ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 7

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

NASOS STANSIYALARIDA KAVITATSIYA VA ENERGIYA SARFINI OPTIMALLASHTIRISH ALGORITMI

Turg‘unov Boxodirjon Xamdamjon o‘g‘li
"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti tayanch doktoranti
E-mail: b.turgunov@tiiame.uz
Abduraxmonov Samandar Farxodjon o‘g‘li
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU magistranti
E mail: ubuntusamandar@gmail.com
Jovliboyev Sherzod Erkin o‘g‘li
"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti talabasi
E-mail: sherzodjovliyev16@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada nasos stansiyalari barqaror ishlashi tahlil qilinib, suv kirish kameralarida loyqa suv va cho‘kma loy miqdorini aniqlash asosida kavitatsiya xavfini kamaytirishga qaratilgan intellektual boshqaruv algoritmi taklif etilgan. Nasos stansiyalarini samarador ishlashi suv kirish kameralaridagi gidravlik sharoitlarga bevosita bog‘liq. Amaliy kuzatishlar natijasida ma’lum vaqtdan so‘ng kirish kameralarida loyqa suv va cho‘kma loy to‘planishi nasos agregatlari ish samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Bunday holatlar kavitatsiyani yuzaga keltirib, nasos parraklarining yemirilishi va energiya sarfining ortishiga sabab bo‘lishi mumkin. Tadqiqotda loyqalik sensori va cho‘kma loy darajasini aniqlovchi sensorlar yordamida monitoring tizimi shakllantirilib, sensor signallarini qayta ishlash va tahlil qilish usullari qo‘llanildi. Olingan ma’lumotlar asosida nasos ish rejimini moslashtiruvchi algoritm ishlab chiqildi. Taklif etilgan yondashuv nasos agregatlarida kavitatsiya ehtimolini kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va uskunaning xizmat muddatini uzaytirishga imkon berishi mumkin.

Kalit so‘zlar: nasos stansiyasi, loyqa suv, cho‘kma loy, loyqalik sensori, gidrostatik bosim sensori, sensor monitoringi, loy konsentratsiyasi, xavf ko‘rsatkichi, intellektual boshqaruv algoritmi, energiya samaradorligi, optimallashtirish.

Аннотация. В данной статье анализируется стабильная работа насосных станций и предлагается интеллектуальный алгоритм управления, направленный на снижение риска кавитации, основанный на определении количества мутной воды и осадка в водозаборных камерах. Эффективная работа насосных станций напрямую зависит от гидравлических условий в водозаборных камерах. В результате практических наблюдений было установлено, что по прошествии определенного времени накопление мутной воды и осадка во водозаборных камерах негативно влияет на эффективность

ISSN 3030-3907

насосных агрегатов. Такие ситуации могут вызывать кавитацию, которая может привести к износу рабочих колес насосов и увеличению энергопотребления. В исследовании была сформирована система мониторинга с использованием датчиков мутности и уровня осадка, а также применены методы обработки и анализа сигналов датчиков. На основе полученных данных был разработан алгоритм корректировки режима работы насоса. Предложенный подход позволяет снизить вероятность кавитации в насосных агрегатах, оптимизировать энергопотребление и продлить срок службы оборудования.

Ключевые слова: насосная станция, мутная вода, осадочный ил, датчик мутности, датчик гидростатического давления, мониторинг с помощью датчиков, концентрация ила, индикатор риска, алгоритм интеллектуального управления, энергоэффективность, оптимизация.

Abstract. This article analyzes the stable operation of pumping stations and proposes an intelligent control algorithm aimed at reducing the risk of cavitation. This algorithm is based on determining the amount of turbid water and sediment in the intake chambers. The efficient operation of pumping stations directly depends on the hydraulic conditions in the intake chambers. Practical observations revealed that, over time, the accumulation of turbid water and sediment in the intake chambers negatively impacts the efficiency of pumping units. Such situations can cause cavitation, which can lead to wear of pump impellers and increased energy consumption. The study developed a monitoring system using turbidity and sediment level sensors, and applied methods for processing and analyzing sensor signals. Based on the data obtained, an algorithm for adjusting the pump operating mode was developed. The proposed approach reduces the likelihood of cavitation in pumping units, optimizes energy consumption, and extends the service life of the equipment.

Keywords: pumping station, turbid water, sedimentary sludge, turbidity sensor, hydrostatic pressure sensor, sensor monitoring, sludge concentration, risk indicator, intelligent control algorithm, energy efficiency, optimization.

1.KIRISH.

Bugungi kunda nasos stansiyalari uskunalarini tanlash va ulardan foydalanishda an’anaviy hisoblash usullari keng qo‘llaniladi. Bunda hisoblashdagi xatoliklarni kamaytirish uchun turli xavfsizlik omillari va zaxira ko‘rsatkichlaridan foydalaniladi. Natijada nasos agregatlari ish jarayonida energiya sarfi va kavitatsiyani yetarlicha hisobga olmasdan ishlaydi. Mazkur maqolada mavjud ishlar asosida nasos agregatlari va butun nasos tizimini optimallashtirish

ISSN 3030-3907

algoritmlari orqali kavitatsiya va energiya sarfini kamaytirish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi.

Nasos stansiyalari irrigatsiya va suv xo‘jaligi tizimlarining muhim tarkibiy qismi bo‘lib, ular katta hajmdagi suv oqimlarini uzatish va boshqarishda muhim hisoblanadi. Bu tizimlar samarali ishlashi suv oqimi gidravlik xususiyatlari va nasos agregatlarining ish sharoitlariga bevosita bog‘liq. Ekspluatatsiya jarayonida suv bilan birga turli mexanik aralashmalar, loyqa zarrachalar va cho‘kma moddalar nasos stansiyalarining suv kirish kameralariga kelib tushadi. Vaqt o‘tishi bilan ushbu moddalar kamera pastki qismida to‘planib, oqim gidravlik tuzilishiga ta’sir ko‘rsatadi. Suv tarkibidagi qattiq zarrachalar nasos agregatlari samaradorligini pasaytiradi va gidravlik yo‘qotishlar ortishiga olib keladi [1-4]. Bunda suv kirish kameralarida loyqa suv va cho‘kma loy miqdori ortishi nasos agregatlarida bir qator texnik muammolarni keltirib chiqaradi. Jumladan, qattiq zarrachalar nasos parraklari yuzasiga abraziv ta’sir ko‘rsatib, ularni tez yemirilishiga sabab bo‘ladi. Shuningdek, oqim gidrodinamik parametrlarini o‘zgarishi kavitatsiya hodisasini yuzaga keltirishi mumkin. Kavitatsiyada hosil bo‘lgan bug‘ pufakchalari yuqori bosim zonasida yorilib, nasos elementlariga zarbali ta’sir ko‘rsatadi. Natijasida nasosdagi vibratsiya ortadi, samaradorligi pasayadi va uskunaning xizmat muddati qisqaradi [5-6]. Bundan tashqari loyqa muhit oqim gidravlik qarshiligini oshirib, nasos agregatlari energiya sarfini ham ko‘paytiradi.

