



**SANOAT TEGIRMON–KLASSIFIKATSIYA–FLOTATSIYA TIZIMIDA
MA'LUMOTLARNI SINXRONLASHTIRISH, BALANS CHEGARALARINI ANIQLASH
VA TEXNOLOGIK SAMARADORLIKNI BAHOLASH**

Yormatov Ozodbek Shermuhammad o'g'li

Olmalik davlat texnika instituti, O'zbekiston · ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-1256-908X>

Science ID: MSD-0826-0079

Xasanov Adham Amankulovich

— texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Annotatsiya. Boyitish fabrikasida tegirmon, gidrosiklon, gravitatsion ajratish va flotatsiya bosqichlaridan olinadigan ma'lumotlar turli vaqt masshtabi va turli balans chegaralariga tegishli bo'lgani sababli ularni bevosita taqqoslash noto'g'ri xulosalarga olib kelishi mumkin. Ushbu ishda sanoat tegirmon–klassifikatsiya–flotatsiya tizimini baholash uchun oqimlar topologiyasi, vaqt bo'yicha sinxronlashtirish, metall inventari, gidrosiklon qaytuvchi yuki va gravitatsiya tarmog'ini yagona hisoblash konturiga birlashtiruvchi metodik yondashuv ishlab chiqildi. Qorasoy apparatlar sxemasi va texnologik boshqaruv ekranlari asosida o'lchov nuqtalari, ma'lumotlarning vaqt belgisi va laboratoriya assay natijalarini bog'lash ketma-ketligi shakllantirildi. Asosiy e'tibor P80 ni alohida optimallashtirishga emas, balki tegirmonning solishtirma energiya sarfi, klassifikatsiya holati, metallning oqimlar bo'yicha taqsimlanishi, flotatsiya oziqasining sifati va yakuniy ajratib olish ko'rsatkichlarini bir xil vaqt oynasida baholashga qaratildi. Taklif etilgan yondashuv ishlab chiqarish ma'lumotlarini keyingi statistik modellash va operatsion rejimlarni taqqoslash uchun tekshiriladigan ma'lumotlar bazasini yaratishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: sanoat ma'lumotlari, tegirmon, gidrosiklon, flotatsiya, Falcon, vaqt sinxronlashtirish, metall inventari, mass-balans, SEC, texnologik monitoring.

Kirish.

Boyitish fabrikasida bir jarayondagi o'zgarish keyingi bosqichda ma'lum kechikish bilan namoyon bo'ladi. Tegirmon oziqasi yoki suv rejimidagi o'zgarish avval tegirmon chiqishining granulometrik tarkibiga, keyin gidrosiklon overflow sifatiga, undan so'ng flotatsiya kameralaridagi metall ajralishiga ta'sir qiladi. Shu sababli laboratoriya namunasi, operator ekrani va ishlab chiqarish tarixidan olingan qiymatlar bir xil vaqt belgisiga keltirilmasa, ular o'rtasidagi statistik bog'lanish texnologik bog'lanishni to'g'ri ifodalamasligi mumkin. Mazkur ishning boshlang'ich nuqtasi aynan ma'lumotlar uyg'unligi va balans chegarasini to'g'ri tanlash masalasidir.

Tegirmon–flotatsiya tizimlarini integrallashgan holda o'rganish bo'yicha adabiyotlarda zarracha o'lchami, mineral ochilishi, reagent rejimi va flotatsiya javobining o'zaro bog'liqligi ko'rsatilgan [1,2]. Mahalliy ishlarda tegirmonning konstruktiv holati [3] va flotatsiya muhitini tayyorlash [4] kabi omillar alohida ko'rib chiqilgan. Ushbu maqolada esa mazkur omillarni takroriy nazariy tahlil qilishdan ko'ra, ularni sanoat obyektida bir vaqtli ma'lumotlar tizimiga qanday kiritish masalasi markazga qo'yildi.

