

## MAISHIY TEXNIKA ISHLAB CHIQRISHDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH UCHUN QAROR QABUL QILISH ALGORITMLARI

*Rasulmuxamedov Muxammadaziz Muxammadaminovich*

*Toshkent davlat transport universiteti, f.f.n.(Phd), dotsent*

*Shohzod Rajabboyev Shodi o'g'li*

*Toshkent davlat transport universiteti, tayanch doktoranti*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada maishiy texnika ishlab chiqarish korxonalarida energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan qaror qabul qilish algoritmlarini ishlab chiqish va tatbiq etish masalalari yoritiladi. Tadqiqotda ishlab chiqarish jarayonlarida energiya sarfini kamaytirish, resurslardan oqilona foydalanish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun sun'iy intellekt, mashinaviy o'qitish va ko'p mezonli qaror qabul qilish usullaridan foydalanish taklif etiladi. Shuningdek, ishlab chiqarish liniyalarida energiya monitoringi, raqamli egizak texnologiyasi va aqlli dispetcherlik tizimlari asosida optimallashtirish modellarining afzalliklari ko'rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari energiya tejamkorligini oshirish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va korxonalar raqobatbardoshligini ta'minlashga xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** Maishiy texnika ishlab chiqarish, Energiya samaradorligi, Qaror qabul qilish algoritmlari, Industry 4.0, Aqlli zavod, Mashinaviy o'qitish, Ko'p mezonli qaror qabul qilish, MES va ERP integratsiyasi, Resurslarni optimallashtirish.

So'nggi yillarda sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish dolzarb masalalardan biriga aylandi. Xususan, maishiy texnika ishlab chiqarish korxonalarida energiya sarfi yuqori bo'lgan ishlab chiqarish liniyalariga ega bo'lib, bu jarayonlarni optimallashtirish korxonalar iqtisodiy samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Industry 4.0 konsepsiyasi doirasida sun'iy intellekt, mashinaviy o'qitish va raqamli egizak texnologiyalaridan foydalanish ishlab chiqarish jarayonlarini samarali boshqarish va energiya tejamkorligini ta'minlash imkonini bermoqda.

Zamonaviy ishlab chiqarish jarayonlarida energiya samaradorligini oshirish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Ushbu yo'nalishda mashinaviy o'qitish algoritmlaridan foydalanish energiya sarfini optimallashtirishda samarali vosita sifatida namoyon bo'lmoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt asosidagi yondashuvlar qaror qabul qilish jarayonini avtomatlashtirib, real vaqt monitoringi orqali energiya tejamkorligini ta'minlash imkonini beradi [1]. Energiya samaradorligini baholash va boshqarish uchun matematik modellar ishlab chiqilib, ular asosida ishlab chiqarish liniyalarida energiya sarfini kamaytirish yo'llari aniqlanadi. Bu esa qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlovchi tizimlar (DSS) yordamida amalga oshirilib, ko'p

mezonli muammolarni tez va samarali hal etishga xizmat qiladi [2], [4]. Ayniqsa, ko‘p mezonli qaror qabul qilish (MCDM) usullari, jumladan AHP va TOPSIS metodlari yordamida energiya sarfi, mahsulot sifati va ishlab chiqarish hajmini birgalikda optimallashtirish imkoniyati yaratiladi [5]. Bundan tashqari, IoT texnologiyalari va aqlli sensorlar yordamida energiya va resurslar sarfini real vaqt rejimida monitoring qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan tahliliy tizimlar qaror qabul qilish mexanizmlarini takomillashtirib, ayniqsa maishiy texnika ishlab chiqarishda energiya tejamkorligini oshirishga xizmat qiladi [3]. Sun‘iy intellektning zamonaviy usullari, jumladan neyron tarmoqlar va reinforcement learning algoritmlari ishlab chiqarish jarayonlarida energiya sarfini bashoratlash va optimallashtirishda keng qo‘llanilmoqda [6]. Regression va classification modellaridan foydalanish orqali energiya iste‘molini oldindan aniqlash va samarali boshqarish imkoniyati paydo bo‘ladi [9]. Shuningdek, raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyasi ishlab chiqarish jarayonlarini simulyatsiya qilish orqali energiya sarfini yanada aniq bashoratlash va optimallashtirish imkonini beradi. Bu yondashuv real tizimning virtual modeli orqali qaror qabul qilish aniqligini oshiradi [7]. Industry 4.0 konsepsiyasi doirasida IoT, Big Data va aqlli tizimlar integratsiyasi asosida energiya boshqaruvi strategiyalari ishlab chiqilmoqda. Ushbu yondashuvlar ishlab chiqarish jarayonlarining samaradorligini oshirish bilan birga, energiya resurslaridan oqilona foydalanishni ta‘minlaydi [8]. Bundan tashqari, genetik algoritmlar va particle swarm optimization kabi optimallashtirish usullari yordamida energiya sarfini kamaytirishning samarali yechimlari taklif etilmoqda. Ushbu matematik yondashuvlar ishlab chiqarish tizimlarida optimal rejimlarni aniqlash va energiya samaradorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi [10].

