ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

UDK 622.765:534-8:681.5

ULTRATOVUSH YORDAMIDA MIS RUDASI FLOTATSIYASINI AVTOMATLASHTIRILGAN BOSHQARISH TIZIMINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Asqar Artikov
Toshkent kimyo-texnologiya instituti professori
ORCID: 0009-0007-3874-7096
E-mail: a.artikov@tkti.uz
Abror Isakov
O‘zbekiston Respublikasi IIV Akademiyasi, Raqamli texnologiyalar va axborot xavfsizligi kafedrasi dotsenti, kafedra mudiri o‘rinbosari, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4768-406X
Davron Panjiyev
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Avtomatlashtirish va raqamli boshqaruv kafedrasi magistranti
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-8067-9050
E-mail: d.panjiyev@tkti.uz
Shaira Nasirova
Navoiy davlat universiteti professori
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6899-1205
E-mail: nosirova_61@mail.ru

Annotatsiya. Mis rudalarini flotatsiya usulida boyitish jarayonida texnologik parametrlarning o‘zgaruvchanligi hamda jarayonning murakkabligi boshqaruv tizimlariga yuqori talab qo‘yadi. Flotatsiya davomida havo pufakchalari dispersiyasining buzilishi, reagentlarning notekis taqsimlanishi va pulpa tarkibining o‘zgarishi misni ajratib olish samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan holda boshqarish va texnologik parametrlarni optimal qiymatlarda ushlab turish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ushbu maqolada ultratovush yordamida mis rudasi flotatsiyasini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini matematik modellashtirish masalalari tahlil qilingan. Tizim tarkibiga flotatsiya apparati, ultratovush generatori, datchiklar, boshqaruvchi qurilma va ijro mexanizmlari kiritilgan. Jarayonni boshqarishda havo sarfi, pulpa sathi, pH muhiti, ultratovush intensivligi hamda mis konsentratsiyasi asosiy parametrlar sifatida qaralgan. Tadqiqot davomida ultratovushning pufakchalar hosil bo‘lishi, zarracha yuzasining tozalanishi va massa almashinish jarayonlariga ta’siri o‘rganilgan. Shuningdek, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimining ishlash algoritmi hamda texnologik parametrlarning o‘zaro bog‘liqligi matematik jihatdan ifodalangan. Model

asosida jarayon parametrlarini boshqarish orqali flotatsiya samaradorligini oshirish va texnologik jarayonning barqaror ishlashini ta’minlash imkoniyatlari ko‘rsatib berilgan.

Kalit so‘zlar: flotatsiya, mis rudasi, ultratovush, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi, matematik modellashtirish, pulpa, havo pufakchalari, massa almashinish, texnologik parametrlar.

Abstract. The variability of technological parameters and the complexity of the process in copper ore beneficiation by flotation impose high requirements on control systems. During flotation, disturbances in air bubble dispersion, non-uniform distribution of reagents, and changes in pulp composition negatively affect copper recovery efficiency. Therefore, automated control of the flotation process and maintaining technological parameters at optimal values remain among the most important challenges. This paper analyzes the issues of mathematical modeling of an automated control system for copper ore flotation using ultrasound. The system includes a flotation unit, an ultrasonic generator, sensors, a control device, and actuating mechanisms. Air flow rate, pulp level, pH environment, ultrasonic intensity, and copper concentration were considered as the main process parameters. The study investigated the effects of ultrasound on bubble formation, particle surface cleaning, and mass transfer processes. In addition, the operating algorithm of the automated control system and the interrelationships between technological parameters were mathematically described. Based on the developed model, the possibilities of improving flotation efficiency and ensuring stable operation of the technological process through effective control of process parameters were demonstrated.

Keywords: Flotation; Copper Ore; Ultrasound; Automated Control System; Mathematical Modeling; Mineral Pulp; Air Bubbles; Mass Transfer; Process Parameters.