Tadqiqotning maqsadi — sanoat tegirmon–gidrosiklon–gravitatsiya–flotatsiya zanjirida ma'lumot yig'ish chegaralarini aniqlash, texnologik kechikishlarni hisobga olgan holda DCS/SCADA ko'rsatkichlarini laboratoriya natijalari bilan sinxronlashtirish va keyingi optimallashtirish uchun ishonchli mass-metall balans ma'lumotlar to'plamini shakllantirish metodikasini ishlab chiqish.

Nazariy asos va tadqiqotning farqlovchi jihati

Integrallashgan boyitish tadqiqotlarida granulometrik tarkib bilan flotatsiya javobini bog'lash muhim yondashuvlardan biridir [1]. Biroq sanoat sharoitida bunday bog'lanishni tekshirishdan oldin ma'lumotlarning qaysi apparat, qaysi vaqt va qaysi balans konturiga tegishli ekanini aniqlash



talab etiladi. Aks holda bir vaqt nuqtasidagi P80 boshqa vaqt oralig'idagi recovery bilan juftlanishi mumkin. Shuning uchun ushbu ishda texnologik vaqt kechikishi mustaqil metodik omil sifatida qaraladi.

Flotatsiya javobiga pH, qattiq faza ulushi, suv kimyosi, reagent va aeratsiya ta'sir qilishi ma'lum [2]. Ushbu parametrlar yangi ishda faqat nazorat omillari ro'yxati sifatida emas, balki vaqt belgisi bilan saqlanishi lozim bo'lgan kovariatlar sifatida qaraladi. Bu yondashuv yanchish yoki klassifikatsiyadagi o'zgarishni flotatsiya rejimidagi parallel o'zgarishlardan ajratish imkonini beradi. Tegirmon qoplamasi va ekspluatatsion holat mahsulot granulometriyasiga ta'sir qilishi mumkin [3], flotatsiya muhitini tayyorlash usullari esa pufakcha-zarracha o'zaro ta'sirini o'zgartiradi [4]. Shu sababli texnik xizmat hodisalari, faol gidrosiklonlar soni, nasos yoki tegirmon rejimidagi o'zgarishlar ma'lumotlar bazasida alohida hodisa belgisi sifatida qayd etilishi taklif qilinadi.

Manba	O'rganilgan jihat	Integrallashgan tadqiqotda o'rni
Runge va boshq. [1]	Fraksiyalar bo'yicha metall va recovery	P80 o'zgarishining taxminiy ta'siri; farazni tekshirish
Mutalova va boshq. [2]	Flotatsiya mexanizmi va boshqaruv omillari	pH, zichlik, suv, reagent va havo rejimini nazorat qilish
Abduazizov, Abdullayev [3]	Tegirmon qoplamasi va ekspluatatsiya	Tegirmonning texnik holatini tahlilda hisobga olish
Matkarimova, Yavkochiva [4]	Konditsioner va pufakchalar mexanizmi	Flotatsiya bosqichining istiqbolli tajriba omili

1-jadval. Foydalanilgan manbalarning tadqiqotdagi vazifasi.

Aniq ilmiy muammo shundan iboratki, bir ruda guruhi uchun tegirmon quvvati va mahsulot o'lchami, gidrosiklonning ajratish xususiyati va flotatsiya javobi ko'pincha turli vaqt kesimlarida hamda turli bazalarda baholanadi. Shunday ma'lumotdan P80 bilan recovery o'rtasidagi sababiy bog'lanishni yoki energiya hisobga olingan eng yaxshi ish diapazonini bevosita chiqarib bo'lmaydi. Yechim sinxron namuna olish, yopilgan metall balansi va boshqariladigan omillarning muqobil rejimlarini taqqoslashni talab qiladi.

