



UDK: 628.5: 504.064

Nodira F. RAXMATOVA,
Katta o'qituvchi, Islom Karimov nomidagi TDTU, Toshkent, O'zbekiston
E-mail: oripova.n@list.ru, ORCID: 0000-0003-2587-6538
Dilnoza K. ABDULLAYEVA,
PhD, dots, Islom Karimov nomidagi TDTU, Toshkent, O'zbekiston
Aziza A. SHAXAKIMOVA,
PhD, dots, Islom Karimov nomidagi TDTU, Toshkent, O'zbekiston.
Nargiza T. RAXMATULLAYEVA,
PhD, dots., Islom Karimov nomidagi TDTU, Toshkent, O'zbekiston.
Sevara Dj. XOLIKOVA,
Prof.v.v.b. Islom Karimov nomidagi TDTU, Toshkent, O'zbekiston.

TKTI "Sanoat ekologiyasi" professori, k.f.d X.Po'latov taqrizi asosida

INTRODUCTION OF DIGITAL WASTE MANAGEMENT MONITORING SYSTEMS IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

Annotation

This article examines theoretical and practical aspects of implementing digital monitoring systems for industrial waste management. The role of IoT technologies, sensor-based control devices, and automated data processing platforms in environmental management systems is analyzed. Based on a model developed for a medium-sized industrial enterprise, the environmental and economic efficiency of digital monitoring is evaluated. The results indicate that real-time monitoring reduces waste volume, optimizes resource use, and prevents environmental risks. Digital waste management is considered a key element of sustainable industrial development strategy.

Keywords: environmental monitoring, industrial waste, digital technologies, IoT, sensor systems, automation, environmental safety.

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация

В статье исследованы теоретические и практические аспекты внедрения цифровых систем мониторинга управления промышленными отходами. Проанализирована роль IoT-технологий, сенсорных устройств контроля и автоматизированных платформ обработки данных в системе экологического менеджмента предприятия. На примере промышленного предприятия средней мощности разработана модель цифрового мониторинга и оценена ее экологическая и экономическая эффективность. Результаты показывают, что контроль в режиме реального времени способствует снижению объемов отходов, рациональному использованию ресурсов и предотвращению экологических рисков. Цифровизация управления отходами является важным элементом стратегии устойчивого развития промышленности.

Ключевые слова: экологический мониторинг, промышленные отходы, цифровые технологии, IoT, сенсорные системы, автоматизация, экологическая безопасность.

SANOAT KORXONALARIDA CHIQUINDILARNI BOSHQARISHNING RAQAMLI MONITORING TIZIMLARINI JORIY ETISH

Annotatsiya

Mazkur maqolada sanoat korxonalarida hosil bo'ladigan chiqindilarni samarali boshqarish maqsadida raqamli monitoring tizimlarini joriy etishning nazariy va amaliy jihatlari tadqiq etilgan. Tadqiqot jarayonida IoT texnologiyalari, sensorli nazorat qurilmalari hamda avtomatlashtirilgan ma'lumotlarni qayta ishlash platformalarining ekologik boshqaruv tizimidagi o'rni tahlil qilindi. O'rta quvvatli sanoat korxonasi misolida ishlab chiqilgan model asosida raqamli monitoring tizimining ekologik va iqtisodiy samaradorligi baholandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, real vaqt rejimida nazorat qilish chiqindilar hajmini kamaytirish, resurslardan oqilona foydalanish hamda ekologik xavflarni oldini olish imkonini beradi. Raqamli texnologiyalar asosida chiqindilarni boshqarish sanoatning barqaror rivojlanish strategiyasining muhim elementi hisoblanadi.

Kalit so'zlar: ekologik monitoring, sanoat chiqindilari, raqamli texnologiyalar, IoT, sensor tizimlar, avtomatlashtirish, ekologik xavfsizlik, barqaror rivojlanish.

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarishining kengayishi ekologik muammolarning keskinlashuviga olib kelmoqda. Sanoat korxonalarida hosil bo'ladigan qattiq, suyuq va gazsimon chiqindilar atrof-muhit komponentlariga – atmosfera, gidrosfera va litosferaga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, chiqindilarni hisobga olish va nazorat qilishning an'anaviy usullari ekologik xavfsizlikni to'liq ta'minlay olmayapti [1].