Amaliyotda suv kirish kameralaridagi loyqa suv va cho‘kma loy miqdori ko‘pincha vizual kuzatuvlar yoki davriy texnik ko‘riklar orqali baholanadi. Biroq bunday usullar real vaqt rejimida monitoring va nazorat qilish imkonini bermaydi. Mazkur imkoniyatlarni bugungi kunda ishlab chiqarilayotgan zamonaviy sensor texnologiyalar taqdim etmoqda. Ushbu texnologiyalar orqali suv tarkibidagi loyqa zarrachalar miqdori va cho‘kma qatlam o‘zgarishini uzluksiz nazorat qilish mumkin [7-9].

Bugungi mavjud ilmiy ishlarda nasos stansiyalari ishlashida yuzaga keladigan kavitatsiya hodisasi, energiya sarfi va gidravlik yo‘qotishlarni kamaytirish masalalari keng tahlil qilib kelinmoqda. Unda nasos agregatlari samaradorligi suv oqimi tezligi, bosimi, gidravlik qarshilik hamda foydali ish koeffitsienti kabi parametrlar asosida baholanadi [10-12]. Shuningdek, suv tarkibidagi mexanik aralashmalar va qattiq zarrachalar oqim gidrodinamik xususiyatlarini o‘zgartirib, nasos parraklarining abraziv yemirilishiga va gidravlik samaradorlik pasayishiga olib kelishi mumkinligi keltirilgan [13-14]. Nasos stansiyalari ishlashida kavitatsiya hodisasini aniqlash va uning salbiy oqibatlarini kamaytirish masalasi ham ko‘plab tadqiqotlarda o‘rganilgan. Amaliyotda kavitatsiyani aniqlash uchun vibratsiya signallarini tahlil qilish, akustik shovqin

ISSN 3030-3907

darajasini monitoring qilish hamda nasos kirish va chiqish bosimlaridagi o‘zgarishlarni kuzatish usullari qo‘llaniladi [15]. Biroq, bu yondashuvlar ko‘pincha kavitatsiya jarayoni boshlanganidan so‘ng aniqlash imkonini beradi. Shu sababli kavitatsiya xavfini oldindan baholash va nasos ish rejimini moslashtirish muhim ilmiy masalalardan biri hisoblanadi.

So‘nggi yillarda sanoat va gidrotexnik tizimlarda sensor texnologiyalariga asoslangan monitoring tizimlari keng qo‘llanilmoqda. Loyiqalik darajasini aniqlovchi sensorlar, bosim datchiklari va oqim o‘lchagichlar yordamida nasos agregatlari ishlash parametrlarini real vaqt rejimida nazorat qilish mumkin [16-17]. Mazkur sensorlardan olingan ma’lumotlar raqamli signalni qayta ishlash usullari va matematik modellar yordamida tahlil qilinib, nasos agregatlari ish rejimini optimallashtirishga qaratilgan algoritmlar ishlab chiqilmoqda. Biroq, mavjud ishlarda suv kirish kameralarida to‘planadigan loyqa suv va cho‘kma loy miqdorini bevosita aniqlash hamda ushbu parametrlarni nasos boshqaruvi jarayoniga integratsiya qilish masalasi yetarli darajada yoritilmagan. Shu sababli suv kirish kameralarida loyqa suv va cho‘kma loy miqdorini sensor ma’lumotlari asosida aniqlash hamda ushbu ma’lumotlar yordamida kavitatsiya xavfi va energiya sarfini kamaytirishga qaratilgan intellektual boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi. Ushbu vazifalarni hal etish uchun amalga oshirilgan va taklif etilgan ko‘plab ilmiy tadqiqotlar hamda ishlar quyida keltirildi.

Nasos stansiyalarida kavitatsiya va energiya samaradorligi muammolari bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar amalga oshirilgan. Nasos agregatlari ishlash samaradorligi gidravlik mashinalar nazariyasida muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ilmiy tadqiqotlarda nasos tizimlari samaradorligi ko‘pincha oqim tezligi, bosim, gidravlik qarshilik va nasos konstruktiv parametrlarga bog‘liq holda o‘rganiladi. Shuningdek, suv tarkibidagi mexanik aralashmalar va qattiq zarrachalar oqim gidrodinamik tuzilishini o‘zgartirib, nasos agregatlari ishlash samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Mavjud ishlarda suv tarkibidagi qattiq zarrachalar nasos elementlaridagi gidravlik yo‘qotishlar ortishi hamda foydali ish koeffitsienti pasayishi keltirilgan [7].

Kavitatsiya nasos agregatlari ishlash jarayonida uchraydigan eng murakkab gidravlik jarayonlardan biri hisoblanadi. Kavitatsiya suyuqlik bosimini keskin tushirib, bug‘ pufakchalari hosil qiladi va ular yuqori bosim zonasida yoriladi. Bunda nasos parraklari yuzasida zarbali ta’sir hosil qilib, abraziv yemirilishga olib keladi hamda nasos agregatlarida tebranish darajasini oshiradi. Mavjud adabiyotlarda kavitatsiya nasos agregatlari samaradorligini sezilarli darajada pasaytirishi va uskunalar xizmat muddatini qisqartirishi keltirilgan[8].

ISSN 3030-3907

Nasos agregatlarini energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha ko‘plab tahlillar amalga oshirilgan. Shuningdek, mavjud ilmiy ishlarda nasos tizimlari optimal ish rejimini aniqlash uchun matematik modellar va optimallashtirish algoritmlari taklif etilgan. Bu yondashuvlar nasos agregatlari energiya sarfini kamaytiradi va gidravlik yo‘qotishlarni optimallashtirib beradi. Bunda nasos tizimlarini monitoring qilish, samaradorlikni oshirish va nasos ishlash parametrlarini tahlil qilish uchun avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari qo‘llanilgan [9-19].

Mazkur tadqiqotda nasos stansiyalari suv kirish kameralarida loyqa suv va cho‘kma loy miqdorini sensorlar yordamida aniqlash hamda ushbu ma’lumotlar asosida nasos agregatlarining optimal ish rejimini belgilovchi intellektual boshqaruv algoritmini ishlab chiqish asosiy maqsad qilib olindi. Tadqiqot doirasida suv kirish kameralarida loyqa suv va cho‘kma loy miqdorini aniqlash uchun sensor monitoring tizimini shakllantirish, sensor ma’lumotlarini qayta ishlash va tahlil qilish usullarini ishlab chiqish, loyqa muhitni kavitatsiya va energiya sarfiga ta’sirini baholash hamda olingan natijalar asosida nasos agregatlarining ish rejimini optimallashtiruvchi boshqaruv algoritmini ishlab chiqish belgilab olindi.

