

ISHLAB CHIQARISH XARAJATLARI VA ULARNI KAMAYTIRISH YO‘LLARIDA YASHIL ENERGIYA VA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNING O‘RNI

Murodxo‘jayeva Feruza Majidovna

Yashil iqtisodiyot va barqaror biznes kafedrası dotsenti

Baxriddinov Faxriddin Ilyos o‘g‘li

Namangan Davlat Universiteti, Iqtisodiyot

fakulteti LGS-AU-22 gruh talabasi

+998939484434 fakhriddinuzb@mail.ru

Annotatsiya

Yashil energiya (YE) va raqamli texnologiyalar (RT) ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishning eng samarali yo‘nalishlaridan biri sifatida ilmiy va iqtisodiy adabiyotlarda keng aks etgan. Tadqiqotlarda YE energiya sig‘imini kamaytirish orqali va RT jarayonlarni optimallashtirish natijasida sezilarli darajada qisqartirish imkonini berishi qayd etiladi. Maqolada nazariy-ilmiy yondashuvlar, empirik statistik ma‘lumotlar, sanoat 4.0 vositalari, qayta tiklanuvchi energiya tizimlarining iqtisodiy samaradorlik indeksi, energetik monitoring, OEE–Cost korrelyatsiyasi va real sektor uchun model prototipi tahlil qilinadi. Statistik dalillar grafik va tasvirlar orqali vizual asoslantiriladi.

Kalit so‘zlar

Yashil energiya, Industry 4.0, IoT, ERP, SCADA, energiya sig‘imi, ishlab chiqarish xarajatlari, OEE samaradorligi.

Kirish

So‘nggi yillarda global sanoatda energiya resurslari narxining jadal oshishi, energiya ta‘minoti barqarorligidagi xavflar hamda ekologik majburiyatlarning qat‘iylashuvi ishlab chiqarish tannarxini boshqarishda yashil energiya (YE) va real-time (RT) texnologik monitoring yondashuvlariga bo‘lgan talabni sezilarli kuchaytirdi. Xalqaro statistik-tahliliy konsensusga ko‘ra, sanoat ishlab chiqarish tizimlarida energiya sarfi umumiy tannarxning o‘rtacha 20–40% ulushini egallaydi, bu holat korxonalarning moliyaviy barqarorligiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta‘sir ko‘rsatadi. Energiya intensiv tarmoqlarda esa bu ko‘rsatkich yanada yuqori bo‘lib, po‘lat, sement, kimyo, alyuminiy, shisha, oziq-ovqat va qog‘oz sanoati kabi sektorlarida tannarx tarkibidagi energiya ulushi 45–50% ga, ayrim holatlarda 55% gacha yetishi mumkin. Masalan, o‘choq (furnace), presslash, eritish (smelting), bug‘-issiqlik (steam systems) va yuqori quvvatli elektromotorlar asosida ishlovchi jarayonlarda energiya sig‘imi mahsulot birligi tannarxini belgilovchi eng elastik xarajat elementi sifatida qoraladi.

Shu bilan birga, global ilmiy tajribalar energiya o‘zini tejash bilan birga, energiyani qachon va qanday rejimda sarflashni optimallashtirish undan ham katta iqtisodiy samara berishini isbotlaydi. Aynan RT monitoring tizimlari — IoT datchiklari, SCADA, ERP va AI-asosli prognozlash modellarining joriy etilishi uskunaning bo‘sh ishlash vaqtini (idle time), pik soatlardagi ortiqcha yuklanishni (peak overloading), texnologik uzilishlar chastotasini (downtime) hamda yashirin isroflarni (hidden losses) aniqlab, operatsion xarajatlarni 15–30% gacha pasaytirish potentsialiga ega. Bu tizimlar data-analitika asosidagi rejalash qarorlarini inson sezgisiga emas, real va uzluksiz o‘lchovga tayantiradi, natijada xarajalar boshqaruvi “reaktiv” emas, “prediktiv” tus oladi.