Аннотация. Изменчивость технологических параметров и сложность процесса обогащения медных руд методом флотации предъявляют высокие требования к системам управления. В процессе флотации нарушение дисперсности воздушных пузырьков, неравномерное распределение реагентов и изменение состава пульпы оказывают отрицательное влияние на эффективность извлечения меди. В связи с этим автоматизированное управление процессом флотации и поддержание технологических параметров на оптимальном уровне являются одними из наиболее актуальных задач. В данной статье рассмотрены вопросы математического моделирования автоматизированной системы управления флотацией медной руды с использованием ультразвука. В состав системы входят флотационный аппарат, ультразвуковой генератор, датчики, управляющее

устройство и исполнительные механизмы. В качестве основных параметров процесса рассматривались расход воздуха, уровень пульпы, кислотность среды (pH), интенсивность ультразвука и концентрация меди. В ходе исследования изучено влияние ультразвука на образование пузырьков, очистку поверхности частиц и процессы массопереноса. Кроме того, математически описаны алгоритм функционирования автоматизированной системы управления и взаимосвязи между технологическими параметрами. На основе разработанной модели показаны возможности повышения эффективности флотации и обеспечения стабильной работы технологического процесса путем управления его параметрами.

Ключевые слова: Флотация; Медная руда; Ультразвук; Автоматизированная система управления; Математическое моделирование; Минеральная пульпа; Воздушные пузырьки; Массоперенос; Технологические параметры.

1. KIRISH.

Mis metalliga bo‘lgan talabning ortib borishi mis rudalarini samarali boyitish texnologiyalarini takomillashtirish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Hozirgi vaqtda flotatsiya usuli mis rudalarini boyitishda eng keng qo‘llaniladigan texnologik jarayonlardan biri hisoblanadi. Ushbu usul foydali mineral zarrachalarini havo pufakchalari yordamida ajratib olishga asoslanadi. Flotatsiya jarayonining samaradorligi ko‘plab texnologik omillarga bog‘liq bo‘lib, ularga pulpa tarkibi, havo sarfi, reagentlar miqdori, pH muhiti va pufakchalar dispersiyasi kiradi. Jarayon davomida texnologik parametrlarning o‘zgarishi foydali komponentlarning ajralib chiqish darajasiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

So‘nggi yillarda flotatsiya jarayonini intensivlashtirishda ultratovush texnologiyalaridan foydalanishga qiziqish ortib bormoqda. Ultratovush ta’sirida mayda havo pufakchalari hosil bo‘lishi tezlashadi, zarracha yuzalarining tozalanishi yaxshilanadi hamda massa almashinish jarayoni faollashadi. Bu esa flotatsiya samaradorligini oshirish imkonini beradi. Flotatsiya jarayonini real vaqt rejimida boshqarish va texnologik parametrlarni optimal qiymatlarda ushlab turish avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo‘llashni talab etadi. Shu sababli flotatsiya jarayonlarini matematik modellashtirish va boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Ushbu maqolada ultratovush yordamida mis rudasi flotatsiyasini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimining matematik modeli ishlab chiqilgan hamda texnologik parametrlarning o‘zaro bog‘liqligi tahlil qilingan.

2. Flotatsiya jarayonining avtomatlashtirilgan tizim strukturasi

ISSN 3030-3907

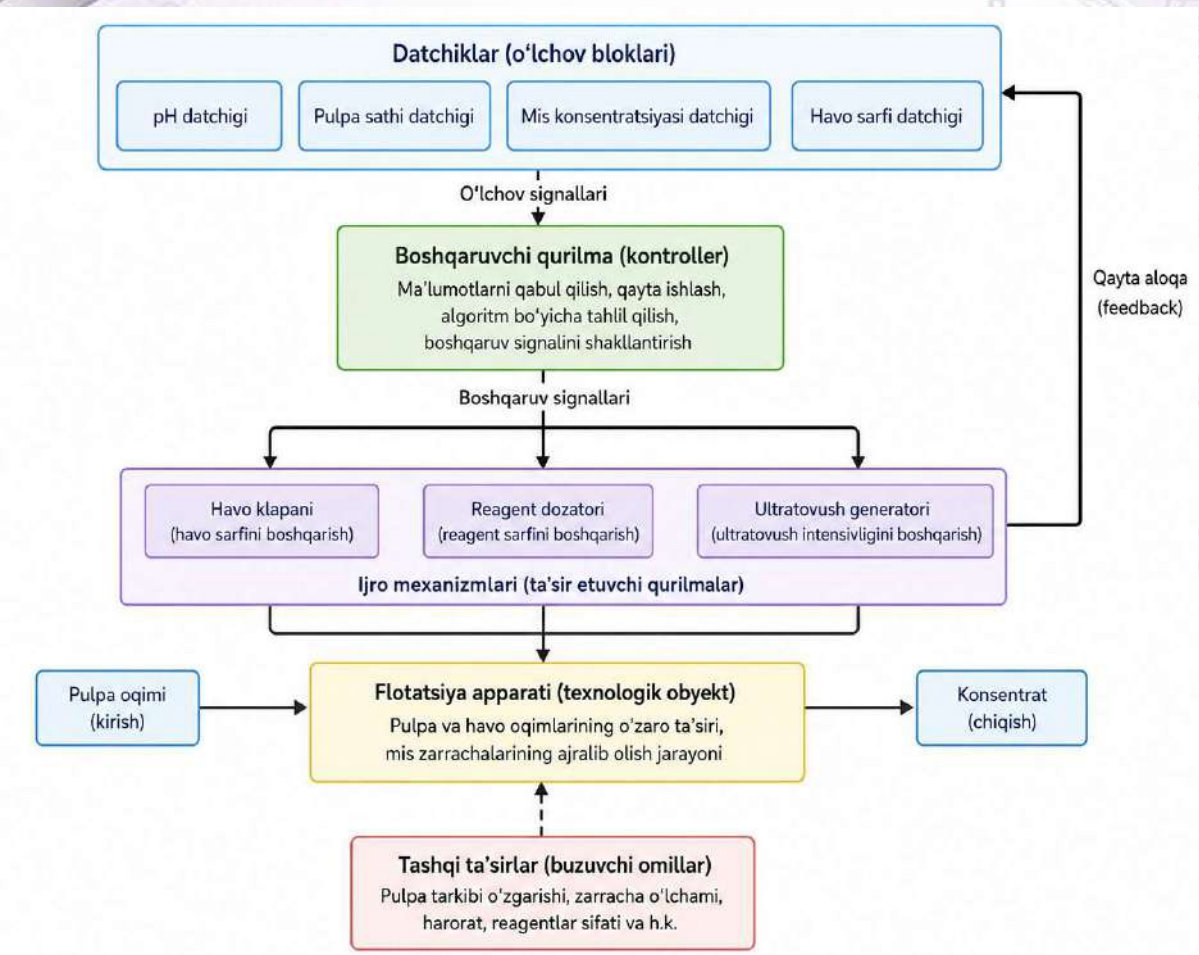
Mis rudalarini flotatsiya usulida boyitish jarayonida texnologik parametrlarning barqarorligini ta’minlash va foydali komponentlarni samarali ajratib olish avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo‘llashni talab etadi. Flotatsiya jarayonida pulpa tarkibi, havo sarfi, reagentlar miqdori va ultratovush intensivligining o‘zgarishi texnologik ko‘rsatkichlarga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli jarayon parametrlarini real vaqt rejimida nazorat qilish va boshqarish muhim hisoblanadi.

Taklif etilayotgan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi flotatsiya apparati, ultratovush generatori, datchiklar, boshqaruvchi qurilma hamda ijro mexanizmlaridan tashkil topgan. Flotatsiya apparati boshqaruv obyekti sifatida qaraladi va unda pulpa hamda havo oqimlarining o‘zaro ta’siri natijasida mis zarrachalarini ajratib olish jarayoni amalga oshadi.

Tizimda mis konsentratsiyasi, pulpa sarfi, havo sarfi, pulpa sathi hamda pH muhiti asosiy nazorat qilinuvchi parametrlar sifatida qabul qilingan. Mazkur parametrlarni aniqlash uchun texnologik datchiklardan foydalaniladi. O‘lchangan ma’lumotlar boshqaruvchi qurilmaga uzatiladi va dasturiy algoritmlar asosida qayta ishlanadi.

Boshqaruvchi qurilma texnologik parametrlarning joriy holatini tahlil qilib, flotatsiya jarayonining optimal ish rejimini aniqlaydi. Natijaga asosan havo sarfi, reagentlar miqdori, pulpa sathi va ultratovush intensivligini o‘zgartirish bo‘yicha boshqaruv signallari shakllantiriladi. Ushbu signallar ijro mexanizmlariga uzatilishi natijasida texnologik jarayonning avtomatik boshqarilishi ta’minlanadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Mis rudasi flotatsiyasini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimining strukturaviy sxemasi

Ultratovush generatori flotatsiya jarayonini intensivlashtiruvchi qo‘shimcha manba sifatida ishlaydi. Ultratovush ta’sirida pulpa tarkibida mayda havo pufakchalari hosil bo‘lishi tezlashadi, zarracha yuzalarining tozalanishi yaxshilanadi hamda massa almashinish jarayonining faollashuvi kuzatiladi. Natijada mis zarrachalarining havo pufakchalari bilan birikish ehtimoli ortadi va flotatsiya samaradorligi oshadi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimidan foydalanish texnologik parametrlarning barqarorligini ta’minlash, reagentlar sarfini kamaytirish hamda misni ajratib olish samaradorligini oshirish imkonini beradi.

3. Flotatsiya jarayonining matematik modeli

Flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarishda texnologik parametrlar orasidagi bog‘lanishlarni matematik jihatdan ifodalash muhim ahamiyatga ega. Jarayonning matematik modeli yordamida texnologik ko‘rsatkichlarning o‘zgarishini tahlil qilish, boshqaruv parametrlarini optimallashtirish hamda flotatsiya samaradorligini baholash mumkin bo‘ladi. Flotatsiya jarayonida misni ajratib olish darajasi pulpa tarkibi, havo sarfi, ultratovush intensivligi va reagentlar miqdoriga bog‘liq holda o‘zgaradi.

ISSN 3030-3907

Jarayonning soddalashtirilgan matematik modeli quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\tau \frac{d\varepsilon}{dt} = -\varepsilon + K_1 Q_h + K_2 I_u + K_3 C_m$$

bu yerda: ε-misni ajratib olish darajasi, Q_h-havo sarfi, I_u- ultratovush intensivligi, C_m-pulpada mis konsentratsiyasi, K_1, K_2, K_3-tajribaviy koeffitsiyentlar, τ-jarayonning vaqt doimiysi.

Mazkur model flotatsiya jarayonining dinamik holatini ifodalaydi va texnologik parametrlarning o‘zgarishi misni ajratib olish samaradorligiga qanday ta’sir ko‘rsatishini aniqlash imkonini beradi. Flotatsiya apparatidagi pulpa sathining o‘zgarishi quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$A \frac{dH}{dt} = Q_p - Q_x$$

bu yerda: H- pulpa sathi, Q_p- apparatga kiruvchi pulpa sarfi, Q_x- chiqayotgan pulpa sarfi, A-apparatning ishchi kesim yuzasi.

Ultratovush ta’sirida havo pufakchalari dispersiyasi yaxshilanadi va pufakchalar o‘lchami kamayadi. Bu holat massa almashinish yuzasining ortishiga olib keladi. Jarayonda havo pufakchalari radiusining o‘zgarishi quyidagi ifoda orqali baholanadi:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{r}\right) = \alpha I_u - \beta r$$

bu yerda: r-havo pufakchalarining o‘rtacha radiusi, α, β- tajribaviy koeffitsiyentlar, I_u- ultratovush intensivligi.

Keltirilgan matematik model asosida flotatsiya jarayonining asosiy parametrlarini tahlil qilish, boshqaruv tizimi ishlashini modellashtirish hamda texnologik jarayonning optimal ish rejimlarini aniqlash mumkin bo‘ladi.

4. Flotatsiya jarayonini modellashtirish va tahlil qilish

Flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarishda matematik model asosida texnologik parametrlarning o‘zgarishini tahlil qilish muhim ahamiyatga ega. Modellashtirish jarayonida havo sarfi, pulpa sathi, ultratovush intensivligi va mis konsentratsiyasining flotatsiya samaradorligiga ta’siri o‘rganildi. Jarayon parametrlarini tahlil qilish matematik model asosida amalga oshirildi.

Modellashtirish davomida ultratovush intensivligining ortishi bilan havo pufakchalari dispersiyasining yaxshilanishi va pufakchalar o‘lchamining kamayishi kuzatiladi. Natijada zarrachalar bilan havo pufakchalari orasidagi kontakt yuzasi ortadi hamda mis zarrachalarining flotatsiya jarayonida ajralib chiqish ehtimoli oshadi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, ultratovush ta’sirida massa almashinish jarayonining faollashuvi kuzatiladi. Bu esa flotatsiya jarayonining barqaror

ISSN 3030-3907

ishlashini ta’minlash bilan birga reagentlar sarfini kamaytirish imkonini beradi. Jarayonda ultratovush intensivligining haddan tashqari ortib ketishi esa energiya sarfining oshishiga va texnologik parametrlarning beqarorlashishiga olib kelishi mumkin.

Modellashtirish asosida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi texnologik parametrlarning optimal qiymatlarini aniqlash imkonini beradi. Bunda boshqaruvchi qurilma datchiklardan kelayotgan ma’lumotlarni qayta ishlab, havo sarfi, pulpa sathi va ultratovush intensivligini avtomatik ravishda boshqaradi.

