

KONCHILIK SOHASIDA KONUSLI MAYDALAGICHNING ENERGIYA SARFI VA MAHSULDORLIGINING FUNKSIONAL SXEMASINI TADQIQ ETISH



Mavlonov J.A.,
Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti, PhD,
dotsent



Olimov J.S.,
Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti,
assistent

Annotatsiya. Sanoat va qurilishda rudani maydalash, mineralni qayta ishlashdagi eng muhim va katta xarajat talab etadiga jarayonlardan biridir. Uni nazorat qilish sifati nafaqat foydali qazilmalarni qayta ishlashning, balki undan keyingi bosqichlarda, ayniqsa, butun ishlab chiqarishda eng ko'p energiya talab qiladigan maydalash jarayonlarida ham energiya iste'moli darajasini belgilaydi. Ezilgan rudaning o'lchamining kattaligi keyingi bosqichdagi yanchish maydalagichlarining quvvat sarfiga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Chunki, rudani birlamchi maydalash jarayoni konusli maydalagichlar yordamida amalga oshiriladi va uning energiya iste'moli jarayoni ko'p sonli parametrlar bilan tavsiflanadi. Konusli maydalagich ko'p kirishli ko'p chiqishli tizim bo'lib, ruda va maydalagichlarning fizik va kimyoviy xususiyatlari o'rtasidagi munosabatlar juda murakkabligi sababli uning sifatini nazorat qilish uchun konusli maydalagichning barqaror holatining ko'p omilli funksional sxemasi tavsifiga ega bo'lish juda muhimdir.

Kalit so'zlar: funksional sxema, mahsuldorlik, rudaning yuklanish miqdori, mexanik yuklanish, dinamik maydalash, yuklash moduli, granulometriya, integratsiya-lashgan o'lchov-boshqaruv tizimi, konusning aylanish chastotasi.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Мавлонов Ж.А., Олимов Ж.С.

Навоийский государственный горно-технологический университет, Республика Узбекистан

Аннотация. В промышленности и строительстве дробление руды является одним из важнейших и наиболее дорогостоящих процессов переработки полезных ископаемых. Качество его контроля определяет уровень энергопотребления не только переработки минералов, но и последующих этапов, особенно процессов дробления, которые являются наиболее энергоемкими во всем производстве. Размер дробленой руды существенно влияет на энергопотребление дробильных установок на последующем этапе. Поскольку первичное дробление руды осуществляется с помощью конусных дробилок, а процесс энергопотребления характеризуется большим количеством параметров, а конусная дробилка представляет собой многовыходную многовыходную систему, и поскольку взаимосвязь между физико-химическими свойствами руды и дробилками очень сложна, для контроля качества работы конусной дробилки крайне важно иметь описание многофакторной функциональной схемы стационарного состояния.

Ключевые слова: функциональная схема, производительность, погрузка руды, механическая погрузка, динамическое дробление, погрузочный модуль, granulometriya, интегрированная система измерений и управления, частота вращения конуса.

RESEARCH ON THE FUNCTIONAL SCHEME OF ENERGY CONSUMPTION AND PRODUCTIVITY OF A CONE CRUSHER IN THE MINING INDUSTRY

Mavlonov J.A., Olimov J.S.,

Navoi State University of Mining and Technologies, Republic of Uzbekistan

Abstract. In industry and construction, ore crushing is one of the most important and costly processes in mineral processing. The quality of its control determines the level of energy consumption not only of mineral processing, but also of subsequent stages, especially in crushing processes, which are the most energy-intensive in the entire production. The size of the crushed ore significantly affects the power consumption of the crushing mills in the subsequent stage. Since the primary crushing of the ore is carried out using cone crushers, and its energy consumption process is characterized by a large number of parameters. The cone crusher is a multi-input multi-output system, and since the relationship between the physical and chemical properties of the ore and the crushers is very complex, it is very important to have a description of the multi-factor functional scheme of the steady state of the cone crusher for its quality control.

Keywords: functional scheme, productivity, ore loading, mechanical loading, dynamic crushing, loading module, granulometry, integrated measurement and control system, cone rotation frequency.

