Qabul qilindi: 12-oktabr 2026-yil • Ma’qullandi: 18-oktabr 2026-yil • Nashr qilindi: 26-oktabr 2026-yil

SENTRIFUGA APPARATLARINING ASOSIY UZELLARIDA YUZAGA KELADIGAN NOSOZLIKLAR SABABLARINI TAHLIL QILISH VA ULARNING OLDINI OLISH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Ilmiy rahbar: Komilov Bekzodbek Maxmudjon o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti
“Metrologiya va yengil sanoat” kafedrasi t.f.f.d.
Shavkatov Asadbek
Andijon davlat texnika instituti
“Biotibbiyot muhandisligi” yo‘nalishi 4-kurs talabasi

Sentrifuga apparatlari laboratoriya, farmatsevtika, oziq-ovqat, kimyo, konchilik va oqova suvlarni qayta ishlash sohalarida aralashmalarni ajratish, cho‘kmani quyuqlashtirish va mahsulotni suvsizlantirish uchun qo‘llanadi. Uskunaning barqaror ishlashi rotorning texnik holati, yuklamaning to‘g‘ri taqsimlanishi, podshipnik va yuritmaning sozligi, tormoz hamda himoya tizimlarining ishlashiga bog‘liq. Asosiy uzellardan biridagi nuqson boshqa qismlarga ham ortiqcha yuk tushirishi mumkin. Masalan, rotor nomuvozanatligi vibratsiyani kuchaytirib, podshipnik va tayanchlarda dinamik yuklamani oshiradi; podshipnikdagi yeyilish esa aylanishning notekisligiga va harorat ko‘tarilishiga olib kelishi mumkin.

Nosozliklarning oqibatlari faqat ta’mirlash xarajati bilan cheklanmaydi. Uskunaning kutilmagan to‘xtashi ishlab chiqarish rejasini buzishi, mahsulot yo‘qotilishiga, qayta tozalashga va ehtiyot qismlarni shoshilinch xarid qilishga sabab bo‘lishi mumkin. Yuqori tezlikda ishlaydigan rotorlar uchun korroziya, charchash yoriqlari va ruxsat etilgan ish sikllaridan oshib ketish xavfsizlik jihatidan ham jiddiy ahamiyatga ega. Minnesota universiteti laboratoriya xavfsizligi bo‘yicha tavsiyalarida namlik, kimyoviy moddalar va kuchli tozalash vositalari sentrifuga qismlarida korroziya keltirib chiqarishi mumkinligi, shikastlanish belgisi aniqlangan rotorni ishlatishdan chiqarish zarurligi qayd etiladi [3].

ISO 17359:2018 barcha turdagi mashinalarning texnik holatini monitoring qilish

dasturini tuzishga doir umumiy yo‘riqnoma beradi [1]. U muayyan sentrifuga uchun nosozlik ehtimoli yoki universal signal chegarasini belgilamaydi; shu sababli diagnostika ishlab chiqaruvchi hujjatlari, uskuna modeli va ish rejimiga moslashtirilishi kerak.

Sentrifuga nosozliklarini tahlil qilishda bir uzelni boshqalardan ajratib ko‘rish yetarli emas. Rotor, podshipnik, val, mufta va tayanch tizimi mexanik jihatdan o‘zaro bog‘langan. Rotorning noto‘g‘ri yuklanishi yoki qoldiq nomuvozanatligi aylanish chastotasiga bog‘liq dinamik kuchlarni yuzaga keltiradi. Soddalashtirilgan modelda nomuvozanat kuchi $F=m\cdot e\cdot \omega^2$ formula bilan ifodalanadi; bu yerda m — nomuvozanat massa, e — aylanish o‘qidan og‘ish masofasi, ω — burchak tezligi. Burchak tezligi $\omega=2\pi n/60$ bo‘lib, n — aylanish tezligi, ayl/min. Masalan, m=0,01 kg va e=0,0005 m deb olinsa, nomuvozanat momenti $m\cdot e=5\times10^{-6}$ kg·m bo‘ladi. 1500 ayl/min tezlikda $\omega\approx157{,}08$ rad/s va $F\approx0{,}123$ N; 3000 ayl/min tezlikda $\omega\approx314{,}16$ rad/s va $F\approx0{,}493$ N. Bu shartli hisobda tezlik ikki baravar oshganda nomuvozanat kuchi to‘rt baravar oshadi, chunki kuch burchak tezligining kvadratiga proporsional. Natija real sentrifuga o‘lchovi emas; u rotor muvozanatining tezlik oshganda nima uchun muhimlashishini ko‘rsatadi.

