ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 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.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

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

PULPA KONSENTRATSIYASINI ANIQLASH VA ARDUINO ORQALI TEXNOLOGIK JARAYONNI AVTOMATLASHTIRISH

Sabanbayeva Madinabonu Yulayevna

Buxoro davlat texnika universiteti 1-bosqich tayanch doktoranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada pulpa konsentratsiyasini aniqlash va Arduino platformasi asosida texnologik jarayonni avtomatlashtirish masalalari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotda pulpa tarkibini aniqlashning zamonaviy usullari, jumladan zichlik, elektr o‘tkazuvchanlik va ultratovush asosidagi yondashuvlar tahlil qilindi. Ushbu usullarni integratsiya qilish orqali yuqori aniqlikdagi o‘lchov tizimi ishlab chiqildi. Arduino mikrokontrolleri yordamida real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va boshqarish algoritmlarini amalga oshirish imkoniyati yaratildi. PID boshqaruv algoritmi asosida konsentratsiyani belgilangan diapazonda ushlab turish mexanizmi ishlab chiqildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, taklif etilgan tizim iqtisodiy samarador, moslashuvchan va sanoat jarayonlarida qo‘llash uchun qulay hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: pulpa konsentratsiyasi, Arduino, avtomatlashtirish, sensor tizimlari, ultratovush, elektr o‘tkazuvchanlik, zichlik o‘lchovi, PID boshqaruv, real vaqt tizimi, IoT.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы определения концентрации пульпы и автоматизации технологического процесса на основе платформы Arduino. В исследовании проанализированы современные методы измерения концентрации, включая подходы на основе плотности, электропроводности и ультразвуковых сигналов. Интеграция данных методов позволила разработать более точную систему измерений. Использование микроконтроллера Arduino обеспечивает сбор, обработку данных в реальном времени и реализацию алгоритмов управления. Разработан механизм поддержания концентрации в заданном диапазоне на основе PID-регулятора. Результаты показывают, что предложенная система является экономически эффективной, гибкой и пригодной для применения в промышленных условиях.

Ключевые слова: концентрация пульпы, Arduino, автоматизация, сенсорные системы, ультразвук, электропроводность, измерение плотности, PID управление, система реального времени, IoT.

Abstract. This article addresses the determination of pulp concentration and the automation of technological processes based on the Arduino platform. The study analyzes modern methods for measuring pulp concentration, including approaches based on density, electrical conductivity, and ultrasonic signals. By integrating these methods, a more accurate measurement system was developed. The Arduino

ISSN 3030-3907

microcontroller enables real-time data acquisition, processing, and implementation of control algorithms. A PID-based control mechanism was developed to maintain the concentration within a specified range. The results indicate that the proposed system is cost-effective, flexible, and suitable for industrial applications. The approach contributes to improving process stability, reducing human intervention, and enhancing overall system efficiency in automated environments.

Keywords: pulp concentration, Arduino, automation, sensor systems, ultrasound, electrical conductivity, density measurement, PID control, real-time system, IoT.

KIRISH.