Sanoat ma'lumotlarini yig'ish va sinxronlashtirish metodikasi

Tadqiqot obyekti Qorasoy boyitish uchastkasidagi o'zaro bog'langan yanchish, klassifikatsiya, gravitatsion ajratish va flotatsiya oqimlaridir. Tadqiqot birligi alohida uskuna emas, balki barqaror texnologik vaqt oynasi sifatida qabul qilinadi. Har bir vaqt oynasi uchun ruda turi, faol uskunalar konfiguratsiyasi, tegirmon oziqasi, suv rejimi, gidrosiklon holati va flotatsiya parametrlarining o'zgarmasligi yoki o'zgarish darajasi qayd qilinadi. Laboratoriya namunalari shu vaqt oynasiga bog'lanadi.

Oqim / parametr	Majburiy o'lchov	Tahlildagi maqsad
Tegirmon oziqasi va chiqishi	Quruq sarf, PSD, assay, quvvat, suv	SEC; yanchishning kirish va chiqish balansi
Siklon overflow / underflow	Sarflar, PSD, zichlik, bosim	Qaytuvchi yuk va flotatsiya oziqasi sifati
Flotatsiya oziqasi	Sinf massasi va assay, pH, qattiq faza	Metallning sinflarga taqsimoti
Konsentrat va chiqindi	Sinf massasi va assay, sarf	Fraksion va umumiy recovery; metall balansi

Reagent va havo	Sarflar, pH, suv tarkibi, vaqt	Yanchish ta'sirini boshqa omillardan ajratish
-----------------	--------------------------------	---

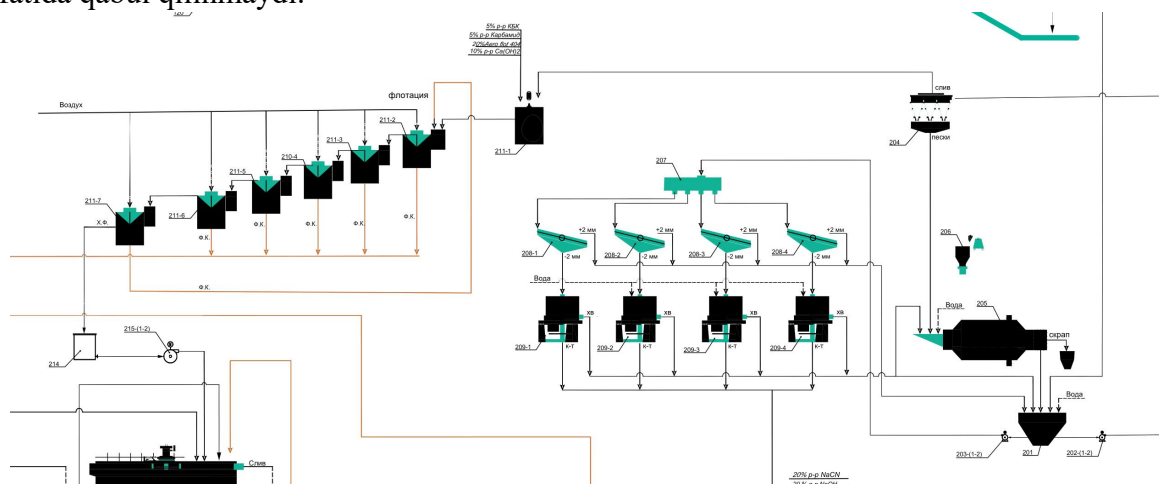
2-jadval. Bitta vaqt oralig'ida yig'iladigan minimal ma'lumotlar.

Granulometrik tahlil bu ishda mustaqil yakuniy mezon emas, balki oqim identifikatori va texnologik holatni tavsiflovchi ko'rsatkich sifatida qo'llanadi. Har bir namuna uchun PSD, P80, assay va quruq massa sarfi bir xil identifikator bilan saqlanadi. Mineralogik tahlil mavjud bo'lsa, u ham ayni vaqt oynasiga biriktiriladi. Natijada laboratoriya natijalari DCS/SCADA trendlaridan ajralgan holda emas, ularning konteksti bilan tahlil qilinadi.