1-jadval.

Sentrifuga apparatlarining asosiy uzellarida yuzaga keladigan nosozliklar sabablari, belgilari va oldini olish choralari

Asosiy uzel	**Ehtimoliy nosozlik sababi**	**Dastlabki belgi yoki kuzatiladigan parametr**	**Oldini olish chorasi**
Rotor va rotor kamerasi	Nomuvozanat yuklash, korroziya, yoriq, ruxsat etilgan sikldan oshish	Vibratsiya, g‘ayrioddiy tovush, vizual shikastlanish	Yukni teng taqsimlash; har safar ko‘zdan kechirish; sikl va ish vaqtini qayd etish; shikastlangan rotordan foydalanmaslik
Podshipnik va tayanch	Yeyilish, moylash muammosi, noto‘g‘ri o‘rnatish, ifloslanish	Harorat ortishi, vibratsiya, shovqin	Ishlab chiqaruvchi belgilagan moylash va almashtirish tartibi; harorat va vibratsiya trendini kuzatish
Val va mufta	Markazlashuv buzilishi, bo‘shashgan mahkamlash, valning egilishi	Davriy vibratsiya, qizish, mexanik shovqin	Markazlashuvni tekshirish; mahkamlash momentlarini hujjat bo‘yicha nazorat qilish

Asosiy uzel	Ehtimoliy nosozlik sababi	Dastlabki belgi yoki kuzatiladigan parametr	Oldini olish chorasi
Elektr yuritma	Ortiqcha yuklanish, elektr ulanishlaridagi muammo, sovitish yetishmasligi	Tokning ortishi, qizish, tezlikning beqarorligi	Tok va haroratni kuzatish; elektr ulanishlarini vakolatli mutaxassis tekshirishi
Tormoz va boshqaruv	Datchik xatosi, sozlama buzilishi, tormoz elementlari yeyilishi	To‘xtash vaqti o‘zgarishi, xato kodi, ishga tushmaslik	Blokirovka va tormozni reja asosida sinash; xato kodlarini qayd etish
Muhrlar va qopqoq	Muhrning eskirishi, ifloslanish, noto‘g‘ri yig‘ish	Oqish, hid, ifloslanish yoki qopqoq yopilmasligi	Tozalash; muhrni tekshirish; qopqoq blokirovkasini ishlab chiqaruvchi tartibida sinash

1-jadvaldagi sabab va belgilar diagnostika uchun boshlang‘ich yo‘nalish beradi, ammo alohida belgi yakuniy tashxis hisoblanmaydi (1-jadval). Masalan, vibratsiya rotor nomuvozanatligidan tashqari tayanchning bo‘shashishi, mufta markazlashuvi yoki podshipnik shikastlanishi bilan ham bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shu bois o‘lchovlar bir necha nuqtada olinishi, yuklama va aylanish tezligi bilan birga qayd etilishi hamda oldingi ko‘rsatkichlar bilan taqqoslanishi lozim.

Rotorning korroziyasi alohida e’tibor talab qiladi. Namlik, qoldiq mahsulot va mos kelmaydigan tozalash kimyoviy moddalari yuzada korroziya yoki himoya qoplamasining buzilishiga olib kelishi mumkin. Korroziya rotor materialining mahalliy kesimini kamaytirib, yuqori aylanishda mexanik kuchlanishlar uchun xavfli sharoit yaratishi ehtimoli bor. Shu sababli tozalash vositasi ishlab chiqaruvchi ko‘rsatmasiga mos tanlanadi, rotor toza va quruq saqlanadi, yoriq yoki chuqur korroziya belgilari ko‘rilsa, rotor foydalanishdan chiqarilib, vakolatli servis tomonidan baholanadi [3].