Maydalash jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy texnologik parametrlar asosida konusli maydalagichning energiya samaradorligini baholash uchun funksional sxema ishlab chiqish asosida konusli maydalagich ustida olib borilayotgan tadqiqot ishimizni yanada to'laroq tavsiflash imkoniyati yaratiladi. Funksional sxemani yaratishda olingan faktorlar energiya sarfini va mahsuldorlikni baholashda muhim rol o'ynashini hisobga olgan holda quyidagi nazariy asoslar taklif etiladi [1].

Maydalagich uchun iste'mol qilinayotgan energiyaning foydali ishga sarf bo'lish koeffitsienti (η) konusli maydalagich ish jarayonida bir nechta texnologik omillar bilan bog'liq ekanligi bir qator o'rinlarda takidlanildi. Ularning o'zaro ta'sirini quyidagi funktsional bog'lanish orqali ifodalash mumkin:

$$\eta = f(Q, d, n, CSS, OSS) \quad (1)$$

bu yerda: Q – rudaning yuklanish miqdori ($t/soat$); d – rudaning zarracha o'lchami (mm); n – maydalagich konusining aylanish tezligi (ayl/min); CSS (Closed Side Setting) – maydalagich konuslari orasidagi minimal masofa (mm); OSS (Open Side Setting) – maksimal masofa (mm).

Bu parametrlarning o'zgarishi maydalash zonasidagi yuklama, ishqalanish kuchlari, zarracha deformatsiyasi va eng muhimi elektr dvigatelning aktiv quvvat sarfiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shuning natijasida maydalash jarayonida energiya samaradorligi uchta asosiy bosqichda shakllanadi:

- Mexanik yuklanish bosqichi – rudaning o'lchami va yuklanish tezligiga bog'liq.
- Dinamik maydalash bosqichi – konusning aylanish tezligi (n) hamda bo'shliqlar (CSS/OSS) o'zgarishi bilan belgilanadi.
- Energiya sarfi va issiqlik yo'qotishlari bosqichi – mexanik ishni elektr energiyaga aylantirishdagi samaradorlik.

Energiyaning optimal taqsimlanishi uchun har bir parametr o'zining optimal diapazonida ishlashi zarur. Shuning uchun funksional sxema ularning o'zaro bog'liqligini nazorat qiluvchi tizim sifatida qaraladi. Funksional sxema maydalash jarayonining asosiy parametrlarini aniqlash (1-jadval), ularni qayta ishlash va natijada energiya samaradorligini hisoblash uchun mo'ljallangan [2].

Taklif etilgan funksional sxema konusli maydalagichning energiya samaradorligini baholash va uni real vaqt rejimida boshqarish imkonini beruvchi integratsiyalashgan o'lchov-boshqaruv tizimi sifatida ishlab chiqiladi. Mazkur tizim maydalash jarayonida ishtirok etuvchi asosiy texnologik parametrlarni aniqlaydi, ularning o'zgarish dinamikasini tahlil qiladi hamda energiya sarfini minimallashtirish uchun optimallashtirish signallarini shakllantiradi. Funksional sxemaning har bir bloki o'ziga xos vazifani bajaradi va o'zaro axborot almashinuv orqali yagona tizim sifatida ishlaydi. O'lchov datchiklaridan olingan ma'lumotlar hisoblash va tahlil bloki (PLC yoki kompyuter) ga uzatiladi. Ushbu blokda o'lchangan parametrlar asosida quyidagi asosiy hisoblash bosqichlari amalga oshiriladi [3]:

Kirish ma'lumotlarini yig'ish va sinxronlash – Q, d, n, CSS va OSS parametrlarining joriy qiymatlari vaqt bo'yicha bir-biriga moslashtiriladi.

Ma'lumotlarni raqamli qayta ishlash – filtratsiya, normallashtirish va statistik tekshirish orqali o'lchov aniqligi oshiriladi.