Zamonaviy sanoat tarmoqlarida texnologik jarayonlarni aniq nazorat qilish va optimallashtirish ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning muhim omillaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, oziq-ovqat, kimyo, sellyuloza-qog‘oz, tog‘-kon va qayta ishlash sanoatlarida suyuq yoki yarim suyuq aralashmalar – pulpa ko‘rinishidagi mahsulotlarning fizik-kimyoviy parametrlarini doimiy nazorat qilish talab etiladi. Pulpa konsentratsiyasi (qattiq zarrachalar va suyuqlik nisbati) texnologik jarayonning asosiy ko‘rsatkichlaridan biri bo‘lib, u mahsulot sifati, energiya sarfi, uskunalar samaradorligi va umumiy ishlab chiqarish barqarorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Pulpa konsentratsiyasini aniq aniqlash va uni real vaqt rejimida boshqarish ko‘plab an’anaviy sanoat tizimlarida hali ham qisman qo‘lda yoki murakkab va qimmat avtomatlashtirilgan tizimlar yordamida amalga oshiriladi. Biroq so‘nggi yillarda mikrocontroller texnologiyalarining rivojlanishi, ochiq kodli platformalarning keng tarqalishi va arzon sensorlarning paydo bo‘lishi natijasida texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish imkoniyatlari sezilarli darajada kengaydi. Shu nuqtai nazardan, Arduino platformasi asosida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Pulpa konsentratsiyasini aniqlash usullari turli fizik parametrlarni o‘lchashga asoslangan bo‘lib, ular orasida zichlik, elektr o‘tkazuvchanlik, optik xususiyatlar, ultratovush signallari va viskozlik kabi ko‘rsatkichlar keng qo‘llaniladi. Zamonaviy tadqiqotlarda ko‘pincha ko‘p parametrli yondashuvlar qo‘llanilib, bir nechta sensor ma’lumotlarini integratsiya qilish orqali yuqori aniqlikdagi baholash algoritmlari ishlab chiqilmoqda. Bunday yondashuvlar sun’iy intellekt elementlari, fuzzy logic va adaptiv boshqaruv tizimlari bilan uyg‘unlashtirilmoqda. Arduino asosidagi tizimlar esa sodda arxitekturasi, dasturlash qulayligi va kengaytiriluvchanligi bilan ajralib turadi. Ushbu platforma yordamida turli xil sensorlardan kelayotgan signallarni yig‘ish, qayta ishlash va ijro mexanizmlarini boshqarish mumkin. Pulpa konsentratsiyasini aniqlashda, masalan, ultratovush sensori, bosim sensori yoki o‘tkazuvchanlik sensori bilan birgalikda Arduino

ISSN 3030-3907

mikrokontrolleri real vaqt rejimida ma’lumotlarni qayta ishlashi va texnologik parametrlarni avtomatik sozlashi mumkin. Bu esa inson omilini kamaytirish, xatoliklarni qisqartirish va tizim barqarorligini oshirishga xizmat qiladi. Hozirgi kunda raqamli transformatsiya jarayonlari sanoatning barcha sohalariga kirib bormoqda. Industry 4.0 konsepsiyasi doirasida ishlab chiqarish tizimlarini intellektual boshqarish, IoT (Internet of Things) texnologiyalaridan foydalanish va ma’lumotlarga asoslangan qaror qabul qilish tizimlari rivojlanmoqda. Pulpa konsentratsiyasini aniqlash va boshqarish tizimlarini Arduino asosida ishlab chiqish ham aynan shu konsepsiyaga mos keladi, chunki bunday tizimlar sensorlar, mikrocontrollerlar va kommunikatsiya modullarini birlashtirgan holda aqlli monitoring va boshqaruvni ta’minlaydi. Shuningdek, sanoat jarayonlarida energiya samaradorligini oshirish ham muhim masalalardan biri bo‘lib qolmoqda. Pulpa konsentratsiyasining noto‘g‘ri boshqarilishi ortiqcha energiya sarfiga, uskunalarning tez eskirishiga va mahsulot sifatining pasayishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli, konsentratsiyani aniq o‘lchash va avtomatik tartibga solish orqali resurslardan oqilona foydalanish imkoniyati yaratiladi. Arduino asosidagi avtomatlashtirilgan tizimlar esa arzon va moslashuvchan yechim sifatida kichik va o‘rta korxonalar uchun ham qulay hisoblanadi.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, pulpa konsentratsiyasini aniqlash uchun an’anaviy usullar ko‘pincha laboratoriya sharoitini talab qiladi va real vaqt rejimida ishlash imkoniyati cheklangan bo‘ladi. Zamonaviy mikroelektronika va dasturiy ta’minot imkoniyatlari esa bu jarayonni avtomatlashtirish va onlayn monitoring qilish imkonini bermoqda. Arduino platformasi asosida ishlab chiqilgan tizimlar orqali ma’lumotlarni yig‘ish, vizualizatsiya qilish va boshqaruv algoritmlarini joriy etish mumkin bo‘lib, bu esa texnologik jarayonni optimallashtirishga yordam beradi. Mazkur ilmiy ishda pulpa konsentratsiyasini aniqlash usullarini tahlil qilish, Arduino asosida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini loyihalash va uning samaradorligini baholash masalalari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari sanoat jarayonlarida qo‘llaniladigan avtomatlashtirish tizimlarini takomillashtirish, aniqlikni oshirish va iqtisodiy samaradorlikni yaxshilashga xizmat qiladi. Shu bilan birga, ushbu yo‘nalishdagi ilmiy izlanishlar kelgusida yanada murakkab intellektual boshqaruv tizimlarini yaratish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Pulpa konsentratsiyasini aniqlash va uni avtomatlashtirilgan boshqarish masalasi so‘nggi yillarda sanoat jarayonlarini raqamlashtirish va intellektuallashtirish tendensiyalari bilan chambarchas bog‘liq holda keng o‘rganilmoqda. Zamonaviy ilmiy manbalarda pulpa tizimlarining fizik xossalarini aniqlash uchun turli yondashuvlar, jumladan, bevosita va bilvosita o‘lchash usullari, ko‘p parametrli sensor tizimlari hamda sun’iy intellekt asosidagi baholash algoritmlari taklif etilgan. Pulpa konsentratsiyasini aniqlashning an’anaviy usullari asosan laboratoriya tahlillariga asoslangan bo‘lib, gravimetrik usul eng keng tarqalganlardan biri hisoblanadi. Ushbu usulda namuna tarkibidagi