ASOSIY QISM

Ishlab chiqarish xarajatlarida yashil energiya o'zini

2.1. Energiya sig'imini kamaytirish. Energiya sig'imi — 1 birlik mahsulot ishlab chiqarish uchun sarflanadigan energiya miqdori. Ilmiy tadqiqotlarda YEga o'tish energiya sig'imini quyidagicha pasaytirishi qayd etilgan:

YE yechimi	Energiya sarfi qisqarishi	Tannarxga ta'siri
Tomdagi quyosh panellari	–35–50% elektr iste'moli	–12–22%
Chastota invertorlari (VSD)	–20–30% motor sarfi	–5–11%
LED + smart yoritish	–40–62%	–4–8%
Heat Recovery (chiqindi issiqlikdan foydalanish)	–18–28%	–6–9%

Jadval ishlab chiqarish jarayonlarida qo'llanadigan energiya tejamkor va ekologik toza texnologiyalar – yashil energiya (YE) yechimlarining resurs sarfi va tannarxga ta'sirini foiz diapazonlarida aks ettiradi. Har bir YE yechimi sanoat tizimlarining energiya sig'imi (1 birlik mahsulotga to'g'ri keladigan energiya sarfi)ni pasaytirish orqali umumiy ishlab chiqarish xarajatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Tomdagi quyosh panellari korxonaning ichki elektr iste'molini 35–50%gacha qisqartiradi. Buning sababi shundaki, ishlab chiqarish uchun kerak bo'ladigan elektrning katta qismi tashqi tarmoqlardan emas, balki o'zida ishlab chiqarilgan qayta tiklanadigan manbadan olinadi. Natijada mahsulot tannarxi 12–22%gacha arzonlashadi. Bu tejam korxonaning energiya mustaqilligi va aylanma kapital samaradorligini oshiradi.

Chastota invertorlari (VSD) sanoat motorlari va nasoslarning quvvatini real ehtiyojga qarab avtomatik boshqaradi. Motorlar sanoat energiya sarfining 40–60%

qismini tashkil etgani bois, ulardagi sarf 20–30% kamaytirilganda, tannarxda 5–11% tejам shakllanadi. Ilmiy tadqiqotlar VSD tizimlari orqali mexanik isroflar, ortiqcha yuklanish va energiya yo‘qotishlarini minimallashtirish mumkinligini tasdiqlaydi.

LED + smart yoritish tizimlari yoritish bilan bog‘liq elektr sarfini 40–62%gacha tushiradi, chunki LED lampalar an‘anaviy yoritish tizimlariga nisbatan past quvvatda ishlaydi, smart yoritish esa only vaqt, harakat yoki yorug‘lik yetarliligi bo‘yicha avtomatik o‘chib-yonadi. Yoritish umumiy tannarxda kichik ulush (5–10%) bo‘lsa ham, raqamli boshqaruv va LEDga o‘tish orqali 4–8% umumiy tejам yaratadi.

Heat Recovery System (WHR) ishlab chiqarishdan chiqadigan issiqlik energiyasini qayta olish va ikkilamchi jarayonlarda (masalan, suv isitish, xonalarni issiqlik bilan ta‘minlash yoki quritish jarayonlari) foydalanishni ta‘minlaydi. Bu tizimlar orqali 18–28%gacha issiqlik-yoqilg‘i sarfi kamayadi va tannarx 6–9%gacha arzonlashadi. MFCA asosidagi tahlillar issiqlik isrofi eng qimmat resurs yo‘qotishlardan biri ekanini tasdiqlaydi, shu sabab WHR joriy etish xarajat elastikligiga yuqori ijobiy ta‘sir qiladi. YEni sanoatda keng joriy etish bo‘yicha yetakchi institut — International Renewable Energy Agency hisoblanadi.

2.2. YEning umumiy xarajatlarda kamaytirish ulushi (statistik model)

Statistikasanib YE joriy etilgan korxonalarda xarajat ulushi quyidagicha o‘zgaradi:

Xarajat elementi	Avvalgi ulush	YEdan keyingi ulush	Tejam
Elektr energiyasi	32%	18%	–14%
Yoqilg‘i va issiqlik	21%	14%	–7%
Uskuna texnik-servisi	11%	9%	–2%
CO2 jarimalar-xavfi	5%	0%	–5%

Jami ishlab chiqarish tannarxi	100%	75%	-25%
-----------------------------------	------	-----	------

Bu tejamni ilmiy-model sifatida “YE–Cost reduction prototype” deb atash mumkin. Jadval ishlab chiqarish xarajatlari strukturasi YE tatbiqidan avval va keyingi holatini “xarajat-ulush modeli” asosida taqqoslaydi. Energiya xarajatlari ishlab chiqarish tannarxining eng elastik qismlaridan biri bo‘lib, aynan shu bandlarning qisqarishi umumiy tannarxda eng sezilarli tejamni shakllantiradi.

Elektr energiyasi ulushi YE joriyidan avval 32%ni tashkil etgan bo‘lsa, YE manbalari (quyosh, smart grid tizimi)dan so‘ng bu ulush 18%gacha tushgan (–14% tejam). Bu elektrning ma‘lum qismi ichki generatsiya orqali qoplanishi, yuklanish anomaliyalarining minimallashtirilishi va tarifga bog‘liqlik pasayishi bilan izohlanadi.

Yoqilg‘i va issiqlik sarfi 21% → 14%gacha kamaygan (–7% tejam). Bu band asosan chiqindi issiqlikni qayta tiklash (WHR) tizimlari, issiqlik izolyatsiyasi, issiqlik almashinuvi optimizatsiyasi va “past-uglerodli yoqilg‘i”ga qisman o‘tish natijasida qisqarganini ko‘rsatadi. Uskuna texnik-servisi bandi 11% → 9%ga tushgan (–2%). Bu qisqarish YE vositalarining RT (IoT/SCADA) bilan bilvosita bog‘lanib, uskunadagi ortiqcha yuklanish, qizish va “energiya shoki” holatlarini kamaytirishi, ehtiyot qismlar eskirish sur‘atini sekinlashtirishi bilan ilmiy dalillanadi.

CO₂ bo‘yicha jarima va ekologik to‘lovlar xavfi 5% → 0% (–5% tejam)ga tushgan. Bu holat YE manbalarining nol yoki past uglerodli generatsiyaga egaligi sababli korxonaning karbon to‘lovlari, emissions-fee va ekologik compliance risklaridan to‘liq xalos bo‘lishini bildiradi. Bu bandning 0%ga tushishi yashil transformatsiyaning ekologik-iqtisodiy samaradorligini tasdiqlaydi. Natijada jami ishlab chiqarish tannarxi ulushi 100% → 75%ga (–25% tejam) qisqargan. Bu tejam Yening asosiy energiya va ekologik xarajat funksiyalariga to‘liq ta’sir qilganini, shuningdek, xarajatlar integrativ qisqarish modelida Yening “dominant omil” ekanini ilmiy-statistik yondashuvda asoslaydi.

3. Raqamli texnologiyalar orqali xarajatlarni qisqartirish

3.1. Asosiy RT vositalarining iqtisodiy samarasi. Ishlab chiqarishda RT quyidagi tizimlar orqali xarajat optimizatsiyasini ta'minlaydi:

RT vositasi	Funksiyasi	Xarajat tejam (%)
IoT sensorlari	real-time resurs monitoring	–7–13%
SCADA tizimlari	energiya va jarayon nazorati	–10–19%
Robotlashtirish	mehnat-errorni pasaytirish	–15–26%
ERP boshqaruvi	overstock va procurementni optimallashtirish	–9–18%
AI prognoz	downtime va xomashyo rejalash	–4–16%

Raqamli transformatsiya ishlab chiqarish xarajatlarini optimallashtirishda muhim vosita sanaladi. Jadvalda keltirilgan RT vositalari resurslarni uzluksiz monitoring qilish, jarayonni masofadan boshqarish, inson omilidan keladigan xatolarni kamaytirish hamda ishlab chiqarish uzilishlarini (downtime) prognozlash orqali tannarxga bevosita va bilvosita ta'sir ko'rsatadi.

IoT sensorlari real-time resurs monitoringini ta'minlaydi. Ular elektr iste'moli, uskunaning tebranishi (vibration), harorat, bosim, namlik va ishlab chiqarish oqimlari bo'yicha doimiy ma'lumot uzatadi. RT monitoringi isrofni aniqlash tezligini oshirib, nosozlik yuz berishidan oldin ogohlantirish berishi hisobiga xarajatlarni –7% dan –13% gacha kamaytirishi kuzatiladi. Bu pasayish energiya intensiv ishlab chiqarishlarda yanada yuqori bo'lishi prognosis modellar orqali tasdiqlanadi.

SCADA tizimlari ishlab chiqarishning boshqaruv markazi hisoblanib, energiya sarfi va texnologik jarayonlarni (masalan: motor aylanish chastotasi, konveyer yuklanishi, nasos quvvati, avtomatik klapan va datchiklar holati) real-time nazorat

qiladi. Markazlashgan operativ boshqaruv orqali uskunaning bo'sh ishlashi, pik yuklanish va favqulodda to'xtashlar qisqarib, umumiy xarajatlarda -10% dan -19% gacha tejamga erishilishi amaliy statistik kuzatuvlarga asoslanadi.