Foydali ish koeffitsientini aniqlash – quyidagi umumiy matematik ifoda asosida hisoblanadi:

$$\eta = f(Q, d, n, CSS, OSS) = \frac{P_f}{P_u} \cdot 100\% \quad (2)$$

bu yerda: P_f – maydalash jarayoniga sarflanayotgan real mexanik energiya (kW), P_u – dvigatel tomonidan tarmoqdan iste'mol qilinayotgan jami elektr quvvat (kW).

Natijalarni tahlil qilish va vizualizatsiya – hisoblangan η qiymati grafik va jadval ko'rinishida chiqariladi, shuningdek normativ qiymatlar bilan solishtiriladi.

Tizim ishlashida energiya sarfini boshqarish algoritmi quyidagi ketma-ket bosqichlarda amalga oshiriladi. Dastlab monitoring bosqichida har bir datchikdan signal qabul qilinadi, ma'lumotlar real vaqt rejimida PLC ga uzatiladi va o'rtacha qiymatlar asosida joriy yuklama holati aniqlanadi. Tahlil bosqichida η qiymati oldingi o'lchovlar bilan solishtiriladi. CSS/OSS o'zgarishlari va konus aylanish tezligining (n) energiya sarfiga ta'siri aniqlanadi. Rudaning qattqlik darajasi (H_r) o'zgarishi natijasida energiya samaradorligidagi o'zgarishi kuzatiladi. Boshqaruv bosqichida $\eta < \eta_{optimal}$ bo'lsa, tizim avtomatik ravishda

1-jadval

Funksional sxema qurishda maydalash jarayonining asosiy parametrlari

№	Blok nomi	Asosiy funktsiya	Chiqish signali
1	Yuklash moduli	Rudaning oqim tezligini o'lchaydi	$Q (t/soat)$
2	Rudaning qattqlik darajasi	Kiruvchi ruda granulometriyasini aniqlaydi	$H_r (J/m^3)$
3	Konus tezlik datchigi	Aylanish tezligini qayd etadi	$n (ayl/min)$
4	CSS/OSS moduli	Konuslar orasidagi bo'shliqni aniqlaydi	CSS, OSS (mm)
5	Energiya monitoring bloki	Elektr dvigatel quvvatini va sarflangan energiyani o'lchaydi	$P (kW)$
6	Hisoblash va tahlil bloki (PLC/kompyuter)	$(\eta = f(Q, d, n, CSS, OSS))$ funksiyasini hisoblaydi	$\eta (\%)$
7	Natijani vizuallashtirish	Real vaqt rejimida grafik chiqish beradi	Grafik, jadval

aylanish tezligi (n) ni oshirish yoki CSS ni kamaytirish bo'yicha boshqaruv signalini hosil qiladi. Aksincha, yuklama haddan ortiq bo'lsa, tizim quvvatni barqarorlashtirish va yuklamani yengish maqsadida OSS oshirish va aylanish tezligini pasaytiradi. Shu orqali tizim energiya sarfini muvozanatli holatda ushlab turadi. Optimallashtirish bosqichida esa uzoq muddatli ma'lumotlar bazasida yig'ilgan qiymatlar tahlil qilinib, optimal ishlash zonalarini aniqlanadi. Statistik modellash yordamida empirik regressiya tenglamasi shakllantiriladi:

$$\eta = a_0 + a_1 Q + a_2 d + a_3 n + a_4 CSS + a_5 OSS + \varepsilon \quad (3)$$

bu yerda: a_i — eksperimental yo'l bilan aniqlangan koeffitsientlar, ε — tizimdagi tasodifiy xatolik.