Birlashgan Millatlar Tashkiloti tomonidan qabul qilingan Barqaror rivojlanish maqsadlarida ishlab chiqarish va iste'mol jarayonlarida resurslardan oqilona foydalanish hamda chiqindilarni kamaytirish ustuvor vazifa sifatida belgilangan. Shu nuqtai nazardan, sanoat chiqindilarini boshqarishda raqamli texnologiyalarni qo'llash dolzarb ilmiy-amaliy muammo hisoblanadi.

Raqamli monitoring tizimlari real vaqt rejimida ma'lumot yig'ish, qayta ishlash va tahlil qilish imkonini berib, ekologik boshqaruv samaradorligini oshiradi. Bu tizimlar inson omilini kamaytiradi, ma'lumotlar aniqligini ta'minlaydi va tezkor qaror qabul qilishga yordam beradi [3, 4].

Tadqiqotning asosiy maqsadi – sanoat korxonalarida chiqindilarni boshqarishning raqamli monitoring tizimini ishlab chiqish va uning ekologik hamda iqtisodiy samaradorligini baholashdan iborat.

Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- sanoat chiqindilarini boshqarishning mavjud holatini tahlil qilish;
- raqamli monitoring tizimining tarkibiy tuzilmasini ishlab chiqish;
- IoT va sensor texnologiyalarining qo'llanish imkoniyatlarini o'rganish;
- joriy etish natijasida erishiladigan samaradorlikni hisoblash [3, 5].

Mazkur tadqiqotda sanoat korxonalarida chiqindilarni boshqarishning raqamli monitoring tizimini ishlab chiqish va uning samaradorligini baholash maqsadida kompleks ilmiy yondashuv qo'llanildi. Tadqiqot metodologiyasi tizimli tahlil, matematik modellashtirish, statistik baholash hamda taqqoslash usullariga asoslandi [3].

Avvalo, tizimli tahlil usuli yordamida sanoat korxonasida chiqindilar hosil bo'lish jarayoni, ularning harakati, saqlanishi va utilitatsiya bosqichlari o'rganildi. Jarayonning har bir bosqichida ma'lumot oqimlari, nazorat nuqtalari va ekologik xavf omillari aniqlanib, mavjud boshqaruv mexanizmining zaif tomonlari tahlil qilindi. Shu asosda raqamli monitoring tizimini joriy etish zarur bo'lgan funksional uchastkalar belgilab olindi.

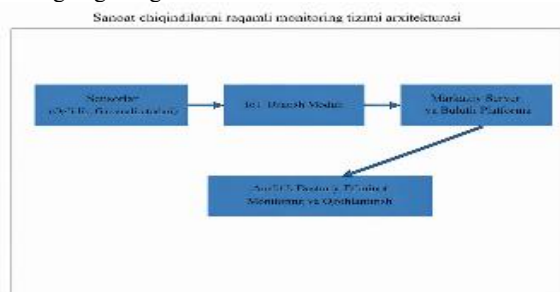
Model sifatida o'rta quvvatli sanoat korxonasi tanlandi. Tanlov mezoni sifatida chiqindilar hajmining barqarorligi, texnologik jarayonlarning uzluksizligi hamda ekologik nazorat talablarining mavjudligi hisobga olindi. Korxonada hosil bo'ladigan qattiq va gazsimon chiqindilar monitoringi asosiy tadqiqot obyekti sifatida qabul qilindi.

Raqamli monitoring tizimi bir nechta o'zaro integratsiyalashgan texnik va dasturiy komponentlardan tashkil etildi. Chiqindilar massasini aniqlash maqsadida yig'ish punktlariga yuqori aniqlikdagi og'irlik sensorlari o'rnatildi. Ushbu sensorlar real vaqt rejimida chiqindi miqdorini o'lchab, ma'lumotlarni uzatish modullariga yo'naltiradi [4]. Atmosferaga chiqariladigan zararli moddalar konsentratsiyasini nazorat qilish uchun gaz analizatorlari qo'llanildi. Ular chiqindi tarkibidagi zararli komponentlar (masalan, CO, SO₂, NOx va boshqalar) miqdorini aniqlash imkonini beradi.