2. METODOLOGIYA

2.1 Loyqa suv va cho‘kma loy parametlarini aniqlash usuli

Nasos stansiyalari kirish kameralari gidravlik tizim muhim qismi hisoblanib, suv oqimi bilan birga turli mexanik aralashmalar, loyqa zarrachalar va cho‘kma materiallar ham ushbu hududga kirib keladi. Suv tarkibidagi qattiq zarrachalar miqdori ortishi oqim fizik xususiyatlarini o‘zgartirib, gidravlik qarshilik ortishiga va nasos agregatlari ish rejimiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Vaqt o‘tishi bilan loyqa zarrachalar kirish kamerasi pastki qismida to‘planib, cho‘kma qatlami hosil bo‘lishiga olib keladi. Natijada nasos kirish qismida oqimning notekis taqsimlanishi yuzaga keladi, bu kavitatsiya ehtimolini va energiya sarfi ortishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu sababli kirish kamerasida loyqa suv va cho‘kma loy miqdorini aniqlash nasos stansiyalari samarali ishlashini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega.

Suv tarkibidagi loyqa zarrachalar miqdorini baholash uchun turbidity ko‘rsatkichi qo‘llaniladi. Loyiqalik darajasi suvdagi qattiq zarrachalar konsentratsiyasini ifodalovchi muhim parametr bo‘lib, u suv muhitida yorug‘lik oqimi sochilish darajasi bilan aniqlanadi. Suv tarkibida zarrachalar miqdori ortgan sari yorug‘likning sochilishi kuchayadi. Shu sababli loyiqalik darajasi qiymati suvdagi qattiq zarrachalar miqdorini baholashda asosiy indikator sifatida ishlatiladi. Loyqa suv konsentratsiyasini baholash quyidagi umumiy bog‘lanish formulasi orqali ifodalanadi:

ISSN 3030-3907

$$C_t = k \cdot T, \qquad (1)$$

bu yerda C_t - suv tarkibidagi loyqa zarrachalar konsentratsiyasi (mg/L), T - loyiqalik ko‘rsatkichi (NTU), k - tajriba yo‘li bilan aniqlanadigan kalibrlash koeffitsienti.

Kirish kamerasida cho‘kma loy to‘planishi suv tarkibidagi qattiq zarrachalar cho‘kish tezligi va oqimning gidravlik parametrlariga bog‘liq. Agar zarrachalar cho‘kish tezligi suv oqimi tezligidan katta bo‘lsa, ular asta-sekin kamera tubiga cho‘kib, vaqt o‘tishi bilan cho‘kma qatlamini hosil qiladi. Cho‘kma loy hajmini baholash uchun quyidagi ifodadan foydalaniladi:

$$V_S = A \cdot h_S, \qquad (2)$$

bu yerda V_S - kirish kamerasida yig‘ilgan cho‘kma loy hajmi (m³), A - kirish kamerasi tub maydoni (m²), h_S - cho‘kma loy qatlami o‘rtacha balandligi (m).

Loyqa suv konsentratsiyasi va cho‘kma loy hajmi nasos stansiyasi gidravlik rejimini baholashda muhim parametrlar hisoblanadi. Ushbu parametrlar asosida suv oqimi fizik holati, kavitatsiya xavfi hamda nasos agregatlari energiya samaradorligiga ta’sir etuvchi omillar aniqlanishi mumkin. Keyingi bosqichda ushbu ma’lumotlar sensor tizimlari orqali olinib, raqamli qayta ishlash usullari yordamida tahlil qilinadi va nasos stansiyasi optimal ish rejimini aniqlash uchun qo‘llaniladi.

Nasos stansiyasi samaradorligini oshirish va energiya sarfini kamaytirish uchun sensor ma’lumotlarini yig‘ish va qayta ishlash amalga oshiriladi. Nasos stansiyasi kirish kamerasida suv tarkibidagi loyqa zarrachalar va cho‘kma loy miqdorini baholash uchun sensorlarga asoslangan ma’lumotlarni yig‘ish tizimi tashkil etiladi. Tadqiqotda suv muhiti fizik holatini aniqlash maqsadida ikki turdagi sensorlardan, ya’ni optik loyiqalik darajasini aniqlash sensori va suv osti gidrostatik bosim sensorlaridan foydalanilgan. Ushbu sensorlar suv muhiti turli parametrlarini o‘lchash orqali kirish kamerasidagi gidravlik holatni baholash imkonini beradi. Sensorlardan olingan ma’lumotlar mikrokompyuter orqali yig‘ilib, keyingi raqamli qayta ishlash bosqichiga uzatiladi.

Suv tarkibidagi loyqa zarrachalar konsentratsiyasini aniqlash uchun optik loyiqalik darajasini aniqlash sensori qo‘llanildi. Sensor suvdagi qattiq zarrachalar tufayli yorug‘lik oqimini sochilish darajasini o‘lchash prinsipi asosida ishlaydi. Zarrachalar miqdori ortishi bilan yorug‘lik sochilishi ham kuchayadi va sensor chiqish signalida loyiqalik qiymati hosil bo‘ladi. Ushbu qiymat NTU (Nephelometric Turbidity Unit) birliklarida ifodalanib, suv loyqa darajasini tavsiflovchi asosiy parametr sifatida qo‘llaniladi.

ISSN 3030-3907

Kirish kamerasida cho‘kma loy qatlami o‘zgarishini aniqlash uchun suv osti gidrostatik bosim sensori olindi. Sensor suv ustuni bosimini o‘lchash orqali suv balandligini aniqlaydi. Agar kamera tubida cho‘kma loy yig‘ilsa, suv ustuni real balandligi kamayadi va sensor tomonidan qayd etiladigan bosim qiymati o‘zgaradi. Shu asosda kirish kamerasida cho‘kma loy miqdori baholanadi.

Sensorlardan olingan dastlabki ma’lumotlar tasodifiy shovqinlarga ega bo‘lishi mumkin. Shu sababli o‘lchov aniqligini oshirishda signallar raqamli filtrlash usullari yordamida qayta ishlanadi. Tadqiqotda vaqt qatorlaridagi shovqinlarni kamaytirish maqsadida oddiy o‘rtacha qiymat asosidagi filtr qo‘llanildi. Ushbu filtr ketma-ket o‘lchovlar o‘rtacha qiymatini hisoblash orqali signal o‘zgarishlarini silliqlashtiradi va real jarayonlarni aniqroq ifodalash imkonini beradi. Filtrlash jarayoni quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\overline{x}_t = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i , \qquad (3)$$

bu yerda $\overline{x}_t$ - filtrlashdan keyingi signal qiymati, x_i - sensor tomonidan o‘lchangan dastlabki qiymatlar, n - o‘rtacha qiymatni hisoblashda foydalanilgan o‘lchovlar soni.

Filtrlash jarayonidan so‘ng olingan ma’lumotlar keyingi tahlil bosqichlarida foydalanish uchun normalizatsiya qilinadi. Normalizatsiya ma’lumotlarni yagona diapazonga keltiradi va turli sensorlardan olingan parametrlarni o‘zaro taqqoslashni osonlashtiradi. Normalizatsiya jarayoni quyidagicha aniqlanadi:

$$x_{norm} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \qquad (4)$$

bu yerda x_{norm} - normalizatsiya qilingan qiymat, x - sensor tomonidan o‘lchangan qiymat, $x_{\min}$ - minimal qiymatlar va $x_{\max}$ - maksimal qiymatlar.

Natijada sensorlardan olingan dastlabki xom ma’lumotlar filtrlash va normalizatsiya bosqichlaridan o‘tgach, keyingi matematik tahlil va boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish uchun moslashtirilgan ma’lumotlar to‘plamiga aylantiriladi. Ushbu bosqich sensor ma’lumotlarini ishonchli shaklda qayta ishlash va nasos stansiyasi ish rejimini baholash uchun zarur bo‘lgan raqamli ma’lumotlar bazasini shakllantirishga xizmat qiladi.

2.2 Kavitatsiya xavfini baholash modeli

Nasos stansiyalari barqaror ishlashiga suv tarkibidagi qattiq zarrachalar va cho‘kma loy miqdori sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Suv muhitida loyqa zarrachalar konsentratsiyasi ortishi oqimning fizik xususiyatlarini o‘zgartirib, gidravlik qarshilik oshishiga va nasos agregatlari samaradorligining pasayishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli loy konsentratsiyasini baholash va nasos ish rejimiga ta’sirini

ISSN 3030-3907

aniqlash gidravlik tizimlar samarali ishlashini ta’minlashda muhim hisoblanadi[11].

Suv tarkibidagi loy zarrachalar konsentratsiyasi loyiqalik darajasini aniqlash sensori orqali o‘lchangan qiymatlar asosida baholanadi. Loyiqalik ko‘rsatkichi suvdagi qattiq zarrachalar miqdori bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, u tajriba yo‘li bilan aniqlanadigan kalibrlash koeffitsienti yordamida konsentratsiya qiymatiga o‘tkaziladi. Loy konsentratsiyasini baholash quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$C_S = k_t \cdot T, \qquad (5)$$

bu yerda C_S - suv tarkibidagi loy zarrachalar konsentratsiyasi (mg/L), T - turbidity sensori tomonidan o‘lchangan qiymat (NTU), k_t - kalibrlash koeffitsienti.

Suv tarkibidagi loy miqdori ortishi nasos kirish qismidagi oqim strukturasiga ham ta’sir ko‘rsatadi. Loy zarrachalari ko‘payganda oqim gidravlik qarshiligi ortadi va nasos kirish qismida bosim pasayish ehtimoli yuzaga keladi. Bunday sharoitda kavitatsiya jarayoni yuzaga kelishi mumkin. Kavitatsiyada suyuqlik bosimining bug‘lanish bosimidan past qiymatga tushishi natijasida paydo bo‘ladigan bug‘ pufakchalari hosil bo‘ladi. Nasos tizimlarida kavitatsiya xavfini baholash uchun kavitatsiya koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma = \frac{P_i - P_\upsilon}{\frac{1}{2}\rho \upsilon^2}, \qquad (6)$$

bu yerda σ - kavitatsiya koeffitsienti, P_i - nasos kirish qismidagi bosim, P_υ - suyuqlikning bug‘lanish bosimi, ρ - suyuqlik zichligi, υ - oqim tezligi.

Agar kavitatsiya koeffitsienti ma’lum kritik qiymatdan kichik bo‘lsa, nasos tizimida kavitatsiya jarayoni yuzaga kelish ehtimoli ortadi. Shu sababli loy konsentratsiyasi ortishi natijasida yuzaga keladigan gidravlik o‘zgarishlar kavitatsiya xavfini oshiruvchi muhim omillardan biri hisoblanadi. Bundan tashqari, suv tarkibidagi loy miqdori nasos agregatlari energiya samaradorligiga ham ta’sir ko‘rsatadi. Loy zarrachalari oqimdagi ishqalanish kuchlarini oshirib, gidravlik yo‘qotishlarning ortishiga olib keladi. Natijada nasos foydali ish koeffitsienti pasayadi va energiya sarfi ortadi. Loy miqdorining nasos samaradorligiga ta’sirini baholash uchun quyidagi bog‘lanishdan foydalaniladi:

$$\eta = \eta_0 - k_S C_S, \qquad (7)$$

bu yerda η - nasos samaradorligi, η_0 - toza suv sharoitidagi samaradorlik, k_S - loy zarrachalari ta’sir koeffitsienti, C_S - loy konsentratsiyasi.

Loy konsentratsiyasi va kavitatsiya koeffitsienti nasos stansiyalari gidravlik holatini baholashda muhim parametrlar hisoblanadi. Ushbu parametrlar asosida nasos tizimida yuzaga keladigan kavitatsiya xavfi aniqlanadi va keyingi bosqichda

ISSN 3030-3907

nasos agregatlari optimal ish rejimini tanlash uchun zarur bo‘lgan boshqaruv algoritmlari ishlab chiqiladi.

2.3 Nasos stansiyasini intellektual boshqarish algoritmi va energiya optimallashtirish modeli

Nasos stansiyasi kirish kamerasida loyqa suv va cho‘kma loy miqdori ortishi oqim rejimining buzilishiga, kavitatsiya xavfi hamda energiya sarfi ortishiga olib keladi. Shu sababli sensor ma’lumotlari asosida nasos agregatlari ish rejimini avtomatik moslashtiruvchi intellektual boshqaruv algoritmini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega. Taklif etilgan algoritm loyqa suv konsentratsiyasi va cho‘kma loy miqdoriga qarab kavitatsiya xavfini baholab, nasos optimal ish rejimini tanlashga xizmat qiladi.

Algoritm kirish parametrlari loyiqalik sensoridan olingan qiymatlari hamda gidrostatik bosim sensoridan aniqlangan cho‘kma loy qatlamiga oid ma’lumotlardan iborat. Ushbu ma’lumotlar dastlab filtrlash va normalizatsiya bosqichlaridan o‘tkaziladi, so‘ng loy konsentratsiyasi C_S va cho‘kma loy balandligi h_S asosida tizim holati baholanadi.

Agar parametrlar ruxsat etilgan me’yordan past bo‘lsa, nasos nominal rejimda ishlaydi. Chegaraga yaqinlashganda tizim yuklamani kamaytiradi yoki profilaktik boshqaruv rejimiga o‘tadi. Kritik qiymatdan oshganda esa ogohlantiruvchi signal shakllantiriladi va nasos ish rejimi cheklanadi. Kritik qiymat quyidagicha aniqlanadi:

$$R = \alpha C_n + \beta h_n, \qquad (8)$$

bu yerda R - integral xavf ko‘rsatkichi, C_n - normalizatsiyalangan loy konsentratsiyasi, h_n - normalizatsiyalangan cho‘kma loy balandligi, α, β - parametrlar og‘irlik koeffitsientlari.

Agar R qiymati kichik bo‘lsa, kavitatsiya xavfi past deb baholanadi. R qiymati ortishi bilan kavitatsiya ehtimoli ham oshadi. Shu asosda boshqaruv tizimida quyidagi qarorlar qoidasi shakllantiriladi:

$$U = \begin{cases} U_{nom}, & R < R_1 \\ U_{red}, & R_1 \le R < R_2, \\ U_{krit}, & R \ge R_2 \end{cases} \qquad (9)$$

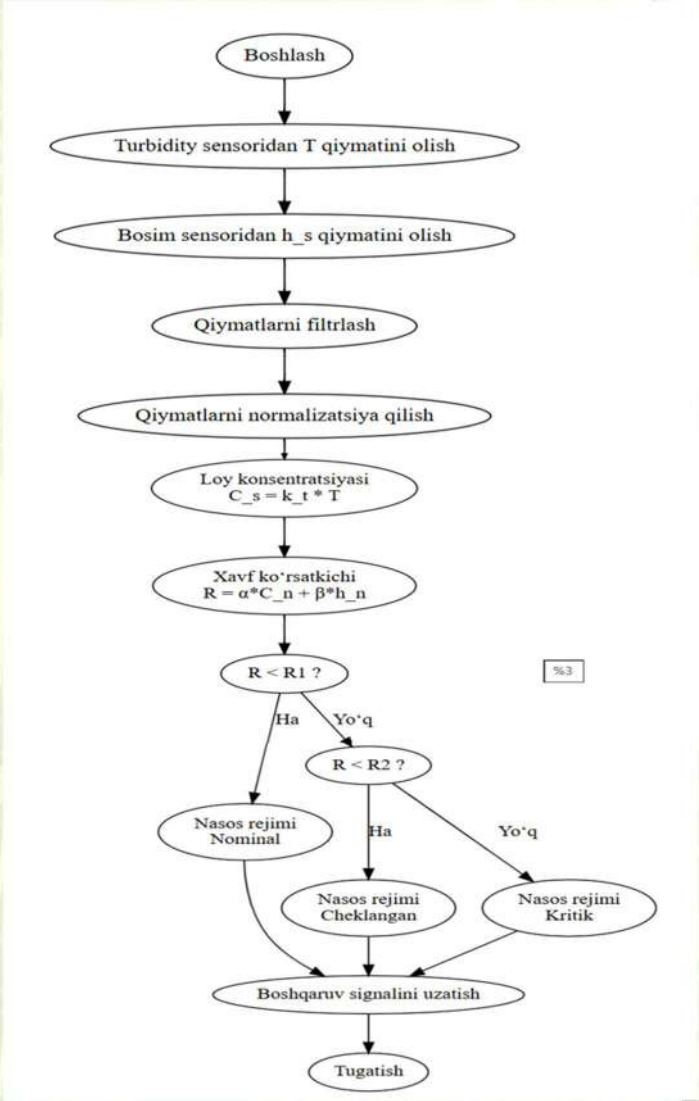
bu yerda U - boshqaruv qarori, U_{nom} - nominal ish rejimi, U_{red} - cheklangan yoki pasaytirilgan ish rejimi, U_{krit} - kritik holatdagi himoya rejimi, R_1, R_2 - xavf ko‘rsatkichining chegaraviy qiymatlari.

Mazkur algoritmning asosiy afzalligi faqat alohida sensor ko‘rsatkichiga emas, balki bir nechta parametrlar kompleks tahliliga asoslangan holda boshqaruv

ISSN 3030-3907

qarorini shakllantiradi. Bu esa nasos agregatining ish rejimini real vaqt sharoitida yanada aniqroq moslashtirish imkonini beradi. Taklif etilgan yondashuvda loy miqdori ortishi bilan kavitatsiya ehtimoli oshadi, kavitatsiya xavfi ortishi bilan esa nasos yuklamasi, aylanish tezligi yoki ish davomiyligi mos ravishda optimallashadi. Natijada nasos agregatlari energiya samaradorligini saqlash, parraklar yemirilishini kamaytirish va ekspluatatsion barqarorlikni oshirish imkoniyati yuzaga keladi.

Taklif etilgan intellektual boshqaruv algoritmi ishlash ketma-ketligi quyidagi rasmda keltirilgan.



1 -rasm. Loyqa suv va cho‘kma loy miqdori asosida nasos stansiyasi intellektual boshqaruv algoritmi sxemasi

Ushbu blok-sxemada nasos stansiyasi kirish kamerasida o‘lchanadigan loyqa suv va cho‘kma loy miqdori asosida kavitatsiya xavfini baholash hamda nasos agregati ish rejimini avtomatik tanlash algoritmi keltirilgan. Algoritm boshlang‘ich bosqichida loyiqalik sensoridan suv loyqa darajasi T va gidrostatik bosim sensoridan cho‘kma loy bilan bog‘liq h_S qiymatlari olinadi. Keyingi bosqichda

ISSN 3030-3907

olingan sensor ma’lumotlari filtrlash va normalizatsiya jarayonlaridan o‘tkazilib, signal shovqinlari kamaytiriladi. Shundan so‘ng suv tarkibidagi loy konsentratsiyasi (5) ifodasi orqali hisoblanadi va integral xavf ko‘rsatkichi (8) aniqlanadi.

Algoritmda kavitatsiya xavfini baholash uchun R ko‘rsatkichi belgilangan chegaraviy qiymatlar bilan taqqoslanadi. Agar xavf ko‘rsatkichi past bo‘lsa, nasos agregati nominal ish rejimida ishlaydi. Agar qiymat o‘rta diapazonda bo‘lsa, nasosning ish rejimi cheklanadi, yuqori qiymatlarda esa kritik himoya rejimi qo‘llaniladi. Tanlangan ish rejimi asosida boshqaruv signali nasos tizimiga uzatiladi va tizimning optimal ishlashi ta’minlanadi. Ushbu algoritm sensor ma’lumotlariga asoslangan holda kavitatsiya xavfini kamaytirish va nasos agregatlarining energiya samaradorligini oshirishi mumkin.