Taklif etilgan funksional sxema uchun asosiy faktorlarni o'rganamiz. Oziqlantirish faktori — maydalagichga materialni uzluksiz va bir tekisda taminlash jarayonidir. To'g'ri oziqlantirish texnologik ko'rsatkichlarga bevosita ta'sir ko'rsatadi va bir qator omillar bog'lash orqali ifodalaniadi:

F — oziqlantirish bunker chiqish yuzasi (m^2)
 v — ruda zarrachalarining o'rtacha oqim tezligi (m/s)
 ρ — rudaning o'rtacha zichligi (t/m^3)
 φ — to'ldirilish koeffitsienti (ya'ni bunker va oziqlantirgichning to'liq yuklanganlik darajasi, 0...1 oralig'ida)

Shunday holda, ruda massaviy oqim tezligi (Q) quyidagicha ifodalaniladi:

$$Q = 3600 \cdot \varphi \cdot \rho \cdot F \cdot v \quad (4)$$

Konusli maydalagichning texnologik samaradorligi rudaning fizik-mexanik xossalari, xususan qattiqlik ko'rsatkichi bilan bevosita bog'liqdir. Ruda qattiqligining ortishi maydalash kuchini oshiradi, bu esa maydalagich quvvatining ortishiga, biroq unumdorlikning kamayishiga olib keladi. Shunday qilib, maydalash jarayoni uchun optimal rejim rudaning qattiqligi H_r funksiyasi sifatida aniqlanadi. Maydalash jarayoni davomida maydalagich konusi rudaga ma'lum kuch bilan ta'sir qiladi. Bu kuchni F_m siqilish yo'lini s deb olsak, bajarilgan ish quyidagicha aniqlanadi [4]:

$$A = \int_0^s F_m(x) dx \quad (5)$$

Agar kuch o'rtacha qiymatda o'zgarmasa, uni soddalashtirib yozish mumkin:

$$A \approx F_m \cdot s \quad (6)$$

Quyidagi ifoda orqali rudaning maydalashga qarshilik darajasini nazariy jihatdan ifodalaydi.

$$H_r = \frac{F_m \cdot s}{V} \quad (7)$$

bu yerda: F_m — o'rtacha maydalash kuchi (N), s — deformatsiya (m), V — hajm (m^3).

Amalda rudaning barcha qismi bir xil darajada ezilmaydi, energiyani bir qismi issiqlik, ishqalanish va elastik deformatsiyaga ketadi. Shu sababli tuzatish koeffitsiyenti C kiritiladi:

$$H_r = C \cdot \frac{F_m \cdot s}{V} \quad (8)$$

bu yerda: C — energiyani maydalash jarayoniga o'tish samaradorligini aks ettiruvchi tajriba koeffitsiyenti (0.7–1.3).

Konusning aylanish chastotasi (yoki tebranish chastotasi) — bu maydalagichning ish unumdorligi va energiya sarfini belgilovchi asosiy

parametrdir. Konusli maydalagichda maydalash jarayoni aylanuvchi eksentrik vtulka orqali harakatlanuvchi konus (ishchi organ) tomonidan amalga oshiriladi va uning ifodasi quyidagicha:

$$n_k = \frac{n_d}{i_{um}} = \frac{n_d}{i_1 \cdot i_2 \cdot i_3} \quad (9)$$

bu yerda: n_d — dvigatel aylanish chastotasi (ayl/min), i_{um} — umumiy uzatma nisbati, i_1, i_2, i_3 — bosqichma-bosqich uzatma nisbati.

CSS (Closed Side Setting) — ya'ni maydalash kamerasining eng kichik ochilish oralig'ini gidravlik tizim va konus harakatining dinamik parametrlari asosidagi yakuniy faktorimizni ko'ramiz. Closed Side Setting (CSS) — bu maydalash konusining eng yaqin nuqtasida (ya'ni yanchish zonasida) fiksatsiyalangan konus va harakatlanuvchi konus orasidagi minimal masofani quyidagicha ifodalaymiz:

$$CSS = S_{min} = S_0 - \Delta S_h - \Delta S_v \quad (10)$$

bu yerda: S_0 — konstruktiv boshlang'ich sozlama (mm), ΔS_h — gidravlik silindr bosimi ta'sirida yuzaga kelgan siljish (mm), ΔS_v — konus tebranishining vertikal komponenti (mm).

Gidravlik tizim konusni vertikal yo'nalishda bosim ostida joylashtiradi. Bosim ortganda silindr yuqoriga siljiydi va CSS kamayadi. Ushbu siljish quyidagicha ifodalaniadi:

$$\Delta S_h = \frac{\rho_h \cdot A_h}{k_s} \quad (11)$$

bu yerda: ρ_h — gidravlik bosim (Pa), A_h — silindr ishchi yuzi (m^2), k_s — tayanch strukturasi yoki gidravlik tizimning ekvivalentligi (N/m).