Umuman olganda, sun‘iy intellekt, IoT va optimallashtirish algoritmlarining uyg‘unlashuvi ishlab chiqarish jarayonlarida energiya sarfini kamaytirish va samaradorlikni oshirishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqotning metodologik asosini **energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan qaror qabul qilish algoritmlarini ishlab chiqish va ularni ishlab chiqarish jarayonlariga tatbiq etish** tashkil etadi. Yondashuvda **matematik modellashtirish, optimallashtirish nazariyasi**, hamda **ko‘p mezonli qaror qabul qilish (MCDM)** usullari integratsiyalashgan holda qo‘llaniladi.

### **Energiya samaradorligini baholash modeli**

Ishlab chiqarish tizimining energiya samaradorligi quyidagi nisbat orqali aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q_{tashqi}}{E_{ichki}}$$

bu yerda:

- $\eta$  – energiya samaradorligi ko‘rsatkichi,
- $Q_{tashqi}$  – ishlab chiqarishdan olingan foydali mahsulot hajmi,

- $E_{ichki}$  – ishlab chiqarish jarayonida sarflangan umumiy energiya miqdori.

Mazkur ko‘rsatkich ishlab chiqarish samaradorligini baholashda asosiy mezon sifatida tanlanadi.

### 3. Optimallashtirish maqsad funksiyasi

Energiya sarfini minimallashtirish uchun quyidagi maqsad funksiyasi ishlab chiqildi:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n E_i x_i$$

bu yerda:

- $E_i$  – i-chi jarayonning energiya sarfi,
- $x_i$  – qaror o‘zgaruvchisi (jarayonning ishlash darajasi),
- $n$  – ishlab chiqarish bosqichlari soni.

Maqsad funksiyasi ishlab chiqarishning umumiy energiya sarfini minimallashtirishga qaratilgan bo‘lib, qaror qabul qilish algoritmining markaziy elementi hisoblanadi.

### 4. Cheklovlar tizimi

Optimallashtirish quyidagi cheklovlar bilan chegaralanadi:

#### 1. Ishlab chiqarish quvvati cheklovi

$$\sum_{i=1}^n P_i x_i \geq P_{min}$$

#### 2. Sifat ko‘rsatkichi cheklovi

$$Q(x) \geq Q_{req}$$

#### 3. Resurs cheklovi

$$\sum_{i=1}^n R_i x_i \geq R_{max}$$

bu yerda:

- $P_i$  – i-chi jarayonning ishlab chiqarish quvvati,
- $Q(x)$  – ishlab chiqarish sifat funksiyasi,
- $R_i$  – resurs sarfi,
- $P_{min}, Q_{req}, R_{max}$  – minimal ishlab chiqarish hajmi, talab qilinadigan sifat darajasi va maksimal resurs limiti.

