Vol. 1, Issue 2

SENTRIFUGA APPARATLARINING ISHONCHLILIK KO‘RSATKICHLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA TEXNIK XIZMAT STRATEGIYASINI 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 kimyo, oziq-ovqat, farmatsevtika, neft-gaz, laboratoriya va oqova suvlarni qayta ishlash jarayonlarida suyuqlikni qattiq fazadan ajratish hamda suspenziyalarni quyuqlashtirish uchun qo‘llanadi. Yuqori tezlikda aylanuvchi rotor yoki baraban podshipniklar, val, mufta, yuritma, muhr va himoya tizimlariga katta talab qo‘yadi. Shu sababli faqat nosozlikdan keyingi ta’mirlashga tayanish rejasiz to‘xtashlarga olib kelishi mumkin.

Ishonchlilik ko‘rsatkichlarini matematik modellashtirish texnik xizmat vaqtini taxminiy kalendar intervali bilan emas, kuzatilgan ish muddati va nosozliklar statistikasi bilan bog‘lash imkonini beradi. Jardine va Kirkhamning sanoat sentrifugalari bo‘yicha ishida 34 ta nosozlik sababi aniqlangani, ulardan 16 tasi mexanik, 18 tasi elektr nosozliklari bo‘lgani va rejasiz to‘xtashga eng ko‘p sabab bo‘lgan 6 ta nosozlik miqdoriy tahlil qilingani bayon etilgan [2].

Ishonchlilik — uskuna belgilangan sharoitda, talab etilgan vaqt davomida o‘z vazifasini bajarish qobiliyatidir. Sentrifuga uchun faqat “ishlaydi/ishlamaydi” bahosi yetarli emas. Ishlash vaqti, nosozliklar soni, ta’mirlash davomiyligi, to‘xtash sababi, yuklama, aylanish tezligi va texnik xizmat yozuvlari birgalikda yuritilishi kerak. ISO 17359:2018 mashinalarning texnik holatini kuzatish dasturini tuzishda uskuna kritikligi,

o‘lchash usullari, ogohlantirish mezonlari, ma’lumotlar tahlili va texnik chora belgilashga oid umumiy yo‘riqnomani beradi [3].

Nosozliklar orasidagi o‘rtacha vaqt (MTBF) ta’mirlanadigan uskuna uchun qayd etilgan ish vaqtining nosozliklar soniga nisbatidir. Tiklashning o‘rtacha davomiyligi (MTTR) esa ta’mirlashga sarflangan umumiy vaqtning tiklashlar soniga nisbatini bildiradi. Soddalashtirilgan tayyorlik koeffitsiyenti quyidagicha baholanadi:

$$A = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

Bu ifoda rejalashtirilgan to‘xtashlar va tashqi cheklovlarni hisobga olmaydi. Ishonchlilik funksiyasi R(t) uskuna t vaqtgacha nosozliksiz ishlash ehtimolini anglatadi. Eksponensial modelda nosozlik intensivligi doimiy deb faraz qilinadi:

$$R(t) = e^{(-\lambda t)}, MTBF = 1/\lambda$$

Eksponensial model sodda, ammo yeyilish kuchayishi yoki ishga tushirish davridagi nuqsonlar kabi holatlarni har doim ham ifodalamaydi. Shu sababli ma’lumotlar xususiyatiga qarab Weibull modeli mosroq bo‘lishi mumkin.

Weibull taqsimoti nosozlik xavfi vaqt o‘tishi bilan kamayadigan, deyarli o‘zgarmas qoladigan yoki ortadigan holatlarni modellashtirishga yordam beradi. Ikki parametrli model:

$$R(t) = \exp[-(t/\eta)^{\beta}]$$

Bu yerda β — shakl parametri, η — xarakterli xizmat muddati. $\beta < 1$ bo‘lsa nosozlik intensivligi kamayishi, $\beta = 1$ bo‘lsa eksponensial holat, $\beta > 1$ bo‘lsa yeyilish bilan bog‘liq xavfning ortishi kuzatilishi mumkin. β qiymati taxmin bilan emas, real ishga tushish va nosozlik vaqtlari asosida baholanishi kerak.

1-jadval

Sentrifuga ishonchliligini baholash ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Hisoblash tamoyili	Amaliy mazmuni
MTBF	Jami ish vaqti / nosozliklar soni	Nosozliklar orasidagi o‘rtacha vaqt
MTTR	Tiklash vaqti / tiklashlar soni	Ta’mirlash tezligi
R(t)	Nosozliksiz ishlash ehtimoli	Belgilangan vaqtgacha ishonchlilik
λ	Nosozliklar / ish vaqti	Nosozlik intensivligi
A	MTBF / (MTBF + MTTR)	Tayyorlik darajasi

Matematik modelning sifati boshlang‘ich ma’lumotlarning to‘liqligiga bog‘liq. Har bir sentrifuga uchun inventar raqami, modeli, ishga tushirilgan sana, ish rejimi, aylanish tezligi, yuklama, texnik xizmat sanasi, nosozlik aniqlangan vaqt, sabab, tiklash vaqti va almashtirilgan ehtiyot qismlar qayd etiladi. Bir xil hodisani turli nom bilan qayd etish natijani buzishi mumkin. Shu bois nosozliklar tasnifi oldindan belgilanishi zarur.



1-rasm. Sanoat sentrifugasining umumiy ko‘rinishi

Sentrifuganing nosozlikka moyil uzellari orasida podshipnik, rotor/baraban, val, mufta, elektr yuritma, muhrlar va qopqoq blokirovkasi alohida nazorat qilinadi. Podshipnik haroratining oshishi moylash muammosi, noto‘g‘ri o‘rnatish, ortiqcha yuklama yoki rotor nomuvozanatligi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Bitta harorat o‘lchovi sababni yakka o‘zi isbotlamaydi; tebranish, shovqin, moy holati va ko‘rik natijalari bilan birga tahlil qilinadi.

2-jadval

Uzellar, kuzatiladigan belgilar va ma’lumot yig‘ish usullari

Uzel	Kuzatiladigan belgi	Qayd etiladigan ma’lumot
Rotor/baraban	Tebranish, nomuvozanatlik	Tebranish, tezlik, yuklama
Podshipnik	Qizish, shovqin, vibratsiya	Harorat, vibratsiya, moylash sanasi
Val va mufta	Urilish, markazlash buzilishi	Markazlash tekshiruvi, tebranish
Elektr yuritma	Tok ortishi, qizish	Tok, harorat, ishga tushishlar
Muhr	Oqish, mahsulot yo‘qotilishi	Oqish va almashtirish sanasi
Qopqoq blokirovkasi	Himoya zanjiri ishlamasligi	Sinov natijasi, xato kodi

Ishonchlilik hisobida kuzatuv davri belgilanadi, so‘ng har bir uskuna bo‘yicha ish vaqti va nosozlik sanalari yig‘iladi. Kuzatuv tugagan paytda ayrim uskunalar hali nosozlikka uchramagan bo‘lsa, ularning kuzatuv vaqti ham saqlanadi; bu o‘ngdan senzurlangan kuzatuv deyiladi. Bunday ma’lumotlarni oddiy o‘rtacha bilan cheklamasdan, ishonchlilik tahliliga mos usul bilan baholash maqsadga muvofiq. Quyidagi misol faqat hisoblash usulini ko‘rsatish uchun shartli ravishda tuzilgan va real korxona o‘lchovlari emas. Faraz qilaylik, 5 ta bir xil sentrifuga kuzatuv davrida jami 6 000 soat ishladi va 4 ta nosozlik qayd etildi. Sodda baholash:

$$\mathbf{MTBF \approx 6\,000 / 4 = 1\,500 \text{ soat}}$$

Bu qiymat faqat kuzatuvdagi jami ish vaqti va nosozliklar soniga asoslangan soddalashtirilgan ko‘rsatkich. Nosozliklar orasidagi vaqtlar turlicha bo‘lsa yoki ayrim uskunalar kuzatuv yakunida hali ishlayotgan bo‘lsa, Weibull maksimal ehtimollik usuli yoki Kaplan–Meier kabi usullar aniqroq tahlil berishi mumkin.

