

AYLANUVCHI MEXANIZMLARNING ASOSIY TURLARI VA ULARDA KO'P UCHRAYDIGAN NOSOZLIKLAR

Ubaydullayev Utkirjon

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, Elektronika va avtomatika muhandisligi fakulteti, Axborotlarga ishlov berish va boshqarish tizimlari kafedrası, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: utkir2005@mail.ru

Elmira Rakhmanova

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, Elektronika va avtomatika muhandisligi fakulteti, Axborotlarga ishlov berish va boshqarish tizimlari kafedrası, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: raxmanovae07@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19736078>

Annotatsiya: Ushbu maqolada sanoat, transport, energetika va maishiy texnikada keng qo'llaniladigan aylanuvchi mexanizmlarning asosiy ko'rinishlari, ularning ishlash xususiyatlari hamda ekspluatatsiya jarayonida eng ko'p uchraydigan nosozliklar tahlil qilinadi. Aylanuvchi tugunlar deyarli har bir murakkab texnik tizimning yuragi bo'lib, ularning ishonchli ishlashi ishlab chiqarish uzluksizligi, energiya samaradorligi va xavfsizlik bilan bevosita bog'liq. Maqolada val va rotorlar, podshipnikli tayanchlar, tishli uzatmalar, muftalar, nasos va ventilyatorlarning aylanuvchi qismlari hamda elektr mashinalar rotor tizimlari izchil yoritiladi. Shuningdek, nomutanosiblik, markazlashuvning buzilishi, podshipnik yeyilishi, moylash tizimidagi nuqsonlar, tishli juftliklarning shikastlanishi, oqim bilan bog'liq buzilishlar va elektr-mexanik muammolar sabablari, belgilari hamda oldini olish yo'llari ilmiy-amaliy nuqtai nazardan bayon etiladi.

Kalit so'zlar: aylanuvchi mexanizm, rotor, val, podshipnik, mufta, tishli uzatma, vibratsiya, balanslash, markazlashuv, moylash, diagnostika.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РОТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ И ИХ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ

Убайдуллаев Уткиржон

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, факультет электроники и автоматики, кафедра систем обработки информации и управления, Ташкент, Узбекистан

E-mail: utkir2005@mail.ru

Элмира Рахманова

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, факультет электроники и автоматики, кафедра систем обработки информации и управления, Ташкент, Узбекистан

E-mail: raxmanovae07@gmail.com

Аннотация: В данной статье анализируются основные виды роторных механизмов, широко применяемых в промышленности, транспорте, энергетике и бытовой технике, включая их эксплуатационные характеристики и наиболее часто встречающиеся неисправности. Вращающиеся узлы являются «сердцем» практически каждой сложной технической системы, и их надежная работа напрямую связана с непрерывностью производства, энергоэффективностью и безопасностью. В работе представлен систематический обзор валов и роторов, подшипниковых опор, зубчатых передач, муфт,

вращающихся компонентов насосов и вентиляторов, а также роторных систем электрических машин. Кроме того, с научно-практической точки зрения рассматриваются причины, симптомы и методы предотвращения дисбаланса, расцентровки, износа подшипников, дефектов системы смазки, повреждений зубчатых пар, нарушений, связанных с потоком, и электромеханических проблем.

Ключевые слова: роторный механизм, ротор, вал, подшипник, муфта, зубчатая передача, вибрация, балансировка, центровка, смазка, диагностика.

MAIN TYPES OF ROTATING MECHANISMS AND THEIR COMMON FAULTS

Ubaydullayev Utkirjon

Islam Karimov Tashkent State Technical University, Faculty of Electronics and Automation Engineering, Department of Information Processing and Control Systems, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: utkir2005@mail.ru

Elmira Rakhmanova

Islam Karimov Tashkent State Technical University, Faculty of Electronics and Automation Engineering, Department of Information Processing and Control Systems, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: raxmanovae07@gmail.com

Abstract: This article analyzes the main types of rotating mechanisms widely used in industry, transport, energy, and household appliances, including their operational characteristics and the most common faults encountered during operation. Rotating assemblies are the heart of nearly every complex technical system, and their reliable performance is directly linked to production continuity, energy efficiency, and safety. The paper provides a systematic overview of shafts and rotors, bearing supports, gear drives, couplings, rotating components of pumps and fans, as well as rotor systems of electrical machines. Furthermore, the causes, symptoms, and prevention methods of imbalance, misalignment, bearing wear, lubrication system defects, gear set damage, flow-related failures, and electromechanical issues are discussed from a scientific and practical perspective.

