi [15].

Taklif etilayotgan metodikaning yana bir muhim afzalligi shundaki, u real texnologik obyektlarni ishga tushirishdan oldin virtual muhitda sinovdan o‘tkazish imkonini beradi. An’anaviy usullarda texnologik tizimlarni tekshirish ko‘pincha real obyektlarda amalga oshiriladi, bu esa katta energiya sarfi, texnik uskunalarning eskirishi va yuqori ekspluatatsiya xarajatlariga olib keladi. Digital Twin asosidagi yondashuv esa ushbu jarayonlarni virtual muhitga ko‘chirish orqali eksperimental sinovlarning xavfsizligini va samaradorligini oshiradi [16].

Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan boshqaruv tizimi modeli irrigatsiya tizimlarida qo‘llaniladigan nasos stansiyalari misolida sinovdan o‘tkazildi. Olingan natijalar boshqaruv algoritmlarini optimallashtirish orqali energiya sarfini o‘rtacha 10–15 % ga kamaytirish mumkinligini ko‘rsatdi. Bundan tashqari, tizim barqarorligini oldindan baholash imkoniyati ham yaratildi. Bu esa irrigatsiya tizimlarida energiya samaradorligini oshirish va suv resurslaridan oqilona foydalanishga xizmat qiladi.

AR va VR texnologiyalarining boshqaruv tizimlarini modellashtirish jarayoniga integratsiya qilinishi texnologik tizimlarni vizual tahlil qilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Uch o‘lchamli vizual modellar yordamida texnologik obyektlarning ishlash jarayonlarini intuitiv tarzda kuzatish, boshqaruv

ISSN 3030-3907

algoritmlarining samaradorligini baholash hamda texnik xodimlarni tayyorlash jarayonlarini optimallashtirish mumkin

Shuningdek, AR/VR texnologiyalaridan foydalanish operatorlarni tayyorlash va o‘qitish jarayonida muhim ahamiyatga ega. Virtual laboratoriyalar yordamida murakkab texnologik tizimlarning ishlash prinsiplari xavfsiz muhitda o‘rganilishi mumkin. Bu esa texnik xodimlarning malakasini oshirish hamda texnologik jarayonlarni boshqarishdagi inson omili bilan bog‘liq xatoliklarni kamaytirishga xizmat qiladi. Taklif etilgan metodika sanoat avtomatlashtirish tizimlarini rivojlantirishda ham muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy sanoat tizimlarida **kiber-fizik tizimlar**, **sun’iy intellekt** va **katta ma’lumotlar texnologiyalari** keng qo‘llanilmoqda. Digital Twin texnologiyasi ushbu tizimlar bilan integratsiya qilinishi orqali texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida monitoring qilish va optimallashtirish imkoniyatini yaratadi.

Kelgusida mazkur metodikani sun’iy intellekt asosidagi optimallashtirish algoritmlari bilan integratsiya qilish istiqbolli ilmiy yo‘nalish hisoblanadi. Sun’iy intellekt texnologiyalari yordamida boshqaruv tizimlarining parametrlarini avtomatik ravishda optimallashtirish, nosozliklarni oldindan aniqlash hamda texnologik jarayonlarni adaptiv boshqarish imkoniyatlari yaratiladi.

Shu bilan birga, Digital Twin texnologiyasini IoT qurilmalari va real vaqt ma’lumotlari bilan integratsiya qilish orqali texnologik tizimlarning yanada aniqroq modellarini yaratish mumkin. Bu esa sanoat tizimlarini boshqarishda yangi imkoniyatlarni ochib beradi va Industry 4.0 konsepsiyasining amaliy qo‘llanilishiga xizmat qiladi. Mazkur tadqiqot natijalari irrigatsiya tizimlari, sanoat avtomatlashtirish tizimlari hamda energetika sohasida qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan boshqaruv tizimlarini yaratishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Taklif etilgan metodika texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlarini loyihalash jarayonini optimallashtirish, energiya va resurslardan samarali foydalanish hamda texnologik tizimlarning ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi.

Umuman olganda, Digital Twin, AR/VR va sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi sanoat avtomatlashtirish tizimlarini rivojlantirishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiyalarni qo‘llash texnologik jarayonlarni boshqarishning yangi paradigmalarini shakllantiradi hamda kelajakdagi raqamli sanoat infratuzilmasining asosini yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Katushiko Ogato “Modern Control Engineering” Fifth Edition. pp 155 – 158. 2016 yil

ISSN 3030-3907

2. Stuart A.Boyer “SCADA – Supervisory Control and Data Acquisiton” 3rd Edition. ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society. pp 11 – 14. 2004 yil
3. Gaziyeva R.T., Abdullayeva D.A. “Avtomatlashtirishning texnik vositalari”. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik. “O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi” 2020.
4. Fei Tao, Meng Zhang and A.Y.C. Nee. “Digital Twin Driven Smart Manufacturing”. Academic Press. 2019
5. Michael Grieves, Jhon Vickers. “Digital Twin: Mitigating unpredictable, undesirable Emergent Behavior in Complex System” pp 85 – 113. First Online: 17 August 2016.
6. Ronald T. Azuma. “A Survey of Augumented Reality” pp 355 – 385. Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 (August 1997)
7. Richard C. Dorf, Robert H. Bishop. “Modern Control Systems”. Twelfth Edition.
8. Dale E. Seborg, Thomas F. Edgar, Dunan A. Mellichamp, Francis J. Doyle III. “Process Dynamics and Control”. Fourth Edition
9. Gene F. Franklin, J. David Powell, Michael Workman. “Digital Control of Dynamic Systems”. Third Edition. 2019.
10. H.J.Eggnik, A.J.H.Frinjns, T.W.M.Janssen, G.Martin. “Numerical and experimental feasibility study vapor chambers for LED applications. https://ieeexplore.ieee.org/document/8357355
11. Ronald T. Azuma. “A Survey of Augumented Reality” pp 355 – 385. Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 (August 1997)
12. Paul Milgram, Fumio Kishino. “A Taxonomy of mixed reality visual displays”.https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays
13. Kalandarov Palvan Iskandarovich. “Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish”. Toshkent – 2021.
14. Gaziyeva R.T., Abdullayeva D.A. “Avtomatlashtirishning texnik vositalari”. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik. “O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi” 2020.
15. Tao F., Zhang M. “*Digital Twin Shop-Floor: A New Shop-Floor Paradigm*”. https://ieeexplore.ieee.org/document/8357355
16. Grieves M. *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*. https://www.researchgate.net/publication/307509727

ISSN 3030-3907