Bo'tana qattiq fazasi, pH, suv sarfi, reagent dozasi, havo sarfi va kameralar sathi vaqt qatori ko'rinishida olinadi. Namuna olish nuqtasigacha bo'lgan transport va ushlanish vaqti hisobga olinib, tegirmon yoki gidrosiklonidagi hodisa flotatsiya natijasiga mos vaqtga siljiriladi. Shu tariqa bir vaqtning o'zida sodir bo'lmagan jarayon qiymatlarini sun'iy ravishda juftlash xavfi kamaytiriladi.

Sanoat sxemasi asosida tadqiqot chegarasini aniqlash

Umumiy metodikani sanoat obyektiga tatbiq etish misoli sifatida MMGning Qorasoy apparatlar sxemasi [6], texnologik boshqaruv ekranlari [7] va uskuna fotosurati [8] tahlil qilindi. Sxema texnologik bog'lanishlarni, ekranlar kuzatiladigan o'zgaruvchilarni, fotosurat esa uskunaning joylashuvini tavsiflaydi. Ular mustaqil tajriba qatori yoki rejimning optimalligini tasdiqlovchi natija sifatida qabul qilinmaydi.



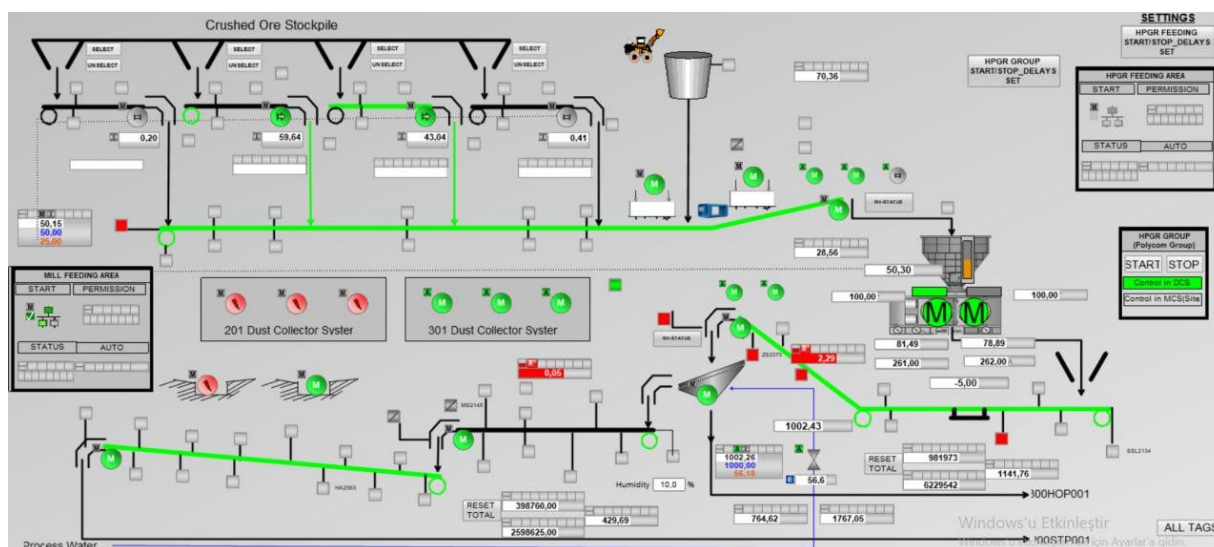
1-rasm. Yanchish, gravitatsiya va flotatsiya uchastkasining apparatlar sxemasidan fragment sxemasi [6].

Chizma spetsifikatsiyasida 205-pozitsiya sharli tegirmonning o'lchami $7,3 \times 12$ m deb berilgan; 204-pozitsiyada $D = 550$ mm gidrosiklonlar batareyasi uchun 12 ta ishchi va 4 ta zaxira siklon ko'rsatilgan. 209-(1–4) pozitsiyalar to'rtta Falcon konsentratoriga, 211-1 agitatorga, 211-(2–7) esa oltita flotatsiya mashinasiga tegishli [6]. Ushbu sonlar chizmadagi konfiguratsiyani ifodalaydi; amaldagi faol uskunalar tarkibi har bir namuna olish davrida alohida qayd etilishi kerak.