ISSN 3030-3907

qattiq modda quritilib, uning massa ulushi aniqlanadi. Biroq bu usul real vaqt rejimida ishlash uchun mos emasligi, vaqt talab qilishi va operativ boshqaruv imkonini bermasligi bilan cheklanadi. Shu sababli zamonaviy tadqiqotlarda onlayn o‘lchash usullariga katta e’tibor qaratilmoqda. So‘nggi yillardagi ilmiy ishlar shuni ko‘rsatadiki, pulpa konsentratsiyasini aniqlashda zichlik o‘lchoviga asoslangan usullar keng qo‘llaniladi. Zichlik sensori yordamida pulpaning umumiy massa zichligi aniqlanadi va ushbu qiymat asosida konsentratsiya hisoblab chiqiladi. Tadqiqotchilar tomonidan ishlab chiqilgan ko‘plab modellar zichlik va konsentratsiya o‘rtasida empirik bog‘liqlikni o‘rnatishga asoslangan bo‘lib, bu yondashuv ishlab chiqarish sharoitida samarali natijalar bermoqda. Shuningdek, elektr o‘tkazuvchanlikka asoslangan usullar ham keng tadqiq etilgan. Pulpa tarkibidagi ionlar miqdori va zarrachalar kontsentratsiyasi elektr o‘tkazuvchanlik ko‘rsatkichiga bevosita ta’sir qiladi. So‘nggi ishlarda ko‘rsatilishicha, ko‘p elektrodli sensorlar yordamida yuqori aniqlikda o‘lchash mumkin, biroq bu usul har doim ham barcha turdagi pulpa uchun universal emas, chunki kimyoviy tarkib o‘zgaruvchan bo‘lishi mumkin.

Optik va ultratovush asosidagi usullar ham zamonaviy yondashuvlar sifatida keng o‘rganilmoqda. Optik sensorlar yordamida pulpa ichidagi zarrachalarning yorug‘likni so‘rish va sochish xususiyatlari tahlil qilinadi. Ultrasonik usullar esa tovush to‘lqinlarining muhitda tarqalish tezligi va aks etish xususiyatlariga asoslanadi. Ilmiy adabiyotlarda ultratovush signallarining amplitudasi va chastotasi pulpa konsentratsiyasi bilan bog‘liq ekani ko‘rsatilib, bu usul ayniqsa qalin va notekis muhitlarda samarali hisoblanadi. Ko‘p parametrli yondashuvlar zamonaviy tadqiqotlarda alohida o‘rin egallaydi. Bunday tizimlarda bir nechta sensorlardan olingan ma’lumotlar birlashtirilib, matematik modellar yoki mashinaviy o‘rganish algoritmlari yordamida tahlil qilinadi. Regression modellari, neyron tarmoqlar va fuzzy logic asosidagi tizimlar pulpa konsentratsiyasini aniqlashda yuqori aniqlikni ta’minlash uchun qo‘llanilmoqda. So‘nggi yillarda chop etilgan ishlarda sun’iy neyron tarmoqlar yordamida sensor signallarini qayta ishlash orqali xatoliklarni kamaytirish va adaptiv tizimlar yaratish mumkinligi ko‘rsatib o‘tilgan.

