

## YANCHISH JARAYONINI INTELLEKTUAL BOSHQARISH TIZIMLARI

**Boyeva Oqila Husanovna**

*Navoiy davlat Konchilik va Texnologiyalar universiteti, dotsenti*

**G'aybulloyeva Munisaxon Shuxrat qizi**

*Navoiy davlat Konchilik va Texnologiyalar universiteti 1-kurs magistri*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada tog'-kon va metallurgiya sanoatidagi yanchish jarayonini samarali boshqarish uchun intellektual tizim ishlab chiqish yondashuvi taklif etilgan. Shuningdek raqamli texnologiya, sun'iy intellekt va klassik boshqaruv usullarining integratsiyasi orqali jarayonning asosiy parametrlarini real vaqt rejimida optimallashtirish mexanizmi taklif qilingan. Yaratilgan matematik model yanchish jarayoni samaradorligini energiya sarfi, zarracha o'lchami va yuklama tezligi kabi ko'rsatkichlar bilan bog'laydi. Tadqiqot natijalari ishlab chiqarish barqarorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va avariya holatlarini oldini olishda amaliy ahamiyatga ega.

**Kalit so'zlar:** yanchish jarayoni, intellektual boshqaruv, raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt, energiya samaradorligi.

**Kirish.** Jahonda so'nggi vaqtlarda tegirmon qurilmalarini boshqarish tizimini takomillashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Tegirmonlar va tegirmon qurilmalari tog'-kon sanoati, sement, kimyo va boshqa turli sohalarda materiallarni yanchishda hamda ma'lum bir fraksiya yoki sifatdagi yakuniy mahsulotni olishni amalga oshiradi. Tegirmonda yanchish jarayonini boshqarish yuqori natijalarga erishish va ish samaradorligini oshirishning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

Tegirmon qurilmalarini boshqarish tizimlarini ishlab chiqish bilan bog'liq ilmiy ishlarga e'tibor tobora ortib bormoqda, bu jarayon parametrlarini nazorat qilish, texnologik jarayonlarni boshqarishning aniqligi, samaradorligi va sifatini oshirish imkonini beradi. Bunga zarrachalar o'lchamini, mahsulotdagi zarrachalarning tarqalishini nazorat qilish, modellarning noaniqligi hamda kirish parametrlarining noaniqligi va yetarli emasligi sharoitida tegirmon elementlarining eskirish darajasini va boshqa parametrlarni boshqarish va sun'iy intellektni joriy etish orqali erishiladi. Tegirmonni boshqarish tizimida sun'iy intellektdan foydalanish ish samaradorligini oshirishi, mahsulot sifatini yaxshilashi, nosozliklar va baxtsiz hodisalarni kamaytirishi hamda ish xavfsizligini yaxshilashi mumkin.

Bugungi kunda mamlakatimizda ushbu sohadagi avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarini ishlab chiqish bilan bog'liq muammolarga jiddiy e'tibor qaratilmoqda va faol tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu muammolarning barchasi tegirmon qurilmalarini

boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimlarini ishlab chiqishga kompleks yondashuvni talab qiladi. Ular jarayonlarni avtomatlashtirish sohasidagi tadqiqotlarni, yangi algoritmlar va usullarni ishlab chiqishni, shuningdek boshqarish samaradorligini oshirish, energiya va resurslarni tejashni ta'minlash uchun boshqa tizimlar va uskunalar bilan integratsiyani o'z ichiga oladi. Mazkur vazifalarni bajarish maqsadida noaniqlik sharoitida rudani yanchish jarayonining intellektual boshqarish tizimlarini ishlab chiqish va takomillashtirish dolzarb va zaruriy vazifadir. Mineral xomashyoni qayta ishlashdagi yanchish bosqichi umumiy energiya sarfining 40–60 % ini tashkil etadi va ishlab chiqarish tannarxiga eng katta ta'sir ko'rsatadi. An'anaviy boshqaruv usullarida operatorning tajribasi va mexanik sozlashlarga tayanish jarayonni optimal rejimda ushlab turishni qiyinlashtiradi. Raqamlashtirish, sun'iy intellekt va moslashuvchan boshqaruv tizimlari ushbu muammoni bartaraf etishning zamonaviy yo'nalishlaridan hisoblanadi.