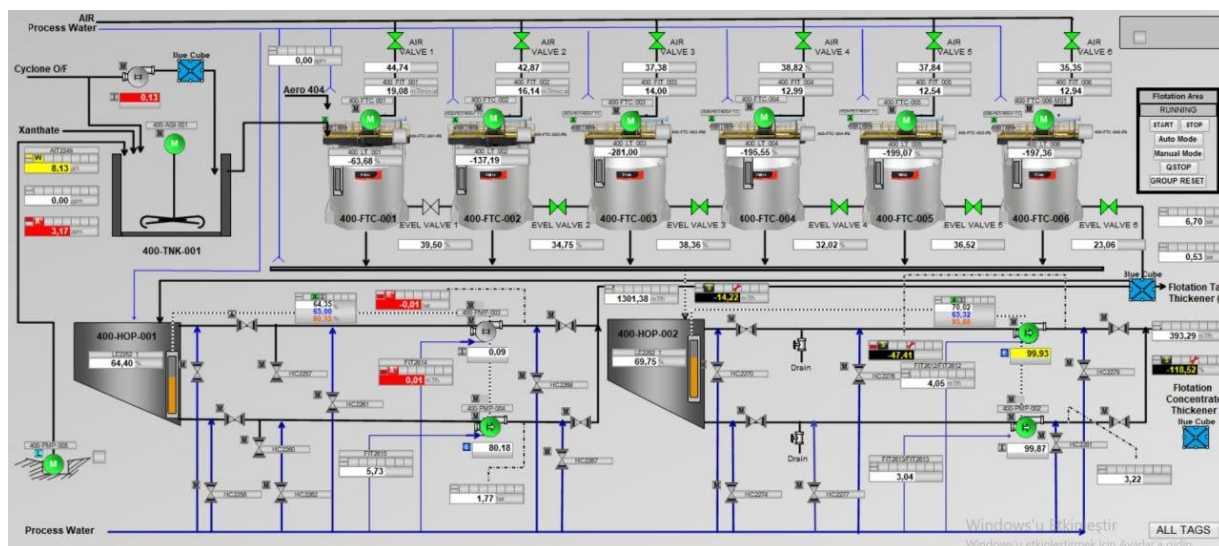
2-rasm. Sharli tegirmon va unga xizmat ko'rsatuvchi sanoat maydonchasi. Taqdim etilgan yuqori aniqlikdagi fotosurat [8].

Tegirmonning fotosurati uskuna va xizmat ko'rsatish infratuzilmasini tasvirlaydi, biroq undan elektr quvvati, shar yuklamasi, unumdorlik yoki metall ajratib olish darajasini aniqlab bo'lmaydi. Mazkur ko'rsatkichlar texnik pasport, vaqt bo'yicha qayd etilgan o'lchovlar va laboratoriya tahlillari orqali olinadi. Shu sababli tasvirlar natijalarni bezashdan tashqari, qaysi uzellarda ma'lumot yig'ish zarurligini tushuntirishga xizmat qiladi.



3-rasm. Yanchish va klassifikatsiya uchastkasining boshqaruv ekrani. Oziqa, suv, tegirmon va siklon konturlarini kuzatish nuqtalari [7].

Yanchish ekranida oziqa uzatish, tegirmon, suv va gidrosiklon konturlari birgalikda ko'rsatilgan. Tadqiqotda tegirmon quvvati, oziqa sarfi, suv sarfi, bo'tana zichligi va siklon oziqa bosimining mavjud o'lchov kanallari aniqlanib, ularning vaqt belgisi laboratoriya namunalari bilan moslashtiriladi. Ekraning bitta surati faqat bir holatni ifodalaydi; barqaror rejimni baholash uchun vaqt qatori, o'lchov birliklari va datchiklarning ishonchliligi tekshiriladi. Rasmda o'qilishi noaniq qiymatlar hisoblashga kiritilmaydi.



4-rasm. Flotatsiya kameralarining boshqaruv ekrani. Kameralar ketma-ketligi va yordamchi konturlarning kuzatuv ko‘rinishi [7].