Agar tiklashga sarflangan jami vaqt 40 soat va tiklashlar soni 4 ta deb faraz qilinsa, MTTR = 40/4 = 10 soat. Tayyorlik koeffitsiyenti A = 1 500/(1 500+10) ≈ 0,9934 yoki 99,34% bo‘ladi. Bu natija faqat shartli misolga tegishli; real uskuna uchun tayyorlik darajasi sifatida ishlatilmasligi kerak.

Model tanlashda ma’lumotlar soni, kuzatuv davomiyligi va nosozliklar tabiati tekshiriladi. Eksponensial model nosozlik intensivligi o‘zgarmas degan farazga tayanadi.

Weibull modeli esa β parametri orqali xavfning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini ifodalashi mumkin. Moslikni tekshirish uchun grafik taqqoslash, ehtimollik chizig‘i va statistik mezonlar qo‘llanadi. Yetarli ma’lumot bo‘lmasa, parametrlarni haddan tashqari aniqlik bilan ko‘rsatish asosli emas.

3-jadval

Ishonchlilikni baholashning tavsiya etiladigan bosqichlari

Bosqich	Bajariladigan ish	Natija
1	Ish vaqti va nosozliklarni qayd etish	Tekshirilgan ma’lumotlar
2	Nosozliklarni uzel va sabab bo‘yicha tasniflash	Nosozliklar reyestri
3	MTBF, MTTR va λ ni hisoblash	Bazaviy ko‘rsatkichlar
4	Eksponensial yoki Weibull modelini tanlash	Ishonchlilik funksiyasi
5	Modelni tekshirish va xizmat rejasini yangilash	Dalillarga asoslangan strategiya

Texnik xizmat strategiyasi nosozlik ehtimoli, to‘xtash oqibati, ehtiyot qismlar qiymati, tekshiruv xarajati va ishlab chiqarish yo‘qotishlarini birgalikda hisobga olishi kerak. Kalendar xizmatda ishlar belgilangan muddatda bajariladi. Holatga asoslangan xizmat (CBM) tebranish, harorat, moy yoki elektr parametrlaridagi o‘zgarishlarga qarab rejalashtiriladi. Prognozli xizmat (PdM) esa tarixiy va joriy ko‘rsatkichlarni tahlil qilib, nosozlik ehtimoli yoki qolgan foydali muddatni oldindan baholashga urinadi. ISO 17359:2018 monitoring parametrlarini, bazaviy darajani, ogohlantirish mezonlarini va diagnostika natijasiga qarab texnik chora tanlashni ko‘zda tutadi [3].

Sentrifugalarga oid adabiyotlarda xizmat strategiyasini matematik model asosida tanlash amaliyoti mavjud. Jardine va Kirkham sanoat shakar zavodidagi uzluksiz ishlaydigan sentrifugalar uchun rejasiz to‘xtashni kamaytirish maqsadida nosozlik taqsimotlarini Weibull usuli bilan tahlil qilgan [2]. Keith turidagi go‘shtni qayta ishlash zavodi sentrifugasi bo‘yicha ishda parametrik va parametrik bo‘lmagan ishonchlilik modellari hamda profilaktik xizmat modeli qo‘llangani bayon etilgan [1]. Bu ishlar yondashuvning amaliy qo‘llanishini ko‘rsatadi, biroq natijalarini barcha turdagi sentrifugalarga bevosita ko‘chirish mumkin emas.