Keywords: rotating mechanism, rotor, shaft, bearing, coupling, gear drive, vibration, balancing, alignment, lubrication, diagnostics.

KIRISH

Aylanish harakati texnika taraqqiyotining eng muhim tayanchlaridan biri hisoblanadi. Bugungi kunda nasos, ventilyator, kompressor, reduktor, elektr dvigatel, generator, stanok shpindeli va avtomobil agregatlari kabi ko‘plab qurilmalar aynan aylanuvchi mexanizmlar asosida ishlaydi. Ular energiyani uzatish, momentni o‘zgartirish, oqim hosil qilish, mexanik kuchni ishchi organga yetkazish kabi funksiyalarni bajaradi. Shu sababli bunday mexanizmlarning ishdagi barqarorligi butun texnologik tizim samaradorligiga ta’sir ko‘rsatadi.

Aylanuvchi tizimlarning o‘ziga xos tomoni shundaki, ular ko‘pincha yuqori tezlikda, uzluksiz yuklama ostida va murakkab ish muhitida faoliyat yuritadi. Natijada kichik ko‘rinadigan konstruktiv xatolik, noto‘g‘ri montaj, sifatli moylash yoki vibrouzatilishdagi o‘zgarish vaqt o‘tishi bilan jiddiy nosozlikka aylanadi. Avvaliga faqat shovqin yoki tebranish ko‘rinishida namoyon bo‘ladigan jarayon keyinchalik podshipnikning ishdan chiqishi, valning qiyshayishi yoki reduktorning sinishigacha olib kelishi mumkin.

Shu jihatdan aylanuvchi mexanizmlarni faqat konstruksiya nuqtai nazaridan emas, balki ularning ekspluatatsiya davomida qanday buzilishlarga moyil ekanini ham tahlil qilish zarur.

Mazkur maqolaning maqsadi aylanuvchi mexanizmlarning asosiy turlarini sodda va tizimli shaklda ko'rsatish, ularda eng ko'p uchraydigan nosozliklarning fizik mohiyatini ochib berish hamda bunday nosozliklarni erta aniqlash va oldini olish bo'yicha amaliy tavsiyalarni bayon etishdan iborat.

MATERIALLAR VA METODLAR

Aylanuvchi mexanizmlarda nosozlikni faqat buzilish sodir bo'lgandan keyin bartaraf etish yetarli emas. Zamonaviy texnik xizmat ko'rsatish tizimlari muammoni erta aniqlash va rejalashtirilgan profilaktika asosida ishlaydi. Bunday yondashuv uskuna resursini uzaytiradi, rejalashtirilmagan to'xtashlarni kamaytiradi va ta'mirlash xarajatlarini sezilarli qisqartiradi.



1-rasm. Aqlli monitoring tizimi

Diagnostikaning eng samarali usullaridan biri vibratsion nazoratdir. Vibratsiya spektrini tahlil qilish orqali nomutanosiblik, markazlashuv xatosi, podshipnik nuqsoni yoki tishli juftlikdagi buzilishlarni ancha erta aniqlash mumkin. Mazkur usul ayniqsa uzluksiz ishlaydigan sanoat agregatlarida katta amaliy samara beradi, chunki u nosozlik belgilarini buzilishning dastlabki bosqichidayoq ko'rsatib beradi.

Temperatura monitoringi ham muhim ahamiyatga ega. Termografiya yoki oddiy temperatura datchiklari yordamida podshipnik, mufta, reduktor va elektr mashinalardagi qizish o'choqlari aniqlanadi. Ko'pincha aynan qizish jarayoni ichki ishqalanish, moy yetishmovchiligi yoki elektr nosimmetriyani birinchi bo'lib oshkor qiladi.

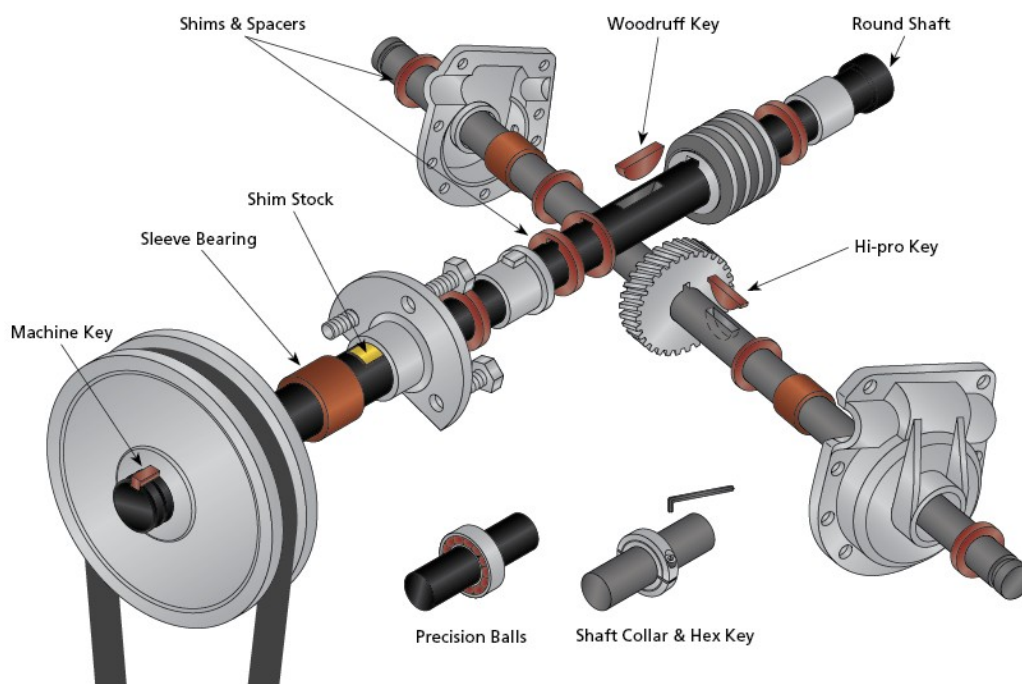
Moy tahlili esa aylanuvchi mexanizmlarning ichki holatini bilvosita baholash imkonini beradi. Moy tarkibidagi metall zarrachalar, ifloslanish darajasi va xossalarning o'zgarishi detallardagi yeyilish sur'ati haqida muhim ma'lumot beradi. Shu sababli yirik sanoat korxonalarida moy tahlili prediktiv xizmat ko'rsatishning ajralmas qismiga aylanib bormoqda.

Akustik nazorat, lazerli markazlash, val urishini o'lchash, elektr parametrlarni monitoring qilish va vizual ko'rik usullari birgalikda qo'llanganda diagnostika yanada ishonchli bo'ladi. Har bir usul biror muammoni yaxshiroq ko'rsatadi: masalan, vibratsiya mexanik nosozlikni, elektr monitoring esa elektromagnit notekislikni aniqroq ochib beradi. Demak, kompleks yondashuv eng to'g'ri yo'ldir.

Nosozliklarning oldini olishda to'g'ri montaj va markazlash birinchi o'rinda turadi. Agregat ishga tushirilishidan oldin poydevor qattiqligi, val o'qlari mosligi, mufta holati va muvozanatlash sifati tekshirilishi zarur. Keyingi bosqichda esa sifatli moylash, yuklamani me'yorida saqlash, g'ayritabiiy shovqinga e'tibor berish va datchiklar ko'rsatkichlarini muntazam yozib borish talab etiladi.

Bugungi kunda aqlli datchiklar va onlayn monitoring tizimlari aylanuvchi mexanizmlar ishonchliligini oshirishda yangi bosqichni boshlab berdi. Ular real vaqt rejimida tebranish, temperatura, aylanish tezligi va boshqa parametrlarni kuzatib, nosozlik xavfi haqida oldindan ogohlantirish beradi.

NATIJALAR



2-rasm. Aylanuvchi mexanizmlarning tarkibiy qismlari.

Aylanuvchi mexanizmlar vazifasi, ish rejimi va konstruktiv tuzilishiga ko'ra turli ko'rinishda bo'ladi. Amaliyotda ularni alohida-alohida ko'rib chiqish maqsadga muvofiq, chunki har bir turdagi mexanizmning nosozlikka moyilligi ham bir xil emas. Masalan, elektr mashinadagi rotor bilan nasosning ishchi g'ildiragi ikkalasi ham aylanuvchi qism bo'lsa-da, ularga ta'sir etuvchi yuklama, muhit va buzilish mexanizmi sezilarli farq qiladi.