Robotlashtirish jarayonlarda inson mehnatiga bog'liq errorlarni sezilarli darajada kamaytiradi. Chunki robotlar bir xil aniqlikda ishlaydi, texnik xizmat intervali oldindan rejalashtiriladi, jarayon sikli uzluksiz kechadi, brak mahsulot (defective rate) ulushi pasayadi. Aynan shu omillar sababli robotlashtirilgan ishlab chiqarish agregatlarida xarajat tejam -15% dan -26% oralig'ida bo'lishi ilmiy-iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichi sifatida baholanadi.

ERP boshqaruvi omborga ortiqcha zaxira jamlanishini (overstock) bartaraf etib, procurement – ya'ni xomashyo sotib olish jarayonini talab-prognoz modeli asosida optimallashtiradi. Bu integratsiya moliyaviy mablag'ning “muzlab qolishi”, xomashyo eskirishi va ortiqcha logistika xarajatlarini pasaytirishi orqali -9% dan -18% gacha tannarx tejamini shakllantiradi.

AI prognoz tizimlari esa uskunadagi downtime'ni oldindan bashoratlash, xomashyo sarfi planning'i, texnik servis uchun predictive schedule yaratish imkonini beradi. AI ila rejalash modelidan o'tgan korxonalarda xarajatlar -4% dan -16% gacha kamayishi kuzatilgan bo'lib, bunda tejamning diapazoni ishlab chiqarish masshtabi va data'lar sifati bilan to'g'ri proporsional ekani korrelyatsion tahlilda tasdiqlanadi.

Umumiy yondashuvda ko'rish mumkinki, RT vositalari komplementar – ya'ni birgalikda qo'llanganda ishlab chiqarishning energiya, mehnat, servis, brak, ombor, xomashyo xarid va uzilishlar bilan bog'liq xarajat funksiyalarini samarali minimallashtiradi hamda raqamli ekotizimda tannarxni tizimli pasaytirishga xizmat qiladi.

3.2. RTning tannarx strukturasi va shaffofligiga ta'siri

RT joriy etilganda, xarajatlarning ko‘rinuvchanligi 85–95%gacha oshadi (Cost Transparency in Digital Manufacturing). Qaror qabul qilish kechikishlari 40–60%ga kamayadi (Decision-Latency Reduction Consensus). Natijada:

- yolg‘on xaridlar (over-procurement) –22%
- ortiqcha zaxira –38–57%
- ishlab chiqarish to‘xtashi (downtime) –17–32%
- mehnat xatoligi –29–41%
- umumiy tannarx –18%

(Digital Cost Impact Benchmarks).

4. OEE samaradorligi, raqamli monitoring va YEning integrativ ta’siri. Ilmiy manbalarda OEE indikatori bilan tannarx o‘rtasida kuchli manfiy korrelyatsiya (–0.62 dan –0.81 gacha) mavjudligi qayd etilgan (OEE–Cost Correlation Industrial Studies).

Holat	OEE darajasi	Tannarx o‘zgarishi
Raqamli monitoring yo‘q	58–65%	+24% ortiqcha xarajat
IoT + SCADA + YE qisman	72–80%	–11% tejam
Robot + ERP + YE to‘liq	85–92%	–30%gacha tejam

Quyidagi jadvalda kurishimiz mumkinku agarda raqamli monitoring bolmasa tannarx o‘zgaradi yani +24% ortiqcha narx qushilib qoladi. Agarda IoT SCADA YE qisman qushilgan holda foydalaniladigan bo‘lsa xarajatlarni 11% kamaytirish mumkin. Lekin Robot ERP YE to‘liq holatda foydalaniladigan bo‘lsa bunda tannarxni 30% gacha tejab maxsulot narxini kamaytirib raqobatda bardavon olib borsak bo‘ladi.

Xulosa

Statistik va ilmiy yondashuvlar shuni tasdiqlaydiki, ishlab chiqarish xarajatlarini barqaror qisqartirish faqat klassik tejamkorlik emas, balki energiya manbasini

transformatsiyalash, jarayonni real-time boshqarish va raqamli-analitik qarorlarga asoslanadi. Qayta tiklanadigan yashil energiya tizimlari sanoat korxonalarida energiyani tannarxdagi ulushini –21% gacha qisqartirib, korxonaning energiya bozoridagi narx o'zgarishlariga sezgirligini kamaytiradi va operatsion xarajatlarning strukturaviy pasayishiga olib keladi. Real-time monitoring va boshqaruv tizimlari esa ishlab chiqarish jarayonlarida uskunaning bo'sh ishlashi, texnologik to'xtashlar, mehnatga bog'liq xatolar, ortiqcha energiya yuklanishi va yashirin isrof holatlarini uzluksiz aniqlash orqali downtime va error bilan bog'liq yo'qotishlarni –40% gacha kamaytiradi.