4-jadval

Texnik xizmat strategiyalarining afzallik va cheklovlari

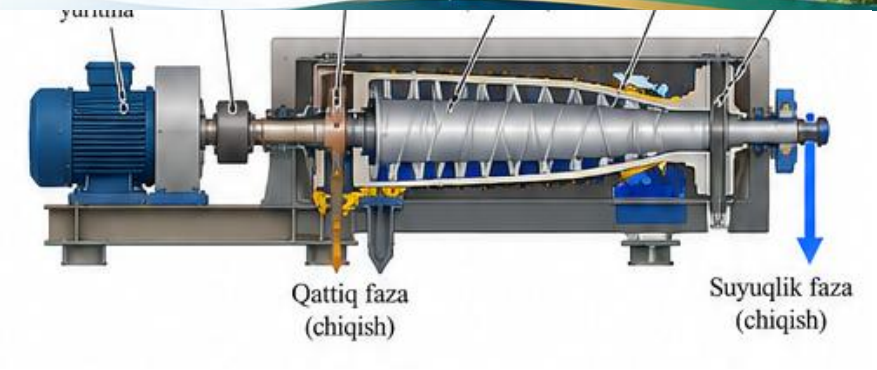
Strategiya	Qaror asosi	Afzalligi	Cheklovi
Reaktiv xizmat	Nosozlikdan keyin	Dastlabki rejalashtirish kam	Kutilmagan to‘xtash xavfi
Kalendar xizmat	Sana yoki ish vaqti	Tashkil etish oson	Yaroqli uzel erta almashtirilishi mumkin
CBM	Vibratsiya, harorat, ko‘rik	Alomatga qarab chora	Muntazam o‘lchov talab qiladi
PdM	Tarixiy ma’lumot va tendensiya	Qolgan resursni baholash imkoniyati	Sifatli ma’lumot va tekshirilgan model zarur

Strategiyalarni taqqoslash uchun yillik jami xarajat soddalashtirilgan holda quyidagicha yozilishi mumkin:

$$C_\gamma = C_p + N\boldsymbol{f} \cdot C\boldsymbol{f} + C\boldsymbol{d}$$

Bu yerda C_γ — yillik jami xarajat; C_p — profilaktik xizmat xarajati; $N\boldsymbol{f}$ — yil davomida kutiladigan nosozliklar soni; $C\boldsymbol{f}$ — bitta nosozlikning ta’mirlash va to‘xtash xarajati; $C\boldsymbol{d}$ — diagnostika va monitoring xarajati. Ishlab chiqarish to‘xtashi, mahsulot sifati, mehnat va ehtiyot qismlar xarajatlarini alohida ajratish qarorni aniqroq qiladi.

Sentrifuga apparatlari uchun tavsiya etiladigan yondashuv — kritik uzellarga ustuvorlik berish, bazaviy parametrlarni qayd etish va xizmat intervalini kuzatuv natijalari asosida qayta ko‘rib chiqishdir. Matematik model xizmatni rejalashtirishni qo‘llab-quvvatlaydi, ammo ishlab chiqaruvchi ko‘rsatmalaridagi xavfsizlik va servis talablarini almashtirmaydi. Rotorning ruxsat etilgan tezligi, qopqoq blokirovkasi va himoya tizimlari bo‘yicha talablarni chetlab o‘tish mumkin emas.



2-rasm. Sentrifuga apparatining kesim ko‘rinishidagi illyustratsiyasi

Birinchi bosqichda sentrifugalar muhimligi bo‘yicha guruhlanadi. Ishlab chiqarish jarayonini to‘xtatadigan, xavfsizlikka ta’sir qiladigan yoki zaxira uskunasi mavjud bo‘lmagan apparatlar yuqori kritik deb belgilanadi. Ikkinchi bosqichda har bir uzel uchun nazorat parametrlari tanlanadi: podshipnik uchun harorat va vibratsiya; rotor uchun vibratsiya, tezlik va balans holati; elektr yuritma uchun tok va harorat; muhrlar uchun oqish belgilari. Uchinchi bosqichda boshlang‘ich “sog‘lom” holat ma’lumotlari olinib, keyingi o‘lchovlar shu baza bilan solishtiriladi.

To‘rtinchi bosqichda ogohlantirish chegaralari ishlab chiqaruvchi ko‘rsatmasi, tegishli standartlar, uskuna modeli va real bazaviy o‘lchovlar asosida belgilanadi. Universal bitta vibratsiya yoki harorat chegarasini barcha sentrifugalarga qo‘llash to‘g‘ri emas. Beshinchi bosqichda kuzatuvlar vaqt qatoriga aylantirilib, keskin o‘zgarishlar va takrorlanuvchi ogohlantirishlar tahlil qilinadi. Oltinchi bosqichda xizmat rejasi yangilanadi va keyingi davrda qarorlar samarasi tekshiriladi.