Val va rotorli mexanizmlar eng asosiy guruhlardan biridir. Val odatda momentni bir tugundan boshqasiga uzatadi, rotor esa o'z o'qi atrofida aylanadigan faol element sifatida elektr mashinalar, turbinalar, kompressorlar va boshqa agregatlarda ishlaydi. Bu turdagi elementlarda geometrik aniqlik, massaning bir tekis taqsimlanishi va dinamik muvozanat katta ahamiyatga ega. Aks holda vibratsiya kuchayib, butun tizimning ishlash sifati pasayadi.

Podshipnikli tayanchlar esa aylanuvchi qismlarni korpusga nisbatan ma'lum holatda ushlab turadi va ishqalanishni kamaytiradi. Sirpanish va dumalash podshipniklari sanoatda eng ko'p uchraydigan tayanch yechimlaridir. Ularning xizmat muddati to'g'ri tanlangan yuklama, moylash sifati va ifloslanish darajasiga chambarchas bog'liq. Ko'p hollarda butun mexanizmning ishonchliligi aynan podshipnikning holati bilan belgilanadi.

Tishli uzatmalar va reduktorlar aylanish tezligini, momentni hamda harakat yo'nalishini o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Bunday mexanizmlar yuklama yuqori bo'lgan sanoat mashinalarida, transport vositalarida va ishlab chiqarish liniyalarida juda keng qo'llaniladi. Tish profilining aniqligi, markazlararo masofa va moylash sifati bu yerda hal qiluvchi omil bo'ladi.

Muftalar ham muhim guruh hisoblanadi. Ular ikki val orasida aylanishni uzatadi, ayrim hollarda esa kichik markazlashuv xatolarini qoplaydi yoki zarbani yumshatadi. Qattiq, elastik, tishli va gidravlik muftalarning qo'llanish sohasi turlicha bo'lsa-da, ularning barchasida momentni yo'qotishsiz uzatish va tugunlararo moslikni saqlash asosiy talab sanaladi.

Nasos, ventilyator va kompressorlarning aylanuvchi qismlari alohida e'tibor talab qiladi. Ishchi g'ildirak, impeller yoki parraklar nafaqat mexanik, balki aerodinamik va gidrodinamik yuklamalar ostida ham ishlaydi. Shu sababli bu turdagi mexanizmlarda yuzaga keladigan nosozliklar ko'pincha oqim xossalari bilan bog'liq bo'ladi.

Nihoyat, elektr dvigatel va generator rotor tizimlari mexanik aylanish bilan elektromagnit jarayonlar o'zaro bog'langan murakkab tugunlar sirasiga kiradi. Bunday agregatlarda nosozlikning sababi ba'zan mexanik ko'rinishda sezilsa-da, asl ildizi elektr notekisligi yoki izolyatsiya zaiflashuvida bo'lishi mumkin. Demak, aylanuvchi mexanizmlarni tahlil qilishda konstruktsiya va ish muhiti birgalikda hisobga olinishi lozim.

Ko'p uchraydigan nosozliklarning belgilari



3-rasm. O'lchov asboblari bilan jihozlangan qurilma.

Aylanuvchi mexanizmlardagi nosozliklar aksariyat hollarda birdan paydo bo'lmaydi. Ular sekin-asta shakllanadi va dastlab tebranishning ortishi, shovqinning kuchayishi, temperatura ko'tarilishi yoki quvvat sarfining oshishi orqali sezila boshlaydi. Agar shu bosqichda muammoning ildizi aniqlansa, katta xarajat va avariyaning oldi olinadi. Aks holda kichik buzilish butun agregatning ishdan chiqishiga sabab bo'lishi mumkin.

Eng keng tarqalgan nosozliklardan biri dinamik nomutanosiblikdir. Bu holat rotor massasining aylanish o'qiga nisbatan notekis taqsimlangani sababli yuzaga keladi. Natijada markazdan qochma kuchlar paydo bo'ladi va tayanchlarda vibratsiya ortadi. Ishchi g'ildirakka chang yopishib qolishi, parraklarning notekis yeyilishi yoki ishlab chiqarish aniqligining pastligi bunga sabab bo'lishi mumkin. Nomutanosiblik vaqtida tuzatilmasa, podshipnik resursi kamayadi va mahkamlash elementlari bo'shashadi.