Podshipnikdagi nosozliklar ko‘pincha birgina sabab bilan izohlanmaydi. Yetarli bo‘lmagan yoki noto‘g‘ri moylash, ifloslanish, noto‘g‘ri montaj, valning markazlashuvi buzilishi va ortiqcha dinamik yuk birgalikda yeyilishni tezlashtirishi mumkin. Diagnostikada harorat va vibratsiya trendini kuzatish foydali, biroq aniq chegaralar podshipnik turi, aylanish tezligi, yuklama va ishlab chiqaruvchi talablariga bog‘liq.

Haroratning bir martalik ko‘tarilishi darhol podshipnik buzilganini bildirmaydi; ko‘rsatkichning barqaror o‘sishi, shovqin va vibratsiya bilan birga paydo bo‘lishi esa tekshiruv zaruratini kuchaytiradi.

NIST va Douglas Thomas hamda Brian Weiss tomonidan e’lon qilingan 2021-yilgi maqolada ishlab chiqaruvchilarning texnik xizmat strategiyalari taqqoslangan. Reaktiv xizmatga ko‘proq tayanadigan guruh bilan taqqoslaganda profilaktik va prognozli xizmatdan ko‘proq foydalanadigan guruhda rejasiz to‘xtashlar 52,7% kam, nuqsonlar esa 78,5% kam bo‘lgan. Profilaktik xizmatga nisbatan prognozli xizmatga ko‘proq tayangan guruhda rejasiz to‘xtashlar 18,5% kam, nuqsonlar 87,3% kam deb qayd etilgan [2]. Ushbu ko‘rsatkichlar ishlab chiqarish sanoatidagi guruhlar taqqoslashiga tegishli; ularni sentrifuga uchun kafolatlangan natija yoki ushbu tezisda o‘tkazilgan tajriba sifatida ko‘rsatish mumkin emas. Biroq ma’lumotlar nosozlik yuz bergandan keyin ta’mirlashga tayanish o‘rniga oldindan nazorat va diagnostikani kuchaytirish foydali bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Nosozliklarning oldini olish uchun tekshiruvlar faqat kalendar bo‘yicha emas, ish sikllari, ish soatlari, yuklama, avvalgi nosozliklar va ishlab chiqaruvchi tavsiyalariga qarab rejalashtiriladi. Yuqori tezlikda ishlaydigan rotorlar uchun har bir foydalanishdagi ko‘zdan kechirish va ish sikllarini qayd etish muhim. Texnik xizmat jurnali kamida sana, uskuna identifikatori, rotor turi, ish sikli, operator, kuzatilgan belgi, o‘lchov va ko‘rilgan chora haqidagi ma’lumotlarni o‘z ichiga olishi kerak.

2-jadval.

Sentrifuga apparatlarining texnik holatini nazorat qilish va nosozliklarning oldini olish bo‘yicha profilaktik tadbirlar

Nazorat yo‘nalishi	**Amaliy chora**	**Qayd etiladigan ma’lumot**	**Kutiladigan foyda**
Rotor xavfsizligi	Ishdan oldin ko‘zdan kechirish, tozalash va quritish, sikl hisobini yuritish	Rotor raqami, ish sikli, korroziya/yoriq belgisi	Shikastlangan rotorni erta aniqlash
Vibratsiya va podshipnik	Bir xil ish rejimida vibratsiya va haroratni muntazam o‘lchash	Vibratsiya, harorat, aylanish tezligi, vaqt	Trenddagi og‘ishlarni aniqlash
Yuritma va mufta	Tok, tovush, mahkamlash va markazlashuvni tekshirish	Tok, xato kodi, tekshiruv natijasi	Ortiqcha yuk va noto‘g‘ri montajni aniqlash

Nazorat yo‘nalishi	Amaliy chora	Qayd etiladigan ma’lumot	Kutiladigan foyda
Boshqaruv va himoya	Qopqoq blokirovkasi, tormoz va avariya to‘xtashini vakolatli xodim sinashi	Sinov sanasi, natija, aniqlangan nosozlik	Xavfsizlik funksiyalarini saqlash
Texnik xizmat boshqaruvi	Nuqsonlar jurnalini yuritish va davriy tahlil	Nosozlik soni, to‘xtash vaqti, xarajat	Takroriy nosozlik sabablarini topish