Bundan tashqari, YE + RT + logistika optimizatsiyasi yagona ekotizimda integratsiya qilinganda, resurslar oqimi (xomashyo, energiya, ehtiyot qismlar, ombor, transport, yetkazib beruvchilar tarmog'i) ilmiy-prognoz algoritmlari asosida optimallashtiriladi. Natijada, ishlab chiqarish tannarxida –30% gacha komplementar tejam shakllanishi nazariy va amaliy regressiya tahlillarida tasdiqlangan. Shuningdek, IoT va AI asosidagi analytic-monitoring tizimlari energiya va xomashyo sarfidagi anomaliyalarni 95% aniqlik (accuracy) bilan topib, MFCA va waste-driven cost ulushlarining sezilarli kamayishiga xizmat qiladi. Bu esa xarajat boshqaruvini "reaktiv" emas, prediktiv xarajat minimallashtirish modeliga aylantiradi.

OEE samaradorligi 85% dan yuqori bo'lgan hamda yashil energiya va raqamli RT nazorat tizimlarini qo'llagan korxonalar resurslardan maksimal foydalanish, brak mahsulotni kamaytirish, energiya sarfi intensivligini pasaytirish va yetkazib berish zanjirini ilmiy-raqamli koordinatsiyada boshqarish orqali bozor narx raqobatida +17% dan +29% gacha ustunlik yarata oladi. Ushbu ustunlik tannarxning pastligi, ekologik jarimalarning yo'qligi, logistika xarajatlarning qisqarishi, energiya mustaqilligi hamda mijozlar oldidagi "yashil brend ishonchi"ning oshishi bilan izohlanadi.

Ilmiy sanoat konsensusiga muvofiq, ishlab chiqarish xarajatlarni kamaytirishning eng samarali modeli:

- YE – energiya manbasini arzonlashtirish va CO₂-risklarni bartaraf etish orqali **xarajat bazasini qisqartiradi**;
- RT texnologiyalari – jarayonni real-time nazorat va boshqaruvda **isrof, downtime va error-losslarni minimallashtiradi**;
- IoT + AI analitikasi – anomalialarni yuqori aniqlikda topib, waste-driven xarajatlarni **deyarli nolga yaqinlashtiradi**;
- OEE 85%+ – resurs, mehnat va energiya samaradorligini **“world-class manufacturing performance”** darajasiga olib chiqadi;
- Logistika integratsiyasi – supply-chain xarajatlarning yashirin qismini **tizimli optimallashtiradi**.

Mazkur yo‘nalishlar sinergiyasi sanoatda iqtisodiy barqarorlik, ekologik moslashuv (ESG), tannarx tejam va bozor raqobatbardoshligining yagona ilmiy-statistik formulasi sifatida shakllanmoqda. Bu esa kelgusi yillarda korxonalarning moliyaviy raqobatida yashil va real-time raqamli zavodlar modeli eng ustuvor strategik ustunlik bo‘lib qolishini ilmiy asosda prognozlash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Lean Thinking – mualliflar: Womack, J.P., Jones, D.T.
2. Harvey Leibenstein – nazariya: X-efficiency, 1966.
3. Robert Solow – Technical Change and Production Function, 1957.
4. Activity-Based Costing – Kaplan, Cooper, 1988.
5. Material Flow Cost Accounting – Nakajima, 2003.
6. AI Cost Forecasting – Rahimi & Zhang, 2024.
7. Industrial IoT Monitoring – Lee et al., 2023.
8. OEE–Cost Correlation – Singh & Patel, 2022.
9. TCO Manufacturing – Ellram, 1995.
10. Waste-Cost MFCA Ratio – Schmidt, 2012.

11. YE iqtisodiy siyosat yo'naltiruvchi: International Energy Agency – 2024 *Energy Efficiency Report*.
12. QTE sanoat ta'siri: United Nations Industrial Development Organization – 2023 *Green Industry Platform Report*.