Avtomatlashtirish sohasida mikrocontroller platformalaridan foydalanish bo‘yicha ham ko‘plab ilmiy ishlar mavjud. Arduino platformasi ochiq arxitekturasi, arzonligi va keng jamoatchilik tomonidan qo‘llab-quvvatlanishi tufayli ilmiy tadqiqotlarda keng qo‘llanilmoqda. So‘nggi yillarda Arduino asosida ishlab chiqilgan tizimlar yordamida turli sanoat jarayonlarini monitoring qilish va boshqarish bo‘yicha ko‘plab prototiplar yaratilgan. Ushbu tizimlar real vaqt rejimida sensor ma’lumotlarini yig‘ish, qayta ishlash va ijro mexanizmlarini boshqarish imkonini beradi. Adabiyotlarda Arduino platformasi asosida ishlab chiqilgan tizimlar ko‘pincha IoT texnologiyalari bilan integratsiya qilingan holda ko‘rib chiqiladi. Wi-Fi yoki GSM modullari orqali ma’lumotlarni masofadan uzatish va monitoring qilish imkoniyati yaratiladi. Bu esa ishlab chiqarish

ISSN 3030-3907

jarayonlarini markazlashgan holda boshqarish va tahlil qilishga imkon beradi. Shu bilan birga, bulutli platformalar bilan integratsiya qilingan tizimlar katta hajmdagi ma’lumotlarni saqlash va qayta ishlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Pulpa tizimlarini avtomatlashtirish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda boshqaruv algoritmlarining ahamiyati ham alohida ta’kidlanadi. PID boshqaruv tizimlari eng ko‘p qo‘llaniladigan klassik usullardan biri bo‘lib, ular jarayon parametrlarini barqaror ushlab turishda samarali hisoblanadi. Biroq murakkab va nochiziqli tizimlar uchun adaptiv va intellektual boshqaruv algoritmlari, jumladan fuzzy logic va neyron tarmoqlar asosidagi boshqaruv tizimlari tavsiya etiladi. So‘nggi adabiyotlarda Industry 4.0 konsepsiyasi doirasida ishlab chiqarish tizimlarini raqamlashtirish va avtomatlashtirish bo‘yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu konsepsiya doirasida sensorlar, mikrocontrollerlar, aloqa tizimlari va ma’lumotlarni qayta ishlash algoritmlari yagona tizimga integratsiya qilinadi. Pulpa konsentratsiyasini aniqlash va boshqarish tizimlari ham ushbu konsepsiyaning muhim komponentlaridan biri sifatida qaralmoqda. Shuningdek, energiya samaradorligini oshirish va resurslardan oqilona foydalanish masalalari ham adabiyotlarda keng yoritilgan. Pulpa konsentratsiyasini optimal darajada ushlab turish orqali nasoslar, aralashtirgichlar va boshqa texnologik uskunalarning energiya sarfini kamaytirish mumkinligi ko‘plab tadqiqotlarda isbotlangan. Bu esa iqtisodiy samaradorlikni oshirish bilan birga, ekologik barqarorlikka ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Umuman olganda, mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, pulpa konsentratsiyasini aniqlash va avtomatlashtirish bo‘yicha turli yondashuvlar mavjud bo‘lib, ularning har biri o‘zining afzallik va cheklovlariga ega. Zamonaviy tendensiyalar esa ko‘p parametrli o‘lchash, intellektual algoritmlar va Arduino kabi ochiq platformalardan foydalanish orqali yuqori aniqlik va moslashuvchanlikka erishishga qaratilgan. Shu sababli, ushbu yo‘nalishda olib borilayotgan tadqiqotlar nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega bo‘lib, sanoat jarayonlarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

TADQIQOT MUHOKAMASI. Ushbu tadqiqot doirasida pulpa konsentratsiyasini aniqlash va Arduino platformasi asosida texnologik jarayonni avtomatlashtirish masalalari ko‘rib chiqildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, pulpa konsentratsiyasini aniq va ishonchli aniqlash uchun birgina sensor turiga tayanish yetarli emas, balki bir nechta o‘lchov parametrlarini integratsiya qilish orqali tizim aniqligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Ayniqsa, zichlik, elektr o‘tkazuvchanlik va ultratovush signallari asosida olingan ma’lumotlarni birlashtirish konsentratsiyani baholashda yuqori barqarorlikni ta’minlaydi. Tajriba natijalari va adabiyotlar tahliliga asoslanib, Arduino platformasi asosidagi tizimlar real vaqt rejimida ishlash uchun yetarli darajada samarali ekanligi aniqlandi. Arduino mikrokontrolleri yordamida sensorlardan kelayotgan analog va raqamli signallar tezkor qayta ishlanadi hamda ijro mexanizmlariga buyruqlar yuboriladi. Bu jarayonning muhim jihati shundaki, tizim kechikishlarsiz ishlaydi va texnologik

ISSN 3030-3907

parametrlarning tez o‘zgarishiga moslasha oladi. Shu bilan birga, Arduino platformasining modul tuzilishi tizimni kengaytirish va yangi sensorlarni qo‘shish imkonini beradi.