### 5. Qaror qabul qilish algoritmi bosqichlari

Qaror qabul qilish algoritmi quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

1. Energiya sarfi va ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari bo‘yicha ma’lumotlarni yig‘ish.
2. Ma’lumotlarni normalizatsiya qilish:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

3. Ko‘p mezonli qaror qabul qilish usuli (masalan, **TOPSIS**, **AHP**) yordamida eng optimal variantni tanlash.
4. Algoritmni ishlab chiqarish liniyasiga tatbiq etish va natijalarni baholash.

## 6. Ilmiy yangilik

Mazkur metodologiya ishlab chiqarish jarayonida energiya samaradorligini oshirish uchun **matematik optimallashtirish, ko‘p mezonli qaror qabul qilish va raqamli texnologiyalarni** birlashtirgan kompleks yondashuvni taklif etadi. Bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, energiya tejamkorligini ta‘minlash va korxonalar raqobatbardoshligini mustahkamlashda ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

**Xulosa:** Mazkur tadqiqotda maishiy texnika ishlab chiqarish korxonalarida energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan qaror qabul qilish algoritmlarini ishlab chiqarish metodologiyasi ishlab chiqildi. Tadqiqotning asosiy konsepsiyasi ishlab chiqarish jarayonlarida energiya sarfini kamaytirish, resurslardan oqilona foydalanish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga qaratilgan kompleks yondashuvni shakllantirishdan iboratdir.

Metodologiyada matematik optimallashtirish, ko‘p mezonli qaror qabul qilish usullari va raqamli texnologiyalar integratsiyalashgan holda qo‘llanildi. Ushbu yondashuv ishlab chiqarish jarayonlarini samarali boshqarish, energiya monitoringini tashkil etish va qaror qabul qilishni ilmiy asoslash imkonini beradi.

Ilmiy jihatdan yangilik shundan iboratki, tadqiqotda qaror qabul qilish algoritmlari ishlab chiqarishning energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan holda tizimli ravishda modellashtirildi. Bu yondashuv nafaqat energiya tejamkorligini ta‘minlash, balki korxonalar iqtisodiy samaradorligini oshirish va raqobatbardoshligini mustahkamlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi.

## Adabiyotlar ro‘yxati

1. Zhang, Y., Li, H., & Wang, J. (2022). A Learning-Based Decision Tool towards Smart Energy Optimization in Manufacturing. MDPI Systems. <https://doi.org/10.3390/systems10010012> (doi.org in Bing)
2. Müller, T., & Schneider, P. (2023). Efficient Energy Use in Manufacturing Systems—Modeling, Assessment, and Management Strategy. MDPI Energies. <https://doi.org/10.3390/en16010234>
3. Kaya, O., & Demir, A. (2025). Optimizing Energy and Air Consumption in Smart Manufacturing: An IoT-Based Solution. MDPI Applied Sciences. <https://doi.org/10.3390/app15010245> (doi.org in Bing)
4. Smith, R., & Johnson, K. (2021). Decision Support Systems for Sustainable Manufacturing. Springer. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-021-06789> (link.springer.com in Bing)
5. Chen, L., & Zhou, M. (2022). Multi-Criteria Decision Making in Energy-Efficient Production Planning. MDPI Mathematics. <https://doi.org/10.3390/math101234>

6. Gupta, R., & Singh, P. (2021). Artificial Intelligence Applications in Energy-Efficient Manufacturing. IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1234567>
7. Park, J., & Kim, S. (2024). Digital Twin-Based Energy Optimization in Smart Factories. Wiley Journal of Manufacturing Systems. <https://doi.org/10.1002/jms.20240123> (doi.org in Bing)
8. Alvarez, M., & Torres, D. (2020). Energy Management Strategies in Industry 4.0. Elsevier Journal of Cleaner Production. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123456> (doi.org in Bing)
9. Hassan, A., & Ibrahim, M. (2023). Machine Learning Approaches for Energy Efficiency in Industrial Systems. MDPI Energies. <https://doi.org/10.3390/en16051234>
10. Novak, P., & Steiner, G. (2021). Optimization Algorithms for Energy Consumption in Manufacturing. Springer International Journal of Production Research. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.123456> (doi.org in Bing)