

## IOT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA MEXATRON QURILMALARNI MASOFADAN NAZORAT QILISH TIZIMI.

*Abdukarimov Muhammadsodiq Abdulhamid o'g'li,  
Loyixalar va texnologiyalar boshqarmasi,  
Yangi loyihalar bòlimi yetakchi mutaxassi,  
Uz Koram Kompani Mchj QK.*

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada Internet of Things (IoT) texnologiyalari yordamida mexatron qurilmalarni masofadan nazorat qilish tizimining ilmiy-amaliy asoslari tahlil qilinadi. IoT qurilmalari va mexatronika tizimlarining o'zaro integratsiyasi, real vaqt monitoringi, ma'lumot uzatish texnologiyalari hamda ularning sanoat va xizmat ko'rsatish sohasidagi qo'llanishi yoritiladi. Tadqiqotda Arduino, Raspberry Pi kabi platformalar asosida ishlab chiqilgan masofaviy boshqaruv tizimining ishlash prinsipi ko'rsatiladi.*

***Kalit so'zlar:** IoT, mexatronika, masofaviy boshqaruv, datchik, bulutli texnologiya, monitoring, avtomatlashtirish.*

So'nggi yillarda texnologik taraqqiyotning eng muhim yo'nalishlaridan biri bu — Internet of Things (IoT) texnologiyalarining keng qo'llanishidir. IoT texnologiyalari har qanday jismoniy qurilmani global tarmoqqa ulash, real vaqt rejimida ma'lumot yig'ish, tahlil qilish va masofadan boshqarish imkonini beruvchi tizim sifatida tanilgan. Ushbu texnologiya nafaqat maishiy hayotda, balki sanoat, transport, energetika, qishloq xo'jaligi, tibbiyot va boshqa ko'plab sohalarda samarali qo'llanilmoqda. Ayniqsa, mexatron qurilmalarni masofadan boshqarish sohasida IoT texnologiyalarining joriy etilishi ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirishda yangi bosqichni boshlab berdi.

Mexatronika — bu mexanik, elektron, avtomatika va axborot texnologiyalarini birlashtirgan fan sohasi bo'lib, u aqlli tizimlar yaratishda muhim rol o'ynaydi. Mexatron tizimlar odatda datchiklar, aktuatorlar, boshqaruv modullari va dasturiy ta'minotdan tashkil topadi. IoT texnologiyalarini mexatronika bilan integratsiyalash natijasida bu qurilmalarni nafaqat lokal, balki global miqyosda ham masofadan turib nazorat qilish va boshqarish imkoniyati yuzaga keladi. Bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi, inson mehnatini yengillashtiradi va tizim xavfsizligini ta'minlaydi [1-3].

IoT asosidagi mexatron tizimlar ma'lumotlarni yig'ish va tahlil qilish jarayonida yuqori aniqlikni ta'minlaydi. Masalan, ishlab chiqarish liniyasidagi har bir mexatron qurilmaning holati, energiya sarfi, ish faoliyati va nosozlik holatlari haqidagi

ma'lumotlar avtomatik tarzda bulutli platformaga yuboriladi. Foydalanuvchi bu ma'lumotlarni mobil ilova yoki kompyuter orqali kuzatib boradi. Shu yo'l bilan tizimning ishlash samaradorligi doimiy monitoring ostida bo'ladi.

Bundan tashqari, IoT texnologiyalari yordamida mexatron tizimlarga sun'iy intellekt algoritmlari integratsiyalanib, o'z-o'zini o'rganadigan (self-learning) boshqaruv modellarini yaratish imkoniyati mavjud. Bu esa nosozliklarni oldindan aniqlash, energiya tejamkorligini oshirish va avariya xavfini kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Demak, IoT texnologiyalarini mexatron qurilmalarga tatbiq etish nafaqat nazorat tizimining samaradorligini oshiradi, balki iqtisodiy jihatdan ham foydali yechimlarni taqdim etadi. Shu sababli, ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — IoT texnologiyalaridan foydalangan holda mexatron qurilmalarni masofadan nazorat qilish tizimini ishlab chiqish, uni amaliyotda sinovdan o'tkazish va uning samaradorligini ilmiy asosda baholashdan iboratdir.

IoT texnologiyalari asosida mexatron qurilmalarni masofadan nazorat qilish tizimi bo'yicha olib borilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, bunday tizimlar real vaqt rejimida ma'lumot yig'ish, tahlil qilish va avtomatik boshqarish imkoniyatini yuqori aniqlik bilan ta'minlaydi. Tadqiqot davomida Arduino UNO mikrokontrolleri va DHT22, BMP280 hamda vibrosensor datchiklari asosida ishlovchi model yaratildi. Qurilma Wi-Fi moduli orqali ThingSpeak bulutli platformasiga ulanib, real vaqt rejimida harorat, namlik, bosim va tebranish bo'yicha ma'lumotlarni uzatdi [4-7].

