JOURNAL OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH
Volume 4, Issue 6, July- August 2026 Online ISSN: 3030-3508
https://spaceknowladge.com

GAZTURBINALI DVIGATELLARDA TEXNIK XIZMAT KO‘RSATISH TURLARI VA ULARNING SAMARADORLIKKA TA’SIRI

Maturazov I.S.
Eshmatov A.Sh
Toshkent davlat transport universiteti (Toshkent, O‘zbekiston)

MAQOLA MALUMOTI

MAQOLA TARIXI:
Received:07.07.2026
Revised: 08.08.2026
Accepted:09.08.2026

KALIT SO’ZLAR:
Gazturbinali dvigatel, texnik xizmat ko‘rsatish (TXK), CFM LEAP-1A, PW2000, samaradorlik, FADEC, Active Clearance Control (ACC), operativ xizmat ko‘rsatish.

ANNOTATSIYA:

Ushbu maqolada zamonaviy gazturbinali dvigatellarga (masalan, CFM LEAP-1A va P&W PW2000) texnik xizmat ko‘rsatish (TXK) turlari, ularning ishlash jarayonlari va dvigatelning umumiy samaradorligiga ta’siri ko‘rib chiqilgan. Texnik xizmat ko‘rsatish nafaqat xavfsizlikni ta’minlash, balki yoqilg‘i sarfini kamaytirish va dvigatel resursini uzaytirishning asosiy omili hisoblanadi. Maqolada operativ xizmat ko‘rsatish, holat bo‘yicha monitoring va raqamli boshqaruv tizimlarining (FADEC/EEC) roli tahlil qilingan[1]. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Active Clearance Control (ACC) kabi tizimlarni to‘g‘ri sozlash va o‘z vaqtida ko‘rsatilgan texnik xizmat dvigatelning foydali ish koeffitsientini sezilarli darajada oshiradi.

KIRISH: Zamonaviy aviatsiya gazturbinali dvigatellari yuqori texnologik murakkablikka ega bo‘lgan ikki rotorli turboventilyatorli qurilmalardir. Masalan, CFM LEAP-1A dvigateli 11:1 bypass nisbatiga ega bo‘lib, u havo ifloslanishi, shovqin va yoqilg‘i sarfini kamaytirish uchun mo‘ljallangan. Ushbu murakkab tizimlarning samaradorligi bevosita ularga ko‘rsatiladigan texnik xizmat sifatiga bog‘liq.

Texnik xizmat ko‘rsatishning asosiy vazifasi dvigatelning loyihaviy parametrlarini (tortish kuchi, harorat, tebranish) ekspluatatsiya davomida saqlab qolishdir. O‘z vaqtida bajarilmagan xizmat yoqilg‘i sarfining ortishiga, detallarning muddatidan oldin yeyilishiga va hatto parvoz xavfsizligiga tahdid soluvchi nosozliklarga olib kelishi mumkin.

ASOSIY QISