“TEXNOLOGIK JIHOZLARNING ISHONCHLILIGINI STATISTIK TAHLIL QILISH”

Xamdamova Dilnoza Rahmatilla qizi
Andijon davlat texnika instituti “Texnologik mashinalar va jihozlar” kafedrasi stajyor-o‘qituvchisi
Tel: +998 93 707 07 66
E-mail: dxamdamova49@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0002-7700-6884

Annotatsiya. Ushbu maqolada texnologik jihozlarning ishonchliligini statistik tahlil qilishning nazariy va amaliy jihatlari o‘rganildi. Jihozlarning kutilgan xizmat muddati, nosozliklar chastotasi va ishlash ehtimoli baholandi, texnik xizmat ko‘rsatish intervallari optimallashtirildi. Weibull, Poisson va Exponential modellarining qo‘llanilishi, shuningdek Monte Carlo simulyatsiyalari jihozlarning eskirish jarayoni va nosozlik ehtimolini prognozlashga imkon berdi. Natijalar ishlab chiqarish jarayonlarini ilmiy asosda boshqarish va texnologik jihozlarning ekspluatatsion samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Texnologik jihozlar, ishonchlilik, statistik tahlil, kutilgan xizmat muddati, nosozliklar chastotasi, parametrik sezgirlik, eskirish jarayoni, Monte Carlo simulyatsiyasi, Weibull modeli, Poisson taqsimoti, texnik xizmat ko‘rsatish strategiyasi, ekspluatatsion optimallashtirish.

Аннотация. В статье исследованы теоретические и практические аспекты статистического анализа надежности технологических машин. Определены среднее время между отказами, частота отказов и вероятность работоспособности оборудования. Оптимизированы интервалы технического обслуживания. Применение моделей Вейбулла, Пуассона и экспоненциального распределения, а также симуляции Монте-Карло позволило прогнозировать процессы износа и вероятность отказов оборудования. Полученные результаты обеспечивают научную основу для управления производственными процессами и повышения эксплуатационной эффективности технологических машин.

Ключевые слова: Технологические машины, надежность, статистический анализ, среднее время между отказами, частота отказов, параметрическая чувствительность, процессы износа, симуляция Монте-Карло, модель Вейбулла, распределение Пуассона, стратегия технического обслуживания, оптимизация эксплуатации.

Abstract. This article investigates the theoretical and practical aspects of statistical reliability analysis of technological machines. The mean time between failures, failure rates, and operational reliability were evaluated, and maintenance intervals optimized. The application of Weibull, Poisson, and Exponential models, as well

ISSN 3030-3907

as Monte Carlo simulations, enabled the prediction of wear processes and failure probabilities. The results provide a scientific basis for managing production processes and enhancing the operational efficiency of technological equipment.

Keywords: Technological machines, reliability, statistical analysis, mean time between failures, failure rate, parametric sensitivity, wear processes, Monte Carlo simulation, Weibull model, Poisson distribution, maintenance strategy, operational optimization.

Kirish.

Texnologik jihozlarning ishonchliligi va barqaror ishlash qobiliyati zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarining iqtisodiy samaradorligi, xavfsizligi va energiya tejamkorligini ta’minlashda markaziy o‘rin tutadi. Ishlab chiqarish jarayonlarida jihozlarning nosozligi yoki texnik xizmat ko‘rsatishning yetarli darajada rejalashtirilmaganligi ishlab chiqarish liniyasining to‘xtashiga, mahsulot sifatining pasayishiga va operatsion xarajatlarning ortishiga olib keladi. Shu sababli texnologik jihozlarning ishonchliligini baholash va prognoz qilish zamonaviy muhandislik tadqiqotlarida ustuvor yo‘nalishlardan biri sifatida qaraladi.

Texnologik jihozlarning ish faoliyatini tahlil qilishda **statistik modellashtirish, ehtimollik nazariyasi, matritsali va energiyaviy yondashuvlar** muhim rol o‘ynaydi. Statistik tahlil yordamida nosozliklar va eskirish jarayonlari matematik tarzda ifodalanib, jihozlarning kutilgan xizmat muddati (MTBF), nosozliklar tezligi (Failure Rate, λ) va ishonchlilik funksiyalari aniqlanishi mumkin. Shuningdek, statistik modellar texnologik jarayonlarda yuzaga keladigan **tasodifiy yuklanishlar, mexanik va termal ta’sirlar, materiallarning eskirish xususiyatlari** kabi murakkab omillarni hisobga olish imkonini beradi.