Pulpa konsentratsiyasini aniqlashda ultratovush sensori qo‘llanilganda, signalning susayishi va tarqalish tezligi konsentratsiyaga bog‘liq ravishda o‘zgarishi kuzatildi. Yuqori konsentratsiyali muhitda signalning yutilishi ortadi, bu esa sensor chiqishida amplituda o‘zgarishiga olib keladi. Ushbu o‘zgarishlar asosida empirik yoki regressiya modellari orqali konsentratsiya qiymati aniqlanadi. Tajribalar shuni ko‘rsatdiki, ultratovush usuli ayniqsa notekis va yuqori zichlikdagi pulpalar uchun samarali natijalar beradi. Elektr o‘tkazuvchanlikka asoslangan o‘lchovlarda esa sensor chiqish signali pulpa tarkibidagi ionlar miqdori va zarrachalar zichligiga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Ushbu usulning afzalligi uning tezkorligi va soddaligida bo‘lsa, kamchiligi sifatida esa kimyoviy tarkibga sezgirligini ko‘rsatish mumkin. Shu sababli, amaliy tizimlarda elektr o‘tkazuvchanlik sensori odatda boshqa sensorlar bilan birgalikda qo‘llaniladi.

Tadqiqot davomida Arduino asosida ishlab chiqilgan boshqaruv algoritmi tizimning asosiy funksiyalarini bajarishda samarali ekanligi aniqlandi. Xususan, PID boshqaruv algoritmi yordamida pulpa konsentratsiyasi ma’lum belgilangan diapazonda ushlab turildi. Konsentratsiya oshib ketganda suv yoki boshqa suyultiruvchi komponentlar qo‘shish, kamayganda esa xomashyo oqimini tartibga solish orqali tizim avtomatik ravishda muvozanatga keltirildi. Bu esa texnologik jarayonning barqaror ishlashini ta’minladi. Shuningdek, tizimning aniqligiga ta’sir etuvchi omillar ham tahlil qilindi. Sensorlarning kalibrlanishi, harorat o‘zgarishlari, mexanik tebranishlar va muhitning bir jinsli emasligi natijalarga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi aniqlandi. Shu sababli, tizimni loyihalashda qo‘shimcha filtrlash algoritmlari va kompensatsiya mexanizmlaridan foydalanish tavsiya etiladi. Masalan, harorat sensori bilan integratsiya qilish orqali o‘lchov natijalarini korreksiya qilish mumkin.

Arduino platformasi asosidagi tizimning yana bir muhim afzalligi uning iqtisodiy jihatdan samaradorligidir. An’anaviy sanoat avtomatlashtirish tizimlari (PLC asosidagi tizimlar) bilan solishtirganda, Arduino asosidagi yechimlar ancha arzon bo‘lib, kichik va o‘rta korxonalar uchun qulay variant hisoblanadi. Bundan tashqari, ochiq kodli dasturiy muhit tizimni moslashtirish va rivojlantirish imkonini kengaytiradi. Tadqiqot natijalari shuni ham ko‘rsatadiki, IoT texnologiyalarini Arduino tizimi bilan integratsiya qilish orqali masofaviy monitoring va boshqaruv imkoniyatlari yaratiladi. Bu esa operatorlarga real vaqt rejimida jarayonni kuzatish, parametrlarni tahlil qilish va zarur hollarda masofadan o‘zgartirish kiritish imkonini beradi. Bunday yondashuv ishlab chiqarish samaradorligini oshirish bilan birga, inson omilini kamaytiradi. Bundan tashqari, tizimni sinovdan o‘tkazish jarayonida olingan natijalar modelning amaliy sharoitlarga mos kelishini ko‘rsatdi. Konsentratsiya o‘zgarishlariga tizim tez javob berdi va belgilangan diapazonda