Flotatsiya ekranidagi kameralar ketma-ketligi namuna olish vaqtini tanlashda hisobga olinadi. Tegirmon chiqishidagi o‘zgarish flotatsiya chiqishiga darhol yetib bormasligi sababli oqimlarning transport va ushlanish vaqti baholanadi. Mavjud o‘lchovlarga qarab kameradagi sath, havo sarfi va reagent dozasi laboratoriyada aniqlangan fraksion ajratib olish bilan bog‘lanadi. Shu tariqa granulometriya ta’siri aeratsiya yoki reagent rejimi o‘zgarishi bilan chalkashib ketishining oldi olinadi.

Gravitatsiya tarmog‘ini hisobga oluvchi metall balans

1-rasmdagi Falcon tarmog‘i sababli flotatsiya bosqichining oziqasi va butun fabrika oziqasi bir xil balans chegarasi emas. Flotatsiya uchun $F_f = C_c + T_t$ tengligi uning o‘z kirish va chiqish oqimlariga qo‘llanadi. Butun boyitish uchastkasi uchun esa gravitatsiya mahsulotiga o‘tgan metall ham alohida hisobga olinadi. Aks holda faqat flotatsiya boyitmasini zavod oziqasi bilan solishtirish ajratib olish darajasini noto‘g‘ri talqin qilishga olib kelishi mumkin.

Belgilangan davrda uchastkaga kirgan metall M_0 , gravitatsiya orqali tashqariga chiqqan metall M_G , flotatsiya boyitmasidagi metall M_F va yakuniy chiqindidagi metall M_T bo‘lsa, $M_0 = M_G + M_F + M_T + \Delta M$ tengligi tekshiriladi. ΔM apparatlar va oraliq sig‘imlardagi metall zaxirasining davr oxiri va boshidagi farqidir. Barqaror rejimda $\Delta M \approx 0$ deb olish faqat tegishli kuzatuv bilan asoslanadi. Uchastka chegarasidan chiqadigan, qayta hisoblanmaydigan mahsulotlar uchun $R_u = (M_G + M_F) / M_0 \times 100\%$ aniqlanadi; gidrometallurgik bosqichdagi yakuniy oltin ajratib olish bu ko‘rsatkichdan alohida baholanadi.

Hisoblash modeli

Yanchishning solishtirma elektr sarfi $SEC = E / M$ yoki barqaror davrda $SEC = P / Q$ ko‘rinishida hisoblanadi. E mos davrdagi elektr energiya (kWh), M qayta ishlangan quruq massa (t), P o‘rtacha elektr quvvati (kW), Q esa quruq rudaning soatlik sarfi (t/soat). Tegirmonning mavjudligi va boshqa uskunalar quvvatini qo‘shish chegarasi oldindan belgilanishi zarur. Aks holda ikki davrning kWh/t qiymatini adolatli taqqoslash qiyin.

Oziqaning i-o‘lcham sinfidagi quruq massa sarfi F_i va metall miqdori f_i bo‘lsin. Shu sinfdagi metallning jami oziqa metalliga nisbati $w_i = F_i f_i / \sum_i (F_i f_i)$ bo‘lib, barcha sinflar uchun $\sum_i w_i = 1$. Agar i-sinfning flotatsiyadagi metall ajratib olish darajasi R_i bo‘lsa, umumiy metall ajratib olish $R = \sum_i (w_i R_i)$ ga teng [1]. Fraksiyalarning oddiy massa ulushlari bilan og‘irliklash noto‘g‘ri bo‘lishi mumkin, chunki metall tarkibi o‘lcham bo‘yicha bir tekis taqsimlanmaydi.