O‘rganilgan tadqiqotlar ko‘rsatadiki, jihozlarning ishonchliligi nafaqat ularning individual xususiyatlariga, balki ishlab chiqarish liniyasining integratsiyalashgan tizimida yuzaga keladigan o‘zaro bog‘liqliklarga ham bog‘liq. Shu sababli, zamonaviy yondashuvlarda **Weibull, Poisson va Exponential taqsimotlari, Monte Carlo simulyatsiyalari, parametrik sezgirlik tahlillari** keng qo‘llaniladi. Ushbu usullar jihozlarning ish faoliyatidagi noaniqliklarni kvantifikatsiya qilish, texnik xizmat ko‘rsatish intervallarini optimallashtirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Mazkur maqola texnologik jihozlarning statistik tahlil usullari yordamida ishonchliligini baholash, nosozliklar sabablarini aniqlash va texnik xizmat strategiyalarini optimallashtirishga qaratilgan. Tadqiqotda yig‘ilgan eksperimental ma’lumotlar va matematik modellar birlashtirilib, texnologik jihozlarning kutilgan xizmat muddati va ish faoliyatining barqarorligini prognozlashning amaliy asoslari ishlab chiqildi.

ISSN 3030-3907

Material va metodlar. Tadqiqot obyekti sifatida ishlab chiqarish liniyasidagi asosiy texnologik jihozlar tanlandi, jumladan press mashinalari, konveyer tizimlari va maydalash agregatlari. Jihozlarning ish faoliyati bo‘yicha eksperimental ma’lumotlar yig‘ildi: ishlash vaqti, nosozliklar soni, texnik xizmat ko‘rsatish intervallari, yuklanish darajalari va operatsion parametrlar. Ma’lumotlar tizimli ravishda qayta ishlanib, statistik tahlil uchun tayyorlandi.

Jihozlarning ishonchliligini baholashda parametrik ehtimollik modellari va tasodifiy jarayonlarni modellashtirish asosiy metod sifatida qo‘llanildi. Nosozliklar soni va ularning vaqt bo‘yicha taqsimoti Poisson va Exponential modellar yordamida tahlil qilindi, eskirish jarayonlari va nosozlik ehtimoli esa Weibull taqsimoti bilan baholandi. Ushbu yondashuv jihozlarning ishlash muddati davomida yuzaga keladigan nosozliklarni matematik tarzda tavsiflash va prognozlash imkonini berdi.

Jihozlarning kutilgan xizmat muddati va nosozliklar tezligini aniqlash orqali texnik xizmat ko‘rsatish intervallari va optimal ekspluatatsiya rejimlari ishlab chiqildi. Shu bilan birga, parametrik sezgirlik tahlili jihozlarning ishonchliligiga eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi omillarni aniqlash imkonini berdi. Ushbu tahlil texnik xizmat intervallarini optimallashtirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qildi.

Statistik tahlilni kuchaytirish va real ish sharoitlariga yaqinlashish maqsadida Monte Carlo simulyatsiyalari qo‘llanildi. Bu usul orqali jihozlarning tasodifiy yuklanishlar, eskirish jarayoni va material xususiyatlaridagi noaniqliklar hisobga olindi. Simulyatsiyalar natijalari jihozlarning ishlash ehtimoli va nosozliklar taqsimoti uchun ishonchlilik intervallarini tasdiqladi.

Ma’lumotlarni vizual tahlil qilish uchun histogram, kumulyativ taqsimot va ish faoliyati grafiklari ishlatildi. Bu esa nosozliklarning tarqalishi, xizmat muddatining samaradorligi va parametrlarning o‘zaro bog‘liqligini aniqlashda qo‘llanildi. Tadqiqotda Python, Minitab va Excel dasturlari integratsiyalashgan holda ishlatilib, real vaqt monitoringi va raqamli egizak (digital twin) konsepti orqali ma’lumotlar chuqur tahlil qilindi.