Ma'lumotlarni uzluksiz va tezkor uzatish uchun IoT (Internet of Things) texnologiyasiga asoslangan uzatish modullari qo'llanildi. Sensorlardan kelayotgan signal simsiz aloqa kanallari orqali markaziy serverga yuboriladi. Serverda ma'lumotlar saqlanadi, qayta ishlanadi va tahlil qilinadi. Shu bilan birga, bulutli platforma yordamida ma'lumotlarning zaxira nusxasi yaratiladi va masofadan turib boshqarish imkoniyati ta'minlanadi.

Analiitik dasturiy ta'minot esa yig'ilgan ma'lumotlarni statistik qayta ishlash, grafik ko'rinishda aks ettirish hamda chiqindilar dinamikasini prognozlash vazifalarini bajaradi. Dastur belgilangan ekologik me'yorlar bilan taqqoslash asosida chiqindi miqdori yoki zararli modda konsentratsiyasi normadan oshgan holatlarda avtomatik ogohlantirish signalini shakllantiradi. Ushbu ogohlantirish mas'ul shaxslarga elektron xabar yoki mobil ilova orqali yuboriladi.

Statistik baholash usuli yordamida raqamli monitoring tizimi joriy etilishidan oldingi va keyingi ko'rsatkichlar solishtirildi. Taqqoslash natijasida tizimning ekologik va iqtisodiy samaradorligi aniqlanib, chiqindilar hajmi, resurslardan foydalanish darajasi hamda nazorat tezligidagi o'zgarishlar baholandi.



1-rasm. Sanoat chiqindilarini raqamli monitoring tizimi arxitekturasi.

Shunday qilib, qo'llanilgan metodologiya sanoat korxonasida chiqindilarni boshqarish jarayonini raqamlashtirish imkoniyatlarini ilmiy asosda tahlil qilish va tizimning amaliy samaradorligini aniqlashga xizmat qildi.

O'tkazilgan hisob-kitoblar va tajriba-sinov natijalari shuni ko'rsatdiki, sanoat korxonasida chiqindilarni boshqarishning raqamli monitoring tizimini joriy etish sezilarli ijobiy o'zgarishlarga olib keldi. Avvalo, real vaqt rejimida nazorat mexanizmining yo'lga qo'yilishi natijasida chiqindilar hajmi o'rtacha 15 foizgacha kamaydi. Bu ko'rsatkich ishlab chiqarish jarayonida resurslardan oqilona foydalanish, ortiqcha yo'qotishlarning oldini olish hamda texnologik intizomni kuchaytirish bilan izohlanadi.

Resurslardan foydalanish samaradorligi esa 12 foizga oshgani kuzatildi. Mazkur natija chiqindi hosil bo'lish bosqichlarini aniq monitoring qilish, ishlab chiqarish jarayonida yuzaga keladigan nosozliklarni tezkor aniqlash va bartaraf etish imkoniyatlari bilan bog'liq. Natijada xomashyo va energiya sarfi optimallashtirildi, bu esa korxonaning iqtisodiy ko'rsatkichlariga ijobiy ta'sir ko'rsatdi.

Shuningdek, ekologik jarimalar xavfi sezilarli darajada qisqardi. Raqamli tizim orqali belgilangan me'yorlardan og'ish holatlari darhol aniqlanib, tezkor choralar ko'rilishi natijasida nazorat organlari tomonidan qo'llanilishi mumkin bo'lgan moliyaviy sanksiyalar ehtimoli kamaydi. Hisobotlarni shakllantirish va taqdim etish jarayoni esa avtomatlashtirilganligi sababli 40 foizga tezlashdi. Bu esa korxonada xodimlarining vaqt resurslarini tejashga va boshqaruv samaradorligini oshirishga xizmat qildi.

Yevropa Ittifoqi mamlakatlari tajribasi ham raqamli nazorat tizimlarining yuqori samaradorligini tasdiqlaydi. Ushbu hududda chiqindilar harakati elektron platformalar orqali nazorat qilinadi, bu esa noqonuniy chiqindi tashlash holatlarini kamaytirish hamda ekologik shaffoflikni ta'minlashga yordam bermoqda.

Ekologik nuqtai nazardan, tizim atmosfera havosiga chiqarilayotgan zararli gazlar monitoringini kuchaytiradi, xavfli moddalar konsentratsiyasining me'yorlardan oshishini tezkor aniqlaydi va favqulodda vaziyatlarning oldini olish imkonini beradi. Iqtisodiy jihatdan esa resurs tejash, ishlab chiqarish samaradorligining oshishi va jarimalarning kamayishi hisobiga dastlabki investitsiya xarajatlari o'rtacha 2–3 yil ichida qoplanishi aniqlangan. Bu esa raqamli monitoring tizimlarining uzoq muddatli istiqbolda ham ekologik, ham iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq ekanligini ko'rsatadi.

Olingan natijalar sanoat korxonalarida chiqindilarni boshqarishning raqamli monitoring tizimlarini joriy etish nafaqat texnologik yangilanish, balki ekologik boshqaruv falsafasining o'zgarishini ham anglatishini ko'rsatadi. An'anaviy nazorat tizimlari ko'pincha davriy o'lchovlar va qo'lda yuritiladigan hisobotlarga asoslanadi. Bunday yondashuvda ma'lumotlar kechikib olinadi, inson omili ta'siri yuqori bo'ladi va tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish qiyinlashadi. Raqamli monitoring esa uzluksiz ma'lumot oqimini ta'minlab, boshqaruvni proaktiv shaklga o'tkazadi, ya'ni muammo yuzaga kelgandan keyin emas, balki uning oldini olish bosqichida choralar ko'rish imkonini beradi.

Tadqiqot jarayonida aniqlanishicha, real vaqt rejimidagi monitoring ishlab chiqarish jarayonidagi yashirin yo'qotishlarni aniqlashda muhim rol o'ynaydi. Masalan, chiqindilar hajmining kutilmaganda ortishi texnologik jarayondagi nosozlik yoki xomashyo sifatining pasayishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Raqamli tizim bunday og'ishlarni darhol qayd etadi va mas'ul mutaxassislariga signal yuboradi. Natijada texnologik intizom mustahkamlanadi va ekologik xavflar kamayadi.

Shu bilan birga, raqamli monitoring tizimlari ekologik shaffoflikni ta'minlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy sanoat siyosatida korxonalarining ijtimoiy va ekologik mas'uliyati tobora ortib bormoqda. Birlashgan Millatlar Tashkiloti tomonidan ilgari surilgan barqaror rivojlanish tamoyillari ishlab chiqarish jarayonlarida ochiqlik va hisobdorlikni talab qiladi. Raqamli platformalar orqali shakllantirilgan ma'lumotlar bazasi ekologik audit jarayonini soddalashtiradi, nazorat organlari va jamoatchilik uchun ishonchli axborot manbai vazifasini bajaradi.

Xalqaro tajriba ham bu yo'nalishning istiqbolli ekanini tasdiqlaydi. Xususan, Yevropa Ittifoqi mamlakatlarida chiqindilar harakatini raqamli kuzatish tizimlari joriy etilgan bo'lib, ular chiqindilarni noqonuniy tashlash va yashirish holatlarini sezilarli darajada kamaytirgan. Elektron nazorat tizimlari chiqindining hosil bo'lish manbasidan boshlab uning qayta ishlanishi yoki utilitatsiyasigacha bo'lgan barcha bosqichlarini qamrab oladi. Bu esa ekologik boshqaruvni kompleks va integratsiyalashgan shaklga keltiradi [2].

Muhokama jarayonida iqtisodiy omillar ham alohida e'tibor talab qiladi. Dastlabki investitsiya xarajatlari, ya'ni sensorlari, server uskunalari, dasturiy ta'minot va kadrlar tayyorlash bilan bog'liq sarf-xarajatlar korxonalar uchun ma'lum darajada moliyaviy yuk bo'lishi mumkin. Biroq uzoq muddatli istiqbolda resurs tejash, ishlab chiqarish samaradorligining oshishi va ekologik jarimalarning kamayishi ushbu xarajatlarni qoplash imkonini beradi. Hisob-kitoblarga ko'ra, investitsiyalar o'rtacha 2–3 yil ichida o'zini oqlaydi, bu esa loyiha iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq ekanini ko'rsatadi.

Texnik va tashkiliy muammolar ham mavjud. Jumladan, tizimning barqaror ishlashi uchun muntazam texnik xizmat ko'rsatish, sensorlarning kalibrilanishi va dasturiy ta'minotning yangilanib borilishi zarur. Bundan tashqari, kiberxavfsizlik masalalari dolzarb ahamiyat kasb etadi, chunki ma'lumotlarning yo'qolishi yoki buzilishi ekologik boshqaruv tizimining izdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli axborot xavfsizligi protokollarini joriy etish va mutaxassislar malakasini oshirish muhim vazifa hisoblanadi.