Nasos agregatlarining energiya sarfini optimallashtirish modeli. Nasos stansiyalari samarali ishlashini ta’minlashda energiya sarfini kamaytirish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Suv tarkibidagi loyqa zarrachalar va cho‘kma loy miqdori ortishi oqim gidravlik xususiyatlariga ta’sir ko‘rsatib, nasos agregatlari energiya sarfini oshirishi mumkin. Loy zarrachalari oqimdagi ishqalanish kuchlarini kuchaytiradi, bu esa gidravlik yo‘qotishlarning ortishiga va natijada nasosning umumiy samaradorligining pasayishiga olib keladi. Shu sababli nasos agregatlari ish rejimini loy miqdori va kavitatsiyaning xavfli daraja ko‘rsatkichlari asosida optimallashtirish hamda energiya samaradorligini oshirishga yordam beradi.

Nasos agregatlari energiya sarfi odatda nasos quvvat ko‘rsatkichlari orqali baholanadi. Nasos tomonidan iste’mol qilinadigan mexanik quvvat quyidagi ifoda orqali aniqlanishi mumkin:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta}, \qquad (10)$$

bu yerda P - nasos quvvati, ρ - suyuqlik zichligi, g - erkin tushish tezlanishi, Q - suv sarfi, H - nasos gidravlik bosimi, η - nasos foydali ish koeffitsienti.

Loy zarrachalari mavjud bo‘lgan suv muhitida nasos samaradorligi pasayishi mumkin. Bunday sharoitda nasos samaradorligi loy konsentratsiyasiga bog‘liq ravishda quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \eta_0 - k_C C_S, \qquad (11)$$

bu yerda η_0 - toza suvda qo‘llanilgan nasos samaradorligi, k_C - loy zarrachalari ta’sir koeffitsienti, C_S - suv tarkibidagi loy konsentratsiyasi.

ISSN 3030-3907

Mazkur modelda loy konsentratsiyasi ortishi bilan nasos samaradorligi pasayadi va energiya sarfi ortadi. Shu sababli ishlab chiqilgan intellektual boshqaruv algoritmi yordamida loy miqdori va xavf ko‘rsatkichi baholanib, nasos optimal ish rejimi tanlanadi. Agar tizimda loy miqdori past bo‘lsa, nasos nominal ish rejimida ishlaydi. Loy miqdori ortganda esa nasos aylanish tezligi yoki yuklamasi cheklanadi, bu esa kavitatsiya xavfini va energiya sarfini kamaytiradi.

Taklif etilgan optimallashtirish modeli nasos agregatlari ishlash parametrlarini sensor ma’lumotlari asosida real vaqt rejimida tahlil qilish imkonini beradi. Bu orqali nasos stansiyasi ekspluatatsion ishonchliligini oshirish, kavitatsiya xavfini kamaytirish va energiya resurslaridan samarali foydalanish mumkin.

3.NATIJALAR

Nasos stansiyasi kirish kamerasida loyqa suv va cho‘kma loy miqdorini aniqlash hamda ushbu parametrlar nasos agregatlari ishlash rejimiga ta’sirini baholash maqsadida sensor ma’lumotlari asosida tadqiqot natijalari tahlil qilindi. Tadqiqotda optik loyqalik sensori yordamida suvning loyqalik darajasi, gidrostatik bosim sensori yordamida esa kirish kamerasidagi cho‘kma loy qatlamining o‘zgarishi aniqlab borildi. Olingan ma’lumotlar filtrlash va normalizatsiya bosqichlaridan o‘tkazilgandan so‘ng loy konsentratsiyasi hamda kavitatsiya xavfini baholash modeli yordamida tahlil qilindi.

Tadqiqot davomida suv loyqa darajasi ortishi bilan kirish kamerasida cho‘kma loy qatlamining ham ortishi kuzatildi. Bu holat nasos kirish qismida oqimning gidravlik parametrlariga ta’sir ko‘rsatib, kavitatsiya xavfi ortishiga sabab bo‘lishi mumkin. Tadqiqot natijasida loyqalik qiymatining ortishi suv tarkibidagi qattiq zarrachalar konsentratsiyasining oshishiga olib kelishi aniqlandi. Shu bilan birga gidrostatik bosim sensori orqali aniqlangan ma’lumotlar kirish kamerasida cho‘kma loy qatlami asta-sekin ortib borishini ko‘rsatdi. Bu jarayon nasos tizimi gidravlik rejimiga ta’sir etuvchi muhim omillardan biri hisoblanadi.

Quyidagi jadvalda sensorlar yordamida o‘lchangan asosiy parametrlar o‘rtacha qiymatlari keltirilgan.

1-jadval

Sensor ma’lumotlari asosida aniqlangan loyqa suv va cho‘kma loy parametrlarining tadqiqot natijalari

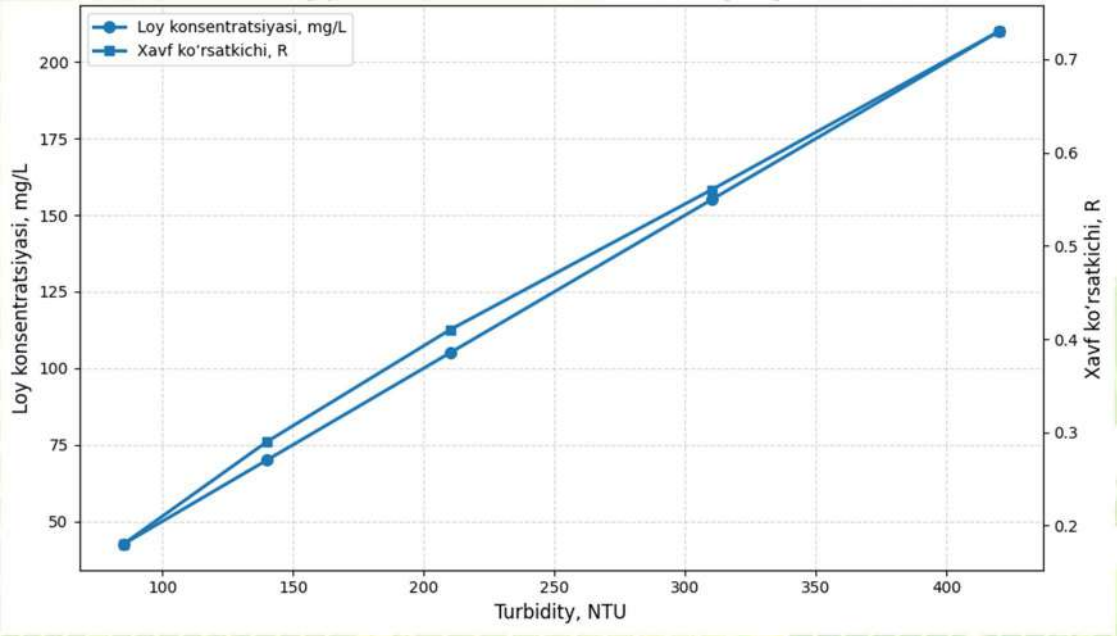
№	Loyqalik darajasi (NTU)	Loy konsentratsiyasi (mg/L)	Cho‘kma loy balandligi (sm)	Xavf ko‘rsatkichi (R)
1	85	42.5	2.1	0.18
2	140	70.0	3.6	0.29