Markazlashuvning buzilishi ham amaliyotda juda ko'p uchraydi. Ikki valning o'qlari bir chiziqda bo'lmaganda radial, burchakli yoki aralash turdagi markazlashuv xatosi paydo bo'ladi. Ko'pincha bunday holat noto'g'ri montaj, poydevorning cho'kishi, termik deformatsiya yoki muftaning notekis yig'ilishi natijasida yuz beradi. Belgi sifatida muftaning qizishi, vibratsiyaning

ikki karra komponenti kuchayishi, tayanchlarda ortiqcha yuklama va energiya yo'qotishining ortishi kuzatiladi.

Podshipnik yeyilishi aylanuvchi mexanizmlardagi eng tipik muammolardan biri hisoblanadi. Dastlab dumalovchi elementlar yo'lkachasida mikrocho'kishlar paydo bo'ladi, keyinchalik esa qirilish, koroziya, separatorning yemirilishi yoki moyning ifloslanishi natijasida jarayon tezlashadi. Nosoz podshipnik odatda shovqin, yuqori chastotali tebranish va temperaturaning ortishi bilan bilinadi. Agar u erta bosqichda almashtirilmasa, valning tiqilib qolishi yoki rotorning korpusga tegib ketishi kabi og'ir oqibatlar kelib chiqadi.

Moylash tizimidagi kamchiliklar ham ko'plab buzilishlarning yashirin sababi bo'ladi. Moy yetishmovchiligi, noto'g'ri viskozitet, eskirgan moydan foydalanish yoki moyga begona zarrachalar aralashishi ishqalanishni oshiradi. Natijada kontakt yuzalar qiziydi, yeyilish jadallashadi va mexanizmning foydali ish koeffitsienti pasayadi. Amaliy tajriba shuni ko'rsatadiki, ko'plab og'ir avariylarning boshlanish nuqtasi aynan moylash ishlariga e'tibor berilmagani bilan bog'liq.

Valning qiyshayishi va deformatsiyasi ham kam uchramaydi. Bu holat ortiqcha yuklama, montaj paytidagi urilish, transport jarayonidagi shikast yoki uzoq muddatli termik ta'sir oqibatida yuzaga kelishi mumkin. Egilgan valning aylanishi bir tekis bo'lmaydi, bu esa qo'shimcha tebranish, markazlashuvning yo'qolishi va mufta ishlashidagi nosozliklarni keltirib chiqaradi.

Tishli uzatmalarda esa tishlarning yeyilishi, sinishi, yuzaning qirilishi va bo'shliqning ortishi ko'p uchraydi. Bunga noto'g'ri yuklama taqsimoti, markazlararo masofa xatosi, yomon moylash yoki issiqlik ishlovi sifatizligi sabab bo'lishi mumkin. Bunday holatda reduktor shovqini o'zgaradi, moment uzatilishida notekislik paydo bo'ladi va korpusdagi vibratsiya kuchayadi. Shu bois bunday agregatlarni tahlil qilishda mexanik diagnostika bilan birga elektr parametrlar monitoringi ham muhim sanaladi.

MUHOKAMA

Yuqoridagi tahlil shuni ko'rsatadiki, aylanuvchi mexanizmlar turli konstruksiyaga ega bo'lsa-da, ularda kuzatiladigan nosozliklar o'zaro bog'liq omillar ta'sirida shakllanadi. Nomutanosiblik vibratsiyani kuchaytiradi, vibratsiya esa podshipnik va muftalarga qo'shimcha yuk beradi; moylashdagi kamchiliklar yeyilishni tezlashtiradi, markazlashuv xatolari esa energiya yo'qotishi va qizishni oshiradi. Demak, bitta kichik nuqson ko'pincha bir nechta ikkilamchi buzilishni ham keltirib chiqaradi.