Jarayonni modellashtirish natijalari ultratovush yordamida flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarish misni ajratib olish samaradorligini oshirish, reagentlar sarfini kamaytirish va texnologik jarayonning barqarorligini ta’minlash imkonini ko‘rsatadi.

5. Tadqiqot natijalari va ularning tahlili

Olib borilgan tahlillar va matematik modellashtirish natijalari ultratovush yordamida flotatsiya jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarish texnologik jarayon samaradorligini oshirish imkonini ko‘rsatdi. Jarayon parametrlarini real vaqt rejimida nazorat qilish va boshqarish flotatsiya apparatining barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Modellashtirish natijalariga ko‘ra, ultratovush ta’sirida havo pufakchalari dispersiyasi yaxshilanadi hamda ularning o‘rtacha o‘lchami kamayadi. Natijada pufakchalar bilan mis zarrachalari orasidagi kontakt yuzasi ortadi va foydali komponentlarning ajralib chiqish samaradorligi oshadi. Shu bilan birga zarracha yuzalarining qisman tozalanishi reagentlarning ta’sirini kuchaytiradi.

Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi yordamida havo sarfi, pulpa sathi va ultratovush intensivligini optimal qiymatlarda ushlab turish imkoniyati yuzaga keladi. Bu esa texnologik parametrlarning keskin o‘zgarishlarini kamaytiradi va flotatsiya jarayonining barqarorligini oshiradi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, ultratovushdan foydalanish natijasida misni ajratib olish darajasini oshirish hamda reagentlar sarfini kamaytirish mumkin. Bundan tashqari, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi operator ishtirokini kamaytiradi va texnologik jarayonni nazorat qilish aniqligini oshiradi. Matematik model asosida olingan natijalar ultratovush yordamida flotatsiya jarayonini boshqarish sanoat korxonalarida energiya va reagent sarfini kamaytirish bilan birga ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini berishini ko‘rsatadi.

XULOSA.

Ushbu maqolada ultratovush yordamida mis rudasi flotatsiyasini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini matematik modellashtirish masalalari ko‘rib chiqildi. Flotatsiya jarayonining asosiy texnologik parametrlarini nazorat qilish va boshqarish uchun avtomatlashtirilgan tizim strukturasi taklif etildi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot davomida flotatsiya apparati, ultratovush generatori, datchiklar va boshqaruvchi qurilmalar o‘rtasidagi funksional bog‘lanishlar tahlil qilindi. Jarayonning matematik modeli ishlab chiqilib, havo sarfi, pulpa sathi, mis konsentratsiyasi va ultratovush intensivligining flotatsiya samaradorligiga ta’siri baholandi. Modellashtirish natijalari ultratovush ta’sirida havo pufakchalari dispersiyasining yaxshilanishi, massa almashinish jarayonining faollashuvi hamda mis zarrachalarining ajralib chiqish samaradorligi ortishini ko‘rsatdi. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimidan foydalanish texnologik parametrlarning barqarorligini ta’minlash, reagentlar sarfini kamaytirish va texnologik jarayon samaradorligini oshirish imkonini beradi. Ishlab chiqilgan matematik model va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi flotatsiya jarayonlarini tahlil qilish, optimallashtirish hamda sanoat sharoitlarida qo‘llash uchun asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Artikov A.A. Muhandislik texnologiyalarini yaratish va boshqarish jarayonida tizimli fikrlash. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2023. – 216 b.
2. Abramov A.A. Flotatsion boyitish usullari. – Moskva: Nedra, 2019. – 456 b.
3. Kienko L.A., Sazonov A.A. Intensifikatsiya flotatsii ultrazvukom // Obogashcheniye rud. – 2015. – №4. – S. 22–27.
4. Petrov I.V., Sidorov V.N. Avtomatizatsiya protsessov flotatsii // Gornyy jurnal. – 2018. – №7. – S. 64–69.
5. Samylin V.N., Kondratev S.A. Vliyaniye ultrazvukovoy obrabotki na flotatsionnyye svoystva mednykh mineralov // Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh. – 2018. – №2. – S. 115–121.
6. Chen G., Zhao Y., Li H. Ultrasonic-assisted flotation of copper sulfide ore // Minerals Engineering. – 2019.
7. A Review of Ultrasonic Treatment in Mineral Flotation: Mechanism and Recent Development. – 2024.
8. Flotation equipment automation and intelligent froth feature extraction in flotation process: a review. – 2025.

ISSN 3030-3907