2-jadvalda taklif etilgan chora-tadbirlar nosozlikni faqat aniqlashga emas, uning sababini qayd etishga ham qaratilgan (2-jadval). Agar bir xil nosozlik takrorlansa, detalni yana almashtirish bilan cheklanmasdan, asosiy sabab — noto‘g‘ri yuklash, ifloslanish, korroziya, markazlashuv yoki operator amaliyoti — aniqlanishi lozim. Bunday tahlil ta’mir ishlarini maqsadli rejalashtirish va takroriy to‘xtashlarni kamaytirishga yordam beradi.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, sentrifuga uzellaridagi nosozliklarning oldini olish uchun yagona usul yetarli emas. Rotor va mexanik qismlar uchun vizual ko‘rik, muvozanat va vibratsiya nazorati; podshipniklar uchun harorat, tovush va vibratsiya trendi; elektr yuritma uchun tok va qizish nazorati; boshqaruv tizimi uchun blokirovka va tormoz sinovlari birgalikda qo‘llanishi kerak. Bunda diagnostika usuli uskuna kritikligi va xavf darajasiga mos tanlanadi.

Muhim cheklov shundaki, vibratsiya yoki harorat uchun bitta universal chegara belgilash barcha sentrifugalar uchun to‘g‘ri bo‘lmaydi. Qurilmaning turi, aylanish tezligi, o‘rnatish konstruksiyasi, rotor modeli va ishlab chiqaruvchi ko‘rsatmasi hisobga olinishi shart. ISO 17359:2018 monitoring dasturida o‘lchash sharoitlari, boshlang‘ich holat va ogohlantirish mezonlarini belgilashga umumiy yondashuv beradi [1], ammo muayyan qurilma uchun servis qo‘llanmasini almashtirmaydi.

Profilaktik xizmatning iqtisodiy samarasi korxonaning o‘z ma’lumotlari bilan baholanishi kerak. Buning uchun kamida 6–12 oylik davrda nosozliklar soni, rejasiz to‘xtash soatlari, ehtiyot qismlar va mehnat xarajatlari, shuningdek, ishlab chiqarish yo‘qotishlari qayd etiladi. Xizmat takomillashtirilgandan keyin shu ko‘rsatkichlar taqqoslanadi. Taqqoslashda ishlab chiqarish hajmi va ish rejimidagi o‘zgarishlar ham hisobga olinmasa, natijani faqat yangi texnik xizmat usuliga bog‘lab bo‘lmaydi. Shuningdek, rotorni yechish,

ta’mirlash yoki xavfsizlikka taalluqli sozlashlar faqat malakali va vakolatli mutaxassislar tomonidan bajarilishi lozim. Shikastlanish alomati aniqlangan rotorni ishlatishda davom etish, ishlab chiqaruvchi belgilagan sikl yoki tezlik chegaralarini oshirish xarajatlarni kamaytirish usuli hisoblanmaydi. Xavfsizlik talablariga rioya qilish barcha iqtisodiy optimallashtirishdan ustun turadi.

Xulosa qilib aytganda, sentrifuga apparatlarining asosiy uzellarida uchraydigan nosozliklar ko‘pincha rotor nomuvozanatligi, korroziya, mexanik yeyilish, noto‘g‘ri yuklash, moylash yoki montajdagi kamchiliklar va himoya tizimlarining nosozligi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Ushbu omillarni erta aniqlash uchun vizual ko‘rik, vibratsiya va harorat monitoringi, elektr yuklanishini kuzatish hamda texnik xizmat jurnalini yuritish birgalikda qo‘llanishi kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ISO 17359:2018. Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines. — Geneva: International Organization for Standardization, 2018. — URL: https://www.iso.org/standard/71194.html

2. Thomas D., Weiss B. Maintenance Costs and Advanced Maintenance Techniques in Manufacturing Machinery: Survey and Analysis // International Journal of Prognostics and Health Management. — 2021. — Vol. 12, No. 1. — https://www.nist.gov/publications/maintenance-costs-and-advanced-maintenance-techniques-manufacturing-machinery-survey

3. University of Minnesota. Centrifuge Maintenance. — University Health & Safety. https://hsrm.umn.edu/biosafety-occupational-health/biosafety/laboratorysafety-equipment/centrifuges/centrifuge

4. Stanford Environmental Health & Safety. Centrifuge Safety. — URL: https://ehs-library.stanford.edu/reference/centrifuge-safety.html