ISSN 3030-3907

3	210	105.0	5.2	0.41
4	310	155.0	7.8	0.56
5	420	210.0	10.4	0.73

Tadqiqot suvning loyqa darajasi ortishi bilan cho‘kma loy miqdori ham sezilarli ravishda ortib borishini ko‘rsatgan. Bu esa nasos kirish qismida gidravlik sharoitlar yomonlashishiga olib kelishi mumkin. Shuningdek, hisoblangan xavf ko‘rsatkichi qiymatlari ortib borishi bilan nasos agregatlarida kavitatsiya xavfi ham oshib borishi kuzatildi. Shu sababli ishlab chiqilgan intellektual boshqaruv algoritmi sensor ma’lumotlariga asoslangan holda nasos agregatlari ish rejimini optimallashtirilganligini keltirish mumkin.

Olingan natijalar asosida keyingi bosqichda loy konsentratsiyasi va xavf ko‘rsatkichi o‘rtasidagi bog‘lanish grafik tahlili amalga oshirildi. Bunda parametrlar nasos agregatlarining energiya samaradorligiga ta’siri baholandi. Bu bog‘lanishlar keyingi diagramma ko‘rinishida keltiriladi.



2-rasm. Loyqalik qiymatiga bog‘liq ravishda loy konsentratsiyasi va xavf ko‘rsatkichi o‘zgarishi

2-rasmda suv loyqalilik darajasi ortishi bilan loy konsentratsiyasi hamda integral xavf ko‘rsatkichi oshib borishi tasvirlangan. Grafikda ko‘rsatilgan natijalar loyqa muhit kuchaygan sari nasos agregatlarida xavf darajasi ortishini ko‘rsatadi.

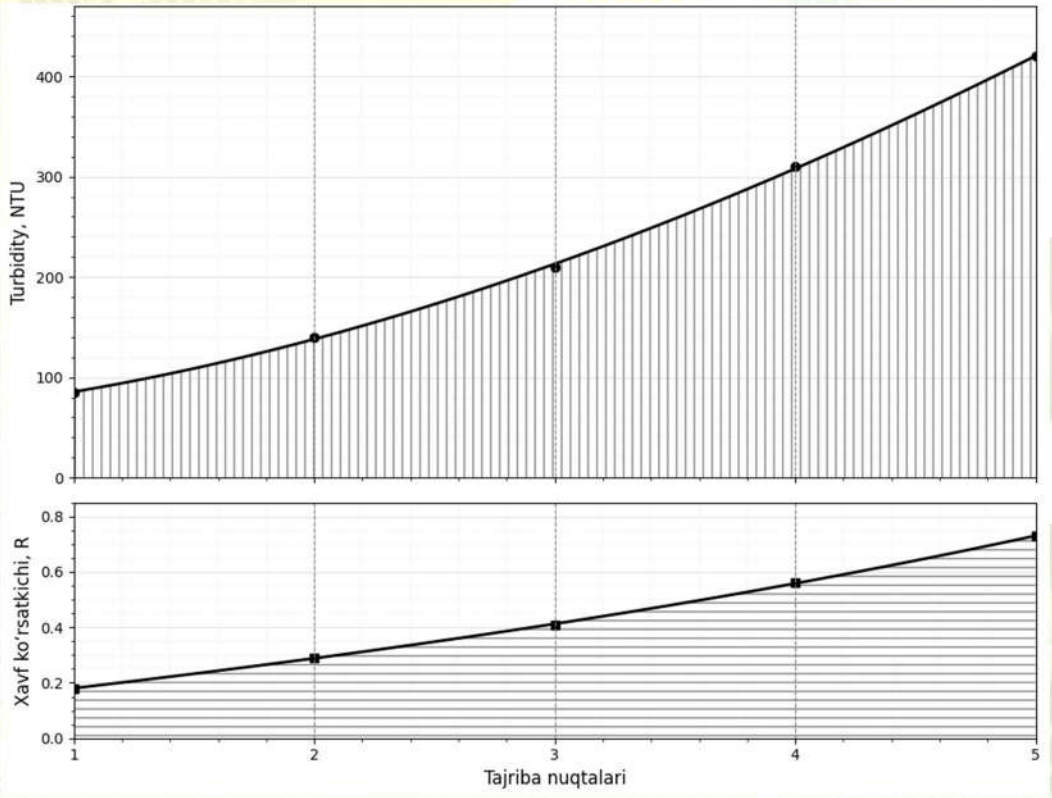
Tajriba natijalari nasos stansiyasi kirish kamerasida suv loyqalik darajasi ortishi bilan cho‘kma loy miqdori ham bosqichma-bosqich ortib borishini ko‘rsatdi. Optik loyqalik sensori orqali olingan qiymatlar suv tarkibidagi qattiq zarrachalar konsentratsiyasi oshishini qayd etdi. Bunda gidrostatik bosim sensori esa kamera tub qismida cho‘kma qatlam qalinlashib borayotganini ko‘rsatdi. Sensor ma’lumotlari filtrlash va normalizatsiya bosqichlaridan amalga

ISSN 3030-3907

oshirilgandan so‘ng loy konsentratsiyasi, xavf ko‘rsatkichi va nasos ish rejimi o‘rtasidagi bog‘lanishlar tahlil qilindi. Olingan natijalar loyqa muhit kuchaygan sari nasos gidravlik ish sharoiti murakkablashishini tasdiqladi.

Tahlil natijasida loyqalik qiymati 85 NTU dan 420 NTU gacha oshganda loy konsentratsiyasi ham mos ravishda ortdi va bu cho‘kma loy balandligi ko‘tarilgani bilan birga kuzatildi. Shu holatda integral xavf ko‘rsatkichi R ham past qiymatlardan kritik zonaga tomon siljidi. Bu esa nasos agregati nominal rejimdan cheklangan rejimga, so‘ngra esa himoya rejimiga o‘tishini talab qiluvchi sharoit shakllanishini ko‘rsatadi. Natijalar ishlab chiqilgan intellektual boshqaruv algoritmi real sensor qiymatlariga tayangan holda tizim holatini bosqichli baholash imkonini berishini ko‘rsatdi.

Tahlillar natijasida R qiymati past bo‘lgan nuqtalarda nasos nominal rejimda ishlashi, o‘rta diapazonda cheklangan rejimga o‘tishi, yuqori qiymatlarda esa himoya rejimi zarurligi aniqlandi. Bu taklif etilgan algoritmni amaliy jihatdan qo‘llanganda yuqori samaradorlik va natijalarga erishish mumkinligini ko‘rsatadi.