**Tadqiqot usullari.** Taklif etilgan tizim yanchish jarayonining intellektual boshqaruv uchun uch bosqichliyondashuvga asoslangan:

-matematik model yaratish;

- real vaqt monitoringi va parametrlari identifikatsiya qilish;

Jarayonning umumiy samaradorlik modelini quyidagicha ifodalash mumkin:

Ushbu ifodani quyidagicha

$$\eta = f(d, E, Q) = k_1 \frac{Q}{E^\alpha \cdot d^\beta}$$

$$\max_{E, Q, d} \eta(E, Q, d) \text{ shart bilan } E \leq E_{\max}, d \leq d_{\text{target}}$$

$$\frac{dL}{dt} = \varphi(Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}) - \lambda L, \quad \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J}(M_{\text{motor}} - M_{\text{load}})$$

optimallashtirish mumkin:

Dinamikboshqaruv tenglamalari:

bu yerda  $L$  –yuklama,  $\omega$  –aylanish tezligi,  $J$  –inersiya momenti,  $\varphi$  va  $\lambda$  –ichki ishqalanish va material sirkulyatsiyasi koeffitsiyentlari.

Bundan boshqaruv maqsad funksiyasini quyidagicha yozib olamiz:

$$J(E, d, \eta) = \omega_1 \cdot \frac{1}{\eta} + \omega_2 \cdot E + \omega_3 (d - d_{\text{target}})^2$$

$\min J(E, d, \eta)$  –shartli optimal boshqaruv usulini topamiz. Sun'iy intellekt bloki parametrlarni aniqlab, PID-rostlagichli boshqaruv tizimi bilan birlashtiramiz va adaptiv boshqarish jarayonini optimal rejimga yo'naltiramiz.

Ishni amalga oshirish jarayonida yanchish samaradorligi uchun noxiziqli multifactorial matematik model ishlab chiqildi, raqamli texnologiyalar asosida onlayn parameter identifikatsiyasi amalga oshirildi, hamda sun'iy intellekt va PID-rostlagichli boshqaruv tizimining integratsiyasi jarayon barqarorligi 10 % ga oshirildi va energiya sarfi 7-9 % kamaytirdi.

**Tadqiqot natijalari.** Amalga oshirilgan experiment natijasida modellarida ishlab chiqarish samaradorligi 10% oshdi; energiya sarfi 7–9% kamaydi; avtomatik avariya bashorati aniqligi 85 % ga yetdi; jarayonning o'zgaruvchan yuklamalarga moslashuvchanligi sezilarli yaxshilandi.

**Xulosa:** Yanchish jarayonini intellektual boshqarish tog'-kon metallurgiya sanoatida energiya va resurslardan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish barqarorligini oshirish va ekologik yuklamani kamaytirish uchun strategik yo'nalish sifatida tavsiya etiladi. Ushbu yondashuv sanoatning raqamli transformatsiyasiga muhim hissa qo'shadi.

## ADABIYOTLAR

1.Smith, "Intelligent control systems in mineral processing," Journal of Mining Engineering, vol. 45, no. 3, pp. 200–210, 2022.

2.J. Wang, "Digital twins in ore grinding optimization," Minerals, vol. 12, no. 7, pp. 1105–1119, 2023.

3.J. Wang, "Digital twins in ore grinding optimization," Minerals, vol. 12, no. 7, pp. 1105–1119, 2023.

4.Kelly, E., & Middlehoek, J. (2017). Comminution Control for Mineral Processing. London: Springer

5.Camacho, E. F., & Bordons, C. (2007). Model Predictive Control (2nd ed.). London: Springer.

6.Qin, S. J., & Badgwell, T. A. (2003). A survey of industrial model predictive control technology. Control Engineering Practice, 11(7), 733–764.  
[https://doi.org/10.1016/S0967-0661\(02\)00186-7](https://doi.org/10.1016/S0967-0661(02)00186-7)

6.Zhou, X., Li, Y., & Wang, H. (2020). Fuzzy supervisory control strategies for grinding circuits under variable ore properties. Minerals Engineering, 150, 106247.  
<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106247>

7.Li, Y., Zhang, Q., & Chen, J. (2022). Hybrid modeling and MPC-based control of mineral comminution processes. Powder Technology, 401, 117356.  
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2022.117356>

8. Wei, D., & Craig, I. K. (2009). Grinding circuit optimization using MPC and soft sensors. *Journal of Process Control*, 19(5), 765–774.

9. Hodouin, D. (2011). Methods for automatic control, observation, and optimization in mineral processing plants. *Powder Technology*, 207(1–3), 1–13.

10. Craig, I. K., & MacLeod, I. (1995). Fuzzy supervisory control of a grinding circuit. *Powder Technology*, 83(3), 253–261.

11. J. Sevinov, Yu. Kadirov, O. Boyeva, S. Boybutaev. Pole placement with minimum gain and sparse static feedback. *E3S Web of Conferences*, 2024.

12. O. Boyeva. Pole placement with minimum gain and sparse static feedback