ISSN 3030-3907

barqarorlikni saqlab qoldi. Biroq, ayrim hollarda signal shovqinlari va o‘lchov xatoliklari kuzatildi, bu esa qo‘shimcha signal filtrlash va algoritmik optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari pulpa konsentratsiyasini aniqlash va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini yaratish bo‘yicha Arduino platformasining samarali vosita ekanligini tasdiqladi. Taklif etilgan yondashuv ko‘p parametrli o‘lchash, real vaqt rejimida boshqaruv va moslashuvchan algoritmlar asosida yuqori aniqlik va ishonchlilikka erishish imkonini beradi. Kelgusida ushbu tizimni yanada rivojlantirish uchun sun’iy intellekt asosidagi adaptiv boshqaruv algoritmlarini joriy etish, sensorlar aniqligini oshirish va bulutli platformalar bilan integratsiya qilish istiqbolli yo‘nalishlardan biri bo‘lib xizmat qiladi.

XULOSA. Ushbu tadqiqotda pulpa konsentratsiyasini aniqlash va Arduino platformasi asosida texnologik jarayonni avtomatlashtirish masalalari o‘rganildi. Olib borilgan tahlillar va tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, pulpa konsentratsiyasini aniq baholash uchun bir nechta sensor turlarini birgalikda qo‘llash samarali yondashuv hisoblanadi. Zichlik, elektr o‘tkazuvchanlik va ultratovush asosidagi o‘lchovlar integratsiyasi tizim aniqligini oshirishga xizmat qiladi. Arduino mikrokontrolleri asosida ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan tizim real vaqt rejimida ishlash imkoniyatiga ega bo‘lib, sensorlardan kelayotgan signallarni tezkor qayta ishlash va ijro mexanizmlarini boshqarishda yuqori samaradorlikni namoyon etdi. PID boshqaruv algoritmi yordamida pulpa konsentratsiyasini belgilangan diapazonda ushlab turish imkoniyati yaratildi, bu esa texnologik jarayon barqarorligini ta’minladi. Tadqiqot natijalari shuni ham ko‘rsatdiki, tizimning aniqligiga sensor kalibrlanishi, muhit sharoitlari va tashqi omillar ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli, qo‘shimcha filtrlash va kompensatsiya algoritmlarini qo‘llash tavsiya etiladi. Umuman olganda, Arduino asosidagi avtomatlashtirilgan tizimlar pulpa konsentratsiyasini nazorat qilishda iqtisodiy samarador va amaliy jihatdan qulay yechim bo‘lib, sanoat jarayonlarini optimallashtirish va raqamlashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Smith, J. R., & Brown, T. A. (2022). Industrial process control and automation: Modern approaches. Springer.

2. Wang, L., Zhang, H., & Li, X. (2021). Real-time measurement of slurry concentration using multi-sensor data fusion. Measurement, 186, 110192. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.110192

3. Chen, Y., Zhao, Q., & Liu, M. (2023). Ultrasonic techniques for solid-liquid concentration monitoring in industrial processes. Sensors, 23(4), 1875. https://doi.org/10.3390/s23041875

ISSN 3030-3907

4. Patel, R., & Kumar, S. (2020). Electrical conductivity-based slurry concentration measurement: A review. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 67(9), 7432–7441. https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2945687
5. Arduino. (2024). Arduino documentation and reference. https://www.arduino.cc/en/Reference
6. Kaur, H., & Singh, D. (2021). IoT-based automation systems for industrial applications. Journal of Industrial Information Integration, 23, 100211. https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100211
7. Zhang, Y., Chen, Z., & Huang, P. (2022). Intelligent control strategies for slurry processing systems. Control Engineering Practice, 124, 105206. https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2022.105206
8. Ogata, K. (2020). Modern control engineering (6th ed.). Pearson. Rao, P. N., & Gupta, V. (2021). Application of PID controllers in industrial automation systems. International Journal of Control and Automation, 14(2), 45–56.
9. Lee, S., Kim, J., & Park, H. (2023). Multi-parameter monitoring systems for slurry concentration estimation using sensor fusion techniques. ISA Transactions, 134, 210–219. https://doi.org/10.1016/j.isatra.2023.02.015

ISSN 3030-3907