Konus harakati eksentrik vtulka orqali amalga oshiriladi. Uning tebranish amplitudasi A_k bo'lsa, vertikal komponenti quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta S_v = A_k \cdot \sin(\varphi) \quad (12)$$

bu yerda: $A_k = e \cdot Z_k$ — tebranish amplitudasi (eksentriklik e ga bog'liq), φ — konusning aylanish burchagi (ishchi sikl fazasi), Z_k — tishli uzatma nisbati parametrlari.

Demak, Closed Side Setting (CSS) uchun umumiy bog'lanish quyidagicha ifodalash mumkin:

$$CSS(\varphi, \rho_h) = S_0 - \frac{\rho_h \cdot A_h}{k_s} - A_k \cdot \sin(\varphi) \quad (13)$$

Yuqorida ishlab chiqilgan ifodalar orqali yakuniy funksional sxemani yaratamiz (1-rasm) va ushbu funksional sxema ikkita asosiy kirish parametrlariga ega:

u_1 — yuklanish darajasi (tonna), ya'ni maydalagichga berilayotgan rudaning miqdoriy hajmi yoki massasi;

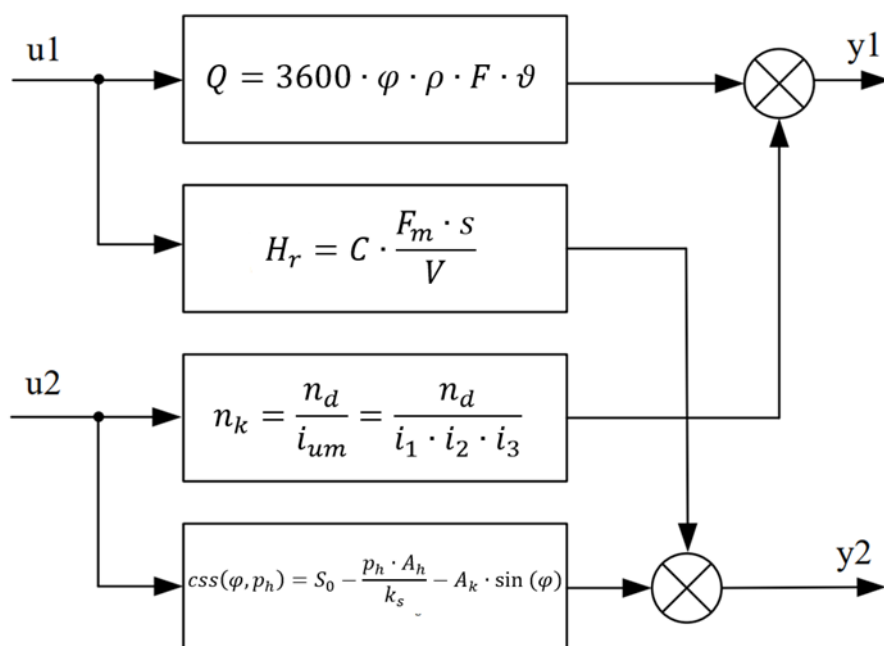
u_2 — elektr motorining elektr energiya sarfi (kWt), ya'ni maydalash jarayonidagi mexanik yuklama bilan bog'liq quvvat sarfi.

Ushbu kirish o'zgaruvchilari tizimning ichki holatini aniqlovchi asosiy boshqaruv parametrlaridir. Bu kirish natijalari asnosida ikkita chiqish natijasini shakllantirildi:

y_1 — mahsuldorlik ($t/soat$), ya'ni vaqt birligida maydalangan rudaning chiqishi;

y_2 — birlik energiya sarfi ($kWt/soat/tonna$), ya'ni bir tonna ruda uchun sarflanadigan elektr energiya.

Bu chiqishlar maydalash jarayonining samaradorlik ko'rsatkichlari bo'lib, texnologik va iqtisodiy tahlilda asosiy rol o'ynaydi.