Umumiy oqimlar uchun $R = (C \times c) / (F \times f) \times 100\%$, bunda F va C oziqa hamda konsentratning quruq massasi, f va c esa ularning mos metall miqdoridir. Barcha oqimlar bir xil vaqt oralig‘iga va



bir xil baza birliklariga keltiriladi. Quruq modda balansining $F = C + T$ va metall balansining $F_f = C_c + T_t$ tengliklaridan chetlanishi o'ltchov xatosi sifatida baholanadi. Balans sezilarli yopilmasa, rejimni optimal deb tanlash oldidan namuna, tarozi va tahlil sifati qayta tekshiriladi.

Bazin tahlili [1] P80 ning muqobil qiymatlarida PSD ni parametrik funksiyadan taxmin qiladi, metallning o'ltcham sinflariga tarqalishini baholaydi va R_i qiymatlarini og'irliliklaydi. Uning soddalashtiruvchi taxmini shuki, granulometriya o'zgarganda massa hamda metallning kumulyativ taqsimotlari orasidagi munosabat va o'ltcham sinflaridagi flotatsiyalanuvchanlik sezilarli buzilmaydi. Mineralogiya, siklon yoki qayta yanchish sxemasi o'zgarsa, bu taxmin qayta sinovdan o'tishi kerak. Bazin natijasi mustaqil davrning haqiqiy assay va balansiga solishtirilmaguncha prognoz bo'lib qoladi.

Vaqt kechikishi va ma'lumotlar sifatini nazorat qilish

Jarayon zanjiridagi vaqt kechikishi τ bilan belgilanadi. Tegirmon chiqishidagi o'zgarishning flotatsiya oziqasiga yetib kelish vaqti oqim hajmi, sarf va oraliq sig'imglar holatiga bog'liq. Shuning uchun $x(t)$ tegirmon yoki klassifikatsiya parametri bilan $y(t)$ flotatsiya javobi o'rtasidagi bog'lanish $y(t+\tau)$ ko'rinishida tekshiriladi. τ qiymati texnologik hajm/sarf hisobi, tracer ma'lumoti yoki vaqt qatorlarining cross-correlation tahlili orqali baholanishi mumkin.

Ma'lumotlar sifatini baholashda to'rtta mezon qo'llanadi: to'liqlik, vaqt muvofiqligi, fizik chegaralarga moslik va balans yopilishi. Datchik uzilishi, uskunaning to'xtashi, ruda almashishi yoki laboratoriya namunasi vaqtining noaniqligi kuzatilgan davrlar model o'qitish to'plamidan alohida belgilanadi. Bu usul statistik modelning texnologik bo'lmagan hodisalarni 'optimal rejim' sifatida o'rganib qolishining oldini oladi.

Kompozit	P80 = 150 μ m	P80 = 75 μ m
1-yil	17 daqiqa	26 daqiqa
2-yil	23 daqiqa	37 daqiqa
3-yil	24 daqiqa	39 daqiqa

Taklif etilayotgan ma'lumotlar tuzilmasida har bir yozuv uchun timestamp, ore-group, equipment-state, mill-feed, mill-power, water-flow, cyclone-pressure, overflow-P80, flotation-feed-assay, reagent-state va yakuniy metall oqimi maydonlari bo'lishi ko'zda tutiladi. Shu baza keyinchalik regressiya, ANOVA, response-surface yoki mashinaviy o'rganish usullarini qo'llash uchun tayyorlangan sanoat datasetini beradi.

Ma'lumotlarga asoslangan baholash va modelni validatsiya qilish

Model qurilishidan oldin javob ko'rsatkichlari aniq belgilanadi: metall oqimi ($\text{mass flow} \times \text{assay}$), flotatsiya recovery, konsentrat sifati, throughput va SEC. Birinchi bosqichda ushbu ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'lanish tavsifiy statistika va korrelyatsiya bilan baholanadi; keyingi bosqichda ruda guruhi va operatsion holatni nazorat qiluvchi ko'p omilli model quriladi. Maqsad biror setpointni oldindan e'lon qilish emas, balki qaysi omillar natijani barqaror tushuntirishini aniqlashdir.