Ma'lumotlar mobil ilova interfeysi orqali kuzatildi va boshqaruv paneli orqali qurilmaning ish rejimi o'zgartirildi. Sinov jarayonida tizimning ishlash samaradorligi, uzatish tezligi, uzilish chastotasi va energiya sarfi bo'yicha ko'rsatkichlar tahlil qilindi. Quyidagi 1-jadvalda sinov natijalari keltirilgan.

### *IoT mexatron nazorat tizimining sinov natijalari*

*1-jadval.*

<b>№</b>	<b>Ko'rsatkich nomi</b>	<b>O'lchov birligi</b>	<b>O'rtacha natija</b>	<b>Izoh</b>
<b>1</b>	Ma'lumot uzatish aniqligi	%	98,7	Yuqori aniqlik
<b>2</b>	Aloqa uzilish chastotasi	%	1,3	Juda past daraja
<b>3</b>	Ma'lumot uzatish kechikishi	millisekund	250	Real vaqt monitoringi uchun maqbul
<b>4</b>	Energiya sarfi	Vt	3,5	Tejamkor ishlash rejimi

5	Monitoring samaradorligi	%	94,2	Uzluksiz kuzatuv
6	Avtomatik javob (reaksiya) vaqti	soniya	1,2	Tezkor boshqaruv
7	Tizimning umumiy ishonchligi	%	97,5	Barqaror ishlash holati

Ushbu natijalar IoT texnologiyalari asosida ishlab chiqilgan mexatron nazorat tizimi ishonchli va samarali ishlashini ko'rsatadi. Sinovlar davomida datchiklardan olingan ma'lumotlarning 98,7 foizi to'liq va aniqlik bilan qabul qilingan bo'lsa, aloqa uzilishlari faqat 1,3 foiz holatda kuzatildi. Bu esa tizimning uzluksiz ishlashini va yuqori ishonchliligini tasdiqlaydi.

Tahlillar natijasida shuningdek, tizimning energiya sarfi ham nisbatan past ekani aniqlanib, bu mexatron qurilmalarni uzoq muddatli ishlash rejimida samarali ishlash imkonini beradi. Tizimning o'z-o'zini nazorat qilish moduli orqali datchik nosozligi aniqlansa, u avtomatik ravishda foydalanuvchiga signal yuboradi va jarayon to'xtatiladi. Bu ishlab chiqarish xavfsizligini oshiruvchi muhim omildir [8,9].

Muhokama jarayonida shuningdek, IoT asosida ishlab chiqilgan mexatron tizimlarning amaliy afzalliklari ham tahlil qilindi.

*Ulardan eng muhimlari quyidagilardan iborat:*

1. **Masofadan boshqaruv imkoniyati:** foydalanuvchi mobil qurilma orqali tizimni istalgan joydan kuzatishi va boshqarishi mumkin.

2. **Avtomatik boshqaruv:** datchiklar tomonidan olingan ma'lumotlarga asoslanib, tizim mustaqil qaror qabul qiladi.

3. **Xavfsizlikni oshirish:** nosozlik holatlarida avtomatik ogohlantirish va to'xtatish mexanizmi mavjud.

4. **Energiya tejamkorligi:** optimal ishlash algoritmlari natijasida energiya sarfi 15–20% gacha kamayadi.

5. **Bulutli tahlil:** ThingSpeak platformasi orqali ma'lumotlar saqlanadi, qayta ishlanadi va grafik shaklida tahlil qilinadi.

IoT asosidagi mexatron tizimlar ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirishda inson omilini kamaytiradi, texnik xatoliklarni oldini oladi va raqamli tahlil imkoniyatlarini kengaytiradi. Shuningdek, bunday tizimlar ishlab chiqarish samaradorligini o'rtacha 30% gacha oshirishi va texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini sezilarli kamaytirishi aniqlangan [10].

Shu bilan birga, tarmoq xavfsizligini mustahkamlash, ma'lumot uzatish protokollarini takomillashtirish hamda bulutli platformalarda autentifikatsiya mexanizmlarini kuchaytirish bo'yicha qo'shimcha tadqiqotlar olib borish zarur.

Bunday yondashuv IoT texnologiyalarining mexatronika sohasida yanada keng va xavfsiz tatbiq etilishiga xizmat qiladi.

**Xulosa.** Tadqiqot davomida o‘rganilgan IoT texnologiyalari asosida mexatron qurilmalarni masofadan nazorat qilish tizimi zamonaviy muhandislik va avtomatlashtirish sohasida katta imkoniyatlar ochayotganini ko‘rsatdi. IoT (Internet of Things) texnologiyalari yordamida mexatron qurilmalarni masofadan boshqarish, ularning holatini real vaqt rejimida monitoring qilish va ma’lumotlarni tahlil qilish imkoniyati ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu tizimning afzalligi shundaki, u inson aralashuvisiz, o‘z-o‘zini boshqaruvchi va avtomatik qaror qabul qiluvchi aqlli mexanizmlarni yaratish imkonini beradi.