1-rasm. Maydalash jarayoni uchun elektr energiya sarfi va mahsuldorligining to'rt omilli funksional sxemasi

Ushbu bloklar integratsiyalashganda, tizimning chiqishlari quyidagi funksional bog'lanish orqali ifodalanadi:

$$\begin{cases} y_1 = f_1(u_1, \varphi, \rho, F, v, n_k, H_r, CSS) \\ y_2 = f_2(u_1, \varphi, \rho, F, v, n_k, H_r, CSS) \end{cases} \quad (14)$$

Bu ifoda tizimning nolinear, ko'p omilli va o'zaro bog'langan tabiati mavjudligini ko'rsatadi. Har bir parametrlar o'zgarishi mahsuldorlik va energiya sarfiga uzviy tarzda ta'sir etadi [5].

Taklif etilgan funksional sxema konusli maydalagichning energiya samaradorligini miqdoriy baholash imkonini beradi va quyidagi ilmiy afzalliklarga ega:

Energiya sarfini texnologik parametrlar bilan funksional bog'lanishda ifodalash orqali matematik model yaratish imkoniyati paydo bo'ladi.

Real vaqt rejimida η qiymatini kuzatish, ishlab chiqarish jarayonida adaptiv boshqaruv mexanizmini qo'llashga imkon beradi.

O'lchov natijalari asosida energiya tejamlor rejimlarni aniqlash va

ishlab chiqarish jarayonini raqamli optimallashtirish imkonini yaratadi.

Funksional sxemani ishlab chiqish va uni ishlab chiqarish sharoitida joriy etish orqali quyidagi amaliy natijalarga erishish kutiladi:

Maydalash jarayonida elektr energiyasi sarfini 9-12% gacha kamaytirish.

Dvigatel yuklanish darajasining barqarorligini oshirish va energiya yo'qotishlarni kamaytirish.

Empirik model asosida turli ruda turlari uchun energiya samaradorlik xaritalarini yaratish va keyingi tadqiqotlar uchun tahliliy baza shakllantirish.

Shunday qilib, ishlab chiqilgan funksional sxema konusli maydalagichning energiya samaradorligini nazariy jihatdan ifodalovchi kompleks model bo'lib hisoblanadi. Nazariy asos sifatida, ishlab chiqilgan funksional sxema konusli maydalagichning elektr energiya sarfi va mahsuldorligini bashoratlash, energiya tejamlor rejimlarni aniqlash hamda real vaqt boshqaruv tizimini yaratish uchun ilmiy-metodik asos bo'lib xizmat qiladi.

Bibliografik ro'yxat:

- 1.Ibodullayev M.I.,Tovboyev A.N., Yesenbekov A.K., Nazarov A.I. Avtoparametrik tebranishlarni tahlil qilishda chastota-energiya munosabatlari // «O'zbekiston Konchilik xabarnomasi» ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali. – Navoiy, 2017. № 2. 165-167 betlar.
- 2.Tovboyev A.N., Norqulov A.O., Tog'ayev I.B. The equation of motion of subharmonic fluctuations in three-phase chains with three-phase ferromagnetic elements. International Journal of Advanced Studies in science, technology and technology. -India, copyright to the IJARSET volume 6. No. 10. October 2019, ppt. 11207-11210.
- 3.Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B., Nodirov G'Y. Statistical analysis of power waste in 6-10 kV tension overhead electrical transmission lines // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology. -India, volume 9. No. 11. November 2022, ppt. 2-7.
- 4.Савина Н.В., Мясоэдов Ю.В. Систематические исследования потер электроэнергии при работе распределительных электрических сетей // Вестник. –Москва.: ИРГТУ, 2012. № 1. – 148 с.
- 5.Mavlonov J.A., Mardonov D.Sh. "Rudani yanchuvchi tegimonlarni elektr energiya samaradorligini oshirish usullari" // «O'zbekiston Konchilik xabarnomasi» ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali.– Navoiy, 2022. № 3.102-104 betlar.