Natijalar. Statistik tahlil natijalari texnologik jihozlarning ishonchliligini chuqur baholash imkonini berdi. Yig‘ilgan eksperimental ma’lumotlar asosida jihozlarning kutilgan xizmat muddati va nosozliklar chastotasi tahlil qilindi. Masalan, asosiy press mashinasining ishlash muddati davomida nosozliklar yuzaga kelish ehtimoli past bo‘lib, u ishlab chiqarish liniyasining barqaror ish faoliyatini ta’minlashda muhim omil ekanligi aniqlandi. Shu bilan birga, konveyer tizimlarida dastlabki ish vaqtida nosozliklar chastotasi nisbatan yuqori ekanligi kuzatildi, bu esa ishga tushirish va dastlabki sinov davrida qo‘shimcha texnik monitoringni talab qiladi.

ISSN 3030-3907

Weibull taqsimotiga asoslangan tahlillar ko‘rsatdiki, aksariyat jihozlar uchun eskirish jarayoni vaqt o‘tishi bilan ortadi, bu esa texnik xizmat ko‘rsatish intervallarini rejalashtirishda muhim ilmiy asos yaratadi. Ba’zi jihozlar uchun esa dastlabki ish davrida nosozlik ehtimoli yuqoriligi kuzatildi, bu ularning ishga tushirish va sozlash bosqichidagi xatoliklar yoki material xususiyatlaridagi o‘zgarishlar bilan bog‘liq.

Parametrik sezgirlik tahlili shuni ko‘rsatdiki, jihozlarning ishonchliligiga eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi omillar quyidagilar: ish yuklamasi, texnik xizmat intervallari, material xususiyatlari va ish sharoitidagi termal ta’sirlar. Ushbu natija jihozlarning ishlashini optimallashtirish va ekspluatatsion samaradorligini oshirish uchun muhim yo‘nalishlarni belgiladi.

Monte Carlo simulyatsiyalari orqali amalga oshirilgan tahlillar jihozlarning ishlash ehtimoli va nosozliklar tarqalishini tasdiqladi, shu bilan birga nosozliklar ehtimoli va xizmat muddatining noaniqlik intervallari aniqlanishi mumkin bo‘ldi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, statistik tahlil va simulyatsion yondashuvlar texnologik jihozlarning ekspluatatsion xususiyatlarini chuqur tahlil qilish va prognoz qilishda samarali vosita hisoblanadi.

Vizual tahlil natijalari ham jihozlarning nosozliklar tarqalishi va ishlash muddati bilan bog‘liq tendensiyalarni aniq ko‘rsatdi. Histogramlar va kumulyativ taqsimot grafigi orqali jihozlarning ishonchliligi turli ish sharoitlarida taqqoslandi. Ushbu yondashuv texnologik jihozlarning ekspluatatsion xususiyatlarini boshqarish, texnik xizmat ko‘rsatishni optimallashtirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun ilmiy asos yaratdi.

Muhokama. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, texnologik jihozlarning ishonchliligini statistik tahlil qilish zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarida samarali vosita hisoblanadi. Jihozlarning kutilgan xizmat muddati va nosozliklar chastotasini aniqlash orqali texnik xizmat ko‘rsatish intervallarini ilmiy asosda rejalashtirish mumkin. Bu esa ishlab chiqarish jarayonlarida nosozliklar sababli yuzaga keladigan to‘xtash va moliyaviy yo‘qotishlarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Weibull va Poisson modellarining qo‘llanilishi jihozlarning eskirish jarayoni va nosozliklar ehtimolini aniqlashga imkon berdi. Tahlil shuni ko‘rsatdiki, aksariyat jihozlar uchun nosozliklar ehtimoli ish vaqti ortishi bilan oshadi, bu esa ularning eskirish jarayoni bilan bog‘liq. Shu bilan birga, ba’zi jihozlar dastlabki ish davrida yuqori nosozlik ko‘rsatdi, bu ishga tushirish, sozlash va material xususiyatlaridagi noaniqliklar bilan izohlanadi.

Parametrik sezgirlik tahlili natijalari shuni ko‘rsatadiki, jihozlarning ishonchliligiga eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi omillar – ish yuklamasi, texnik xizmat ko‘rsatish intervallari, materiallarning mexanik xususiyatlari va ish sharoitidagi

ISSN 3030-3907

termal ta’sirlar. Ushbu faktlar texnologik jihozlarning ishlashini optimallashtirish va ekspluatatsion samaradorligini oshirish bo‘yicha muhim tavsiyalarni beradi.