3-rasm. Loyqa suv ko‘rsatkichi va xavf bahosi analog ko‘rinishdagi diagrammasi

Ushbu diogrammada tajriba nuqtalari bo‘yicha loyqalik qiymati va integral xavf ko‘rsatkichi o‘zgarish dinamikasi analog uslubda tasvirlangan. Bunda tajriba nuqtalari bo‘yicha suv loyqalik darajasi ortishi bilan xavf ko‘rsatkichi ham muntazam ravishda oshib borgan. Bu esa nasos agregatlari ish rejimini

ISSN 3030-3907

boshqarishda loyqa suv va cho‘kma loy ko‘rsatkichlari muhim diagnostik parametr ekanini tasdiqlaydi.

2-jadval

Sensor ma’lumotlari asosida xavf ko‘rsatkichi o‘zgarishi

№	Loyqalik (NTU)	Loy konsentratsiyasi (mg/L)	Cho‘kma loy balandligi (sm)	Xavf ko‘rsatkichi *R*	Nasos rejimi
1	85	42.5	2.1	0.18	Nominal
2	140	70.0	3.6	0.29	Nominal
3	210	105.0	5.2	0.41	Cheklangan
4	310	155.0	7.8	0.56	Cheklangan
5	420	210.0	10.4	0.73	Kritik

Tadqiqot natijasida loyqa suv va cho‘kma loy miqdori ortishi xavf ko‘rsatkichi o‘sishiga olib kelishi aniqlandi. Ayniqsa, to‘rtinchi va beshinchi tajriba nuqtalarida tizimning ish holati keskin yomonlashgan bo‘lib, bu nasos ish rejimini moslashtirish zarurligini ko‘rsatadi. Natijalar sensor ma’lumotlari asosida kavitatsiya xavfini oldindan baholash va nasos agregati ish rejimini optimallashtirish mumkinligini ko‘rsatadi.

4.MUHOKAMA

Tadqiqot natijalari nasos stansiyalarida suv tarkibidagi loyqa zarrachalar va cho‘kma loy miqdori nasos agregatlari ishlash samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi. Loyqalik sensori orqali aniqlangan loyqalilik darajasi va gidrostatik bosim sensori yordamida aniqlangan cho‘kma loy balandligi o‘rtasida muhim bog‘liqlik kuzatildi. Loy zarrachalari ortishi nasos kirish qismida oqimning notekis taqsimlanishiga hamda gidravlik qarshiliklar ortishiga olib kelishi mumkin.

Sensor ma’lumotlari asosida hisoblangan xavf ko‘rsatkichi nasos tizimi ish holatini baholashda muhim parametr bo‘lib xizmat qiladi. Ushbu ko‘rsatkich oshgan sari oqim barqarorligi buziladi va kavitatsiya ehtimoli ortadi. Taklif etilgan matematik model hamda intellektual boshqaruv algoritmi sensor ma’lumotlarini real vaqt rejimida tahlil qilib, nasos optimal ish rejimini tanlash imkonini beradi. Umuman loy miqdorini monitoring qilish va ushbu parametr asosida nasos agregatlari ish rejimini moslashtirish nasos tizimlari samaradorligini oshirish hamda kavitatsiya xavfini kamaytirishi mumkin.

5.XULOSA

Mazkur tadqiqot ishida nasos stansiyalarida suv tarkibidagi loyqa zarrachalar va cho‘kma loy miqdorini aniqlash hamda ushbu parametrlar nasos agregatlarining ishlash rejimiga ta’sirini baholash masalasi tahlil qilindi. Tadqiqot

ISSN 3030-3907

davomida loyqalik sensori yordamida suvning loyqalik darajasi va gidrostatik bosim sensori yordamida kirish kamerasidagi cho‘kma loy balandligi aniqlanib, ushbu ma’lumotlar asosida sensor signallarini qayta ishlash va normalizatsiya qilish usullari ishlab chiqildi. Olingan sensor ma’lumotlari asosida suv tarkibidagi loy konsentratsiyasini aniqlash uchun matematik model taklif qilindi. Ushbu model yordamida loy konsentratsiyasi va nasos tizimida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xavf ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘lanish tahlil qilindi. Tadqiqot suv tarkibidagi loy miqdorining ortishi nasos kirish qismidagi gidravlik sharoitlar o‘zgarganligi hamda nasos agregatlari ishlash samaradorligining pasayganligini ko‘rsatgan. Taklif etilgan usul nasos stansiyalarida suv oqimining fizik parametrlarini real vaqt rejimida monitoring qilish hamda nasos agregatlarining ishlash samaradorligini oshirish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari nasos stansiyalarining ekspluatatsion ishonchliligini oshirish, energiya sarfini optimallashtirish va nasos tizimlarini zamonaviy sensor texnologiyalari asosida boshqarish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Fox R.W., McDonald A.T., Pritchard P.J. Introduction to Fluid Mechanics. – New York: John Wiley & Sons, 2011.
2. White F.M. Fluid Mechanics. – New York: McGraw-Hill Education, 2016.
3. Streeter V.L., Wylie E.B., Bedford K.W. Fluid Mechanics. – Boston: McGraw-Hill, 2012.
4. Gülich J.F. Centrifugal Pumps. – Berlin: Springer, 2014.
5. Karassik I.J., Messina J.P., Cooper P., Heald C.C. Pump Handbook. – New York: McGraw-Hill, 2008.
6. Brennen C.E. Cavitation and Bubble Dynamics. – Oxford University Press, 2013.
7. Chanson H. Hydraulics of Open Channel Flow. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2004.
8. Yang C.T. Sediment Transport: Theory and Practice. – New York: McGraw-Hill, 1996.
9. Julien P.Y. River Mechanics. – Cambridge University Press, 2010.
10. Sadar M.J. Turbidity Science: Technical Information Series. – Hach Company, 2003.
11. Gray N.F. Water Technology: An Introduction for Environmental Scientists and Engineers. – Butterworth-Heinemann, 2010.
12. Kirk J.T.O. Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems. – Cambridge University Press, 2011.

ISSN 3030-3907

13. Smith S.W. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. – California Technical Publishing, 1999.
14. Çengel Y.A., Cimbala J.M. Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications. – McGraw-Hill, 2018.
15. Johann Friedrich Gülich. *Centrifugal Pumps.* – Berlin: Springer, 2014.
16. Igor J. Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald. *Pump Handbook.* – New York: McGraw-Hill, 2008.
17. Christopher E. Brennen. *Cavitation and Bubble Dynamics.* – Oxford: Oxford University Press, 2013.
18. Steven W. Smith. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing.* – California: California Technical Publishing, 1999.
19. Muhamediyeva D. et al. Control of unstable water flow in open channels //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 590. – C. 02002.

ISSN 3030-3907