Shu sababli aylanuvchi mexanizmlarni samarali boshqarish uchun faqat alohida detalni almashtirish bilan cheklanib bo'lmaydi. Masalaga tizimli qarash, ya'ni konstruksiya, montaj, yuklama, moylash, diagnostika va ekspluatatsiya ishlarini bir butun holda ko'rish zarur. Aynan shunday yondashuv uskunaning xizmat muddatini uzaytiradi, ishlab chiqarishning uzluksizligini ta'minlaydi va avariya xavfini kamaytiradi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, aylanuvchi mexanizmlarning asosiy turlarini va ularda ko'p uchraydigan nosozliklarni chuqur bilish muhandis, mexanik va texnik xodimlar uchun nafaqat nazariy, balki bevosita amaliy ahamiyatga ham ega. Texnik holatni muntazam nazorat qilish, erta diagnostika, sifatli moylash va to'g'ri markazlash kabi choralar ushbu mexanizmlarning ishonchli ishlashini ta'minlashning eng samarali yo'lidir.

ADABIYOTLAR

1. Qiu, Z., & Chen, J. (2020). "Real-Time Object Tracking Using Ultrasonic Sensors and Microcontroller Systems." *Sensors and Actuators A: Physical*, 305, 111921.

2. Li, B., & Zhao, Y. (2018). "Improved Trilateration Algorithm for Ultrasonic Indoor Positioning." *Sensors*, 18(11), 3667.
3. Borenstein, J., Everett, H. R., & Feng, L. (1996). *Navigating Mobile Robots: Sensors and Techniques*. A. K. Peters.
4. Pyo, S., & Choi, J. (2019). "Design of Low-Cost Ultrasonic Positioning System Using Two Sensors." *Measurement Science and Technology*, 30(8), 085104.
5. Arduino. (2023). HC-SR04 Ultrasonic Sensor Technical Specifications and Usage Guide. Arduino Documentation.
6. Python Software Foundation. (2023). Serial Communication with Arduino Using PySerial. Python.org Documentation.
7. Matplotlib Developers. (2022). Matplotlib: Visualization with Python. <https://matplotlib.org>
8. Numpy Developers. (2023). NumPy Reference Guide. <https://numpy.org>
9. Luo, H., & Huang, R. (2020). "Low-Cost Indoor Localization Based on Ultrasonic Time-of-Flight Measurements." *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69(11), 9142–9153.
10. Jeon, H., & Lee, D. (2022). "Fusion of Ultrasonic and Infrared Sensors for Enhanced Object Detection in Robotics." *Sensors*, 22(9), 3285.
11. Raj B., Jayakumar T., Thavasimuthu M. *Practical Non-Destructive Testing*. New Delhi: Woodhead Publishing India, 2002.
12. Hellier C. *Handbook of Nondestructive Evaluation*. New York: McGraw-Hill, 2013.
13. Randall R.B. *Vibration-based Condition Monitoring: Industrial, Aerospace and Automotive Applications*. Chichester: Wiley, 2011.
14. Mba D., Rao R.B.K.N. *Development of Acoustic Emission Technology for Condition Monitoring and Diagnosis of Rotating Machines*. Mechanical Systems and Signal Processing, 2006.
15. Mobley R.K. *An Introduction to Predictive Maintenance*. Amsterdam: Elsevier, 2002.
16. Donoho M., Pusey H. *Ultrasonic Inspection and Industrial Diagnostics*. London: CRC Press, 2010.
17. Sanaqulov Q., To'xtayev A. *Texnik diagnostika asoslari*. Toshkent: O'qituvchi, 2019.
18. Ismoilov B. *Sanoat uskunalarini diagnostika qilish usullari*. Toshkent: Fan va texnologiya, 2021.
19. Xudoyberdiyev A. *Mashina detallari va mexanizmlar nazariyasi*. – Toshkent: O'qituvchi, 2020.
20. Abdullayev R. *Mexanik uzatmalar va ularning ishonchliligi*. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021.
21. Shodmonov B. *Sanoat uskunalariga texnik xizmat ko'rsatish asoslari*. – Toshkent, 2019.
22. Bloch H., Geitner F. *Machinery Failure Analysis and Troubleshooting*. – Houston: Gulf Professional Publishing, 2012.
23. Randall R.B. *Vibration-based Condition Monitoring*. – Wiley, 2011.
24. Mobley R.K. *An Introduction to Predictive Maintenance*. – Elsevier, 2002.
25. Harris T., Kotzalas M. *Rolling Bearing Analysis*. – CRC Press, 2006.
26. Scheffer C., Girdhar P. *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. – Newnes, 2004.