Model ma'lumotlari vaqt bo'yicha training va validation davrlariga ajratiladi. Tasodifiy aralashtirish o'rniga keyingi ishlab chiqarish davrini alohida validatsiya to'plami sifatida saqlash tavsiya etiladi. Bu yondashuv vaqt trendi va ruda xossalarning o'zgarishi sharoitida modelning haqiqiy prognoz qobiliyatini tekshiradi. Zarur hollarda ruda guruhlari bo'yicha alohida modelar solishtiriladi.

Statistik modeldan olingan tavsiya ishlab chiqarish rejimi sifatida qabul qilinishidan oldin xavfsiz operatsion chegaralarda sanoat validatsiyasidan o'tkaziladi. Sinov va bazaviy davrlar ruda turi,



throughput va uskunalar holati bo'yicha moslashtiriladi; metall balans yopilishi va o'lchov noaniqligi natija bilan birga keltiriladi.

Muhokama

Taklif etilgan yondashuvning asosiy farqi shundaki, u optimallashtirishni P80 yoki recovery kabi bitta ko'rsatkichdan boshlamaydi. Avval texnologik oqimlar, vaqt kechikishi va metall inventari bo'yicha ma'lumotlarning o'zaro mosligi tekshiriladi. Qorasoy sxemasidagi Falcon tarmog'i balans chegarasini kengaytirishni talab qiladi, boshqaruv ekranlari esa laboratoriya natijalarini qaysi operatsion parametrlar bilan bog'lash mumkinligini ko'rsatadi. Shunday qilib, maqolaning asosiy natijasi yangi optimal setpoint emas, balki keyingi sanoat optimallashtirishini ishonchli bajarish uchun ma'lumotlar arxitekturasini va tekshiruv ketma-ketligidir.

Xulosa

1. Sanoat tegirmon–klassifikatsiya–flotatsiya tizimida laboratoriya va DCS/SCADA ma'lumotlari transport/ushlanish vaqti hisobga olingan yagona vaqt oynasida sinxronlashtirilishi kerak. 2. Falcon gravitatsiya tarmog'i mavjud bo'lganda flotatsiya recovery va butun uchastka recovery uchun balans chegaralari alohida belgilanadi; metall inventari o'zgarishi ΔM bilan nazorat qilinadi. 3. P80, SEC, cyclone pressure, throughput, assay va flotatsiya rejimi yagona identifikatorli datasetda saqlansa, ularning ta'sirini statistik jihatdan ajratish imkoniyati oshadi. 4. Model tavsiyasi faqat mustaqil vaqt davrida validatsiya va yopilgan metall balansidan keyin ishlab chiqarish xulosasiga aylantirilishi lozim. Taklif etilgan metodika Qorasoy boyitish uchastkasida keyingi PhD sanoat tajribalarini tashkil etish uchun ma'lumotlar bazasini shakllantirishga qaratilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Runge K. C., Tabosa E., Holtham P., Valle R. Grinding and Flotation Circuits Integration and Optimization.
2. Mutalova M. A., Xasanov A. A., Solijonova G. Q. Foydali qazilmalarni flotatsiya usulida boyitish texnologiyasi. O'quv qo'llanma. Olmaliq, 2024. 127 b. Taqdim etilgan qo'lyozma nusxasi.
3. Abduazizov N., Abdullayev S. Sharli tegirmon qoplamalarining takomillashtirilgan konstruksiyalarini qo'llash orqali ularning samaradorligini asoslash. Journal of Advances in Engineering Technology. 2024; 3(15):83–90. DOI: 10.24412/2181-1431-2024-3-83-90.
4. MMG. Qorasoy texnologik apparatlar sxemasi. «MMG Qorasoy_11_03 (2)(1).pdf»..
5. Matkarimova S. T., Yavkochiva D. O. Misli rudalarni flotatsion boyitish texnologiyasini takomillashtirish. Uzbekistan–Japan International Conference Energy–Earth–Environment–Engineering. Toshkent, 2022. 30-b.
6. Forte Dynamics, Inc. MMG Phase 1, 2 and 3 Tech Report. Project 193007. Rev. A DRAFT, 2025. 5-3-jadval va 5-bob.