Olib borilgan tajribalar shuni ko‘rsatdiki, IoT asosidagi nazorat tizimlari yuqori aniqlikdagi datchiklar orqali to‘plangan ma’lumotlarni tez va ishonchli tarzda uzata oladi. Tizimda foydalanilgan Arduino UNO mikrokontrolleri, Wi-Fi moduli va ThingSpeak bulutli platformasi o‘zaro integratsiya qilingan holda barqaror ishlashni ta’minladi. Tizimning sinov natijalari asosida ma’lumot uzatish aniqligi 98,7 foiz, aloqa uzilish chastotasi esa atigi 1,3 foizni tashkil etdi. Bu esa IoT texnologiyalari yordamida yaratilgan mexatron nazorat tizimlarining ishonchliligi yuqori ekanini isbotlaydi.

Shuningdek, tizimda kuzatilgan energiya tejamkorlik darajasi ham muhim natija bo‘ldi. Qurilmaning ishlash algoritmi optimallashtirilgani sababli, energiya sarfi 15 foizgacha kamaydi. Bunday tejamkor tizimlar ishlab chiqarish obyektlarida, ayniqsa uzluksiz monitoring talab etiladigan joylarda (energetika, issiqlik almashinuvi tizimlari, transport boshqaruvi va boshqalar) qo‘llash uchun qulay hisoblanadi.

IoT texnologiyalarini mexatron qurilmalarga integratsiyalash natijasida ishlab chiqarish jarayonlari yanada raqamlashtirilmoqda. Bunday tizimlar ishlab chiqarish jarayonini avtomatik tarzda nazorat qilish, nosozliklarni oldindan aniqlash, texnik xizmat ko‘rsatish vaqtini rejalashtirish va ishlab chiqarish sifatini barqarorlashtirish imkonini beradi. Shuningdek, tizimda yig‘ilgan katta hajmdagi ma’lumotlar (Big Data) tahlili yordamida ishlab chiqarishning muhim ko‘rsatkichlarini bashorat qilish imkoniyati ham yaratiladi.

Biroq, tadqiqot jarayonida aniqlanganidek, IoT asosidagi tizimlarda xavfsizlik masalasi dolzarbdir. Ma’lumotlarning tarmoq orqali uzatilishi kiberhujumlarga nisbatan zaiflikni keltirib chiqaradi. Shu sababli, kelgusidagi tadqiqotlarda ma’lumotlarni shifrlash algoritmlarini takomillashtirish, tarmoq xavfsizligini mustahkamlash va sun’iy intellekt asosidagi avtomatik himoya tizimlarini ishlab chiqish zarur.

Umuman olganda, IoT texnologiyalariga asoslangan mexatron nazorat tizimlarini ishlab chiqish nafaqat texnik yutuq, balki iqtisodiy jihatdan ham muhim

natijalar beradi. U ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi, resurslardan oqilona foydalanishni ta'minlaydi va raqamli transformatsiya jarayonini jadallashtiradi. Shu sababli, ushbu yo'nalishda ilmiy izlanishlarni davom ettirish, IoT tarmoqlari bilan integratsiyalashgan aqlli mexatron tizimlarni yaratish va ularni mahalliy sanoat tarmoqlariga joriy etish muhim strategik vazifa hisoblanadi.

### Adabiyotlar.

1. Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). *Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 17(4), 2347–2376.
2. Lee, I., & Lee, K. (2015). *The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises*. Business Horizons, 58(4), 431–440.
3. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions*. Future Generation Computer Systems, 29(7), 1645–1660.
4. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). *Internet of Things for Smart Cities*. IEEE Internet of Things Journal, 1(1), 22–32.
5. Khanna, A., & Kaur, S. (2020). *Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture*. Computers and Electronics in Agriculture, 157(3), 218–231.
6. Ковалев, В. И., & Сидоров, А. Н. (2021). *Мехатронные системы и робототехника: современные тенденции и развитие технологий*. Москва: Машиностроение.
7. Rahmonov, A., & Tursunov, B. (2022). *Raqamli texnologiyalar asosida sanoat mexatron tizimlarini boshqarishning innovatsion yondashuvlari*. "Texnika va texnologiyalar rivoji" ilmiy jurnali, 4(2), 65–72.
8. Bekmurodov, D., & Xolboev, M. (2023). *IoT texnologiyalarini qo'llash orqali ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish*. O'zbekiston Muhandislik Axborotnomasi, 5(1), 88–95.
9. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). *The Internet of Things: A survey*. Computer Networks, 54(15), 2787–2805.
10. Tursunov, F., & Karimov, O. (2024). *Mexatron qurilmalarni masofadan boshqarish tizimlarining texnologik asoslari*. Urganch davlat texnika universiteti ilmiy to'plami, 2(1), 43–50.