5-jadval

Xizmat strategiyasini takomillashtirish bo‘yicha amaliy choralar

Yo‘nalish	Tavsiya	Baholash mezoni
Ma’lumotlar	Nosozlik va ta’mirlash jurnalini standartlash	To‘liq qayd etilgan hodisalar ulushi
Diagnostika	Vibratsiya, harorat va tok tendensiyalarini kuzatish	Ogohlantirish va tasdiqlangan nosozlik mosligi
Rejalashtirish	Intervalni kritik uzel va ish rejimiga moslash	Rejasiz to‘xtash soatlari
Ehtiyot qismlar	Ko‘p nosozlanadigan uzellar uchun zaxira	Ehtiyot qismni kutish vaqti
Natijani tekshirish	Oldingi va keyingi davrni solishtirish	MTBF, MTTR va xarajat dinamikasi

Keltirilgan matematik ifodalar sentrifuga ishonchliligini baholashda bir-birini to‘ldiradi. MTBF va MTTR texnik foydalanishning sodda ko‘rsatkichlarini beradi; R(t) muayyan vaqt oralig‘ida nosozliksiz ishlash ehtimolini baholashga xizmat qiladi. Weibull modeli nosozlik xavfining vaqt davomida o‘zgarishini ifodalashi mumkinligi sababli xizmat davriyligini belgilashda foydalidir. Biroq model aniqligi nosozliklar haqidagi ma’lumotlar miqdori, to‘liqligi va bir xil usulda qayd etilishiga bog‘liq.

Amaliyotdagi xatolardan biri - turli modeldagi yoki turli sharoitda ishlaydigan sentrifugalarning ma’lumotlarini bitta to‘plamga qo‘shib, yagona MTBF hisoblash. Aylanish tezligi, mahsulot turi, ish sikli, yuvish muhiti va yuklama nosozlik xavfiga ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli imkon qadar bir xil model va o‘xshash ekspluatatsiya sharoitidagi uskunalar alohida tahlil qilinadi. Nosozliklar kam bo‘lgan holatda parametrlar noaniqligi ham ko‘rsatilishi lozim.

Xizmat strategiyasini yaxshilash faqat sensor o‘rnatish bilan cheklanmaydi. Xodimlarning diagnostika tartibiga amal qilishi, ogohlantirishlarga javob berish tartibi, ehtiyot qismlar ta’minoti va bajarilgan ishlarning hujjatlashtirilishi ham muhim. Monitoring signali tekshiruvsiz yakuniy tashxis deb olinmasligi, balki qo‘shimcha

diagnostikaga asos bo‘lishi kerak. Natijadorlikni baholashda rejasiz to‘xtash soatlari, takroriy nosozliklar, MTBF, MTTR va xarajatlar birgalikda solishtiriladi.

Xulosa qilib aytganda, sentrifuga apparatlarining ishonchliligini matematik modellashtirish texnik xizmat strategiyasini dalillarga asoslangan holda takomillashtirish imkonini beradi. Buning uchun nosozliklar va ish vaqti bo‘yicha aniq jurnal yuritish, MTBF va MTTR ko‘rsatkichlarini hisoblash, ma’lumotlar xususiyatiga mos ravishda eksponensial yoki Weibull modelini tanlash zarur. Holatga asoslangan va prognozli xizmat strategiyalarini joriy etishda ishlab chiqaruvchi talablari, uskuna kritikligi va real kuzatuvlar asos qilib olinishi kerak. Keyingi amaliy bosqich sifatida bir xil turdagi sentrifugalar bo‘yicha ish vaqti, nosozlik sababi va tiklash muddati ma’lumotlarini yig‘ib, model parametrlarini real ma’lumotlar bilan baholash tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Reliability Analysis of Keith Centrifuge at a Meat Processing Plant in Windhoek, Namibia // International Journal of Engineering Research and Technology. — 2022. — URL: https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S1947932822000027
2. Jardine A. K. S., Kirkham A. C. J. Maintenance Policy for Sugar Refinery Centrifuges // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. — 1973. — Vol. 187, no. 1. — DOI: 10.1243/PIME_PROC_1973_187_058_02.
3. 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
4. Muayyan sentrifuga modeli uchun ishlab chiqaruvchi qo‘llanmasi va korxonaning ekspluatatsiya jurnali — real hisob-kitoblar uchun birlamchi manba