Kelgusida raqamli monitoring tizimlarini sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar (Big Data) texnologiyalari bilan integratsiya qilish imkoniyatlari mavjud. Bunday integratsiya chiqindilar hosil bo'lish dinamikasini prognozlash, ekologik xavflarni modellashtirish va strategik rejalashtirishni yanada takomillashtiradi. Natijada sanoat korxonalarida ekologik xavfsizlikni ta'minlash bilan birga o'zining raqobatbardoshligini ham oshiradi.

Umuman olganda, muhokama natijalari shuni ko'rsatadiki, raqamli monitoring tizimlari sanoat korxonalarida chiqindilarni boshqarishning samarali, shaffof va barqaror mexanizmini shakllantirishga xizmat qiladi. Ular ekologik va iqtisodiy manfaatlar uyg'unligini ta'minlab, zamonaviy sanoatni barqaror rivojlanish yo'liga olib chiqishda muhim vosita hisoblanadi.

O'tkazilgan tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida chiqindilarni boshqarishning raqamli monitoring tizimlarini joriy etish zamonaviy ekologik boshqaruvning ustuvor yo'nalishlaridan biri ekanini tasdiqladi. Raqamli texnologiyalar asosida tashkil etilgan uzluksiz nazorat tizimi ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan chiqindilar miqdori va tarkibini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi. Bu esa ekologik xavflarni erta aniqlash, me'yorlardan og'ishlarni tezkor bartaraf etish hamda atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan model shuni ko'rsatdiki, og'irlik sensorlari, gaz analizatorlari, IoT uzatish modullari va analitik dasturiy platformalar integratsiyasi chiqindilar ustidan kompleks nazoratni ta'minlaydi. Natijada chiqindilar hajmi qisqaradi, resurslardan foydalanish samaradorligi oshadi va ekologik jarimalar xavfi kamayadi. Bu esa korxonaning iqtisodiy barqarorligiga ham ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Investitsiya xarajatlarining o'rtacha 2 - 3 yil ichida qoplanishi raqamli monitoring tizimlarining iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini tasdiqlaydi.

Shuningdek, raqamli monitoring tizimlari ekologik shaffoflikni ta'minlashda muhim vosita hisoblanadi. Ma'lumotlarning avtomatik ravishda qayd etilishi va saqlanishi ekologik audit jarayonini soddalashtiradi, nazorat organlari bilan o'zaro hamkorlikni kuchaytiradi hamda korxonaning ijtimoiy mas'uliyatini oshiradi. Bu holat global miqyosda barqaror rivojlanish tamoyillariga mos keladi va sanoatning ekologik modernizatsiyasini jadallashtiradi.

Kelgusida mazkur tizimlarni sun'iy intellekt, katta ma'lumotlar texnologiyalari va prognozlash modellariga integratsiya qilish orqali ekologik boshqaruvni yanada takomillashtirish mumkin. Bunday yondashuv chiqindilar hosil bo'lish jarayonlarini oldindan bashorat qilish, resurslardan foydalanishni optimallashtirish va ekologik xavflarni minimallashtirish imkonini beradi.

Xulosa qilib aytganda, sanoat korxonalarida chiqindilarni boshqarishning raqamli monitoring tizimlarini joriy etish ekologik xavfsizlikni ta'minlash, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va barqaror rivojlanish strategiyasini amalga oshirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Mazkur yo'nalishda olib boriladigan keyingi tadqiqotlar raqamli ekologik boshqaruvning metodologik asoslarini yanada boyitadi va sanoatning ekologik transformatsiyasiga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. BMT. Barqaror rivojlanish maqsadlari bo'yicha hisobotlar. New York, 2020.
2. Yevropa Ittifoqi. Chiqindilarni boshqarish bo'yicha direktivalar to'plami. Brussels, 2019.
3. Graedel T.E., Allenby B.R. Industrial Ecology and Sustainable Engineering. Academic Press, 2020.
4. Henriksson M., et al. Environmental Monitoring and Assessment. Springer, 2019.
5. Sul'tonov A., Karimov B. Sanoat ekologiyasi va atrof-muhitni muhofaza qilish asoslari. O'quv qo'llanma. Tashkent: Fan, 2018.