Monte Carlo simulyatsiyalari orqali olingan natijalar esa tasodifiy yuklanishlar va jihozlarning eskirish jarayoni ta’sirini hisobga olish imkonini berdi, bu esa real ish sharoitlariga yaqin prognozlarni ishlab chiqishga yordam berdi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, statistik modellar va simulyatsiyalar kombinatsiyasi jihozlarning ekspluatatsion xususiyatlarini chuqur tahlil qilish, nosozliklarni oldindan aniqlash va texnik xizmat ko‘rsatish strategiyalarini optimallashtirishda samarali vosita hisoblanadi.

Shuningdek, vizual tahlillar va grafiklar jihozlarning ishlash tendensiyalarini aniq ko‘rsatdi, bu esa ishlab chiqarish jarayonlarida tezkor qarorlar qabul qilish va texnik xizmat ko‘rsatish strategiyalarini optimallashtirish imkoniyatini taqdim etdi. Shu yo‘l bilan, statistik tahlil texnologik jihozlarning ishonchliligini oshirish va ishlab chiqarish samaradorligini maksimal darajada ta’minlashga xizmat qiluvchi ilmiy asos sifatida namoyon bo‘ladi.

Xulosa. Mazkur tadqiqot texnologik jihozlarning ishonchliligini statistik tahlil qilishning nazariy va amaliy jihatlarini chuqur yoritdi. Jihozlarning kutilgan xizmat muddati, nosozliklar chastotasi va ishlash ehtimoli tahlil qilindi, shu orqali texnik xizmat ko‘rsatish intervallari va optimal ekspluatatsiya rejimlari ilmiy asosda aniqlanishi mumkinligi ko‘rsatildi.

Weibull, Poisson va Exponential modellarining qo‘llanilishi jihozlarning eskirish jarayoni va nosozliklar ehtimolini aniqlashga imkon berdi. Parametrik sezgirlik tahlili esa ishonchlilikka eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi omillarni ajratib, texnik xizmat ko‘rsatish va ekspluatatsion strategiyalarni optimallashtirish uchun ilmiy asos yaratdi. Monte Carlo simulyatsiyalari orqali olingan natijalar esa real ish sharoitlarida jihozlarning ishlash ehtimoli va nosozliklar taqsimotini aniqlashda qo‘llanilishi mumkinligini tasdiqladi.

Olingan natijalar zamonaviy ishlab chiqarish tizimlarida texnologik jihozlarning loyihalash, modernizatsiya va ekspluatatsiyasida ilmiy asos sifatida foydalanish imkonini beradi. Shu bilan birga, statistik tahlil va simulyatsion yondashuvlar jihozlarning ishonchliligini oshirish, nosozliklarni oldini olish va ishlab chiqarish samaradorligini maksimal darajada ta’minlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Modarres, M., Kaminskiy, M., & Krivtsov, V. (2017). *Reliability Engineering and Risk Analysis: A Practical Guide*. CRC Press.

2. O’Connor, P. D. T., & Kleyner, A. (2012). *Practical Reliability Engineering*. 5th Edition. Wiley.

ISSN 3030-3907

3. Meeker, W. Q., & Escobar, L. A. (2014). *Statistical Methods for Reliability Data*. 2nd Edition. Wiley.
4. Ebeling, C. E. (2010). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. 2nd Edition. McGraw-Hill.
5. Nelson, W. (2004). *Applied Life Data Analysis*. Wiley.
6. Modarres, M. (2006). *Reliability Engineering and Risk Analysis: A Practical Guide for Engineers*. CRC Press.
7. Blischke, W. R., & Murthy, D. N. P. (2000). *Reliability: Modeling, Prediction, and Optimization*. Wiley.
8. Elsayed, E. A. (2012). *Reliability Engineering*. 2nd Edition. Wiley.
9. Montgomeri, D. C., & Runger, G. C. (2014). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 6th Edition. Wiley.
10. Abernethy, R. B. (2009). *The New Weibull Handbook*. 5th Edition. Reliability Publishing Company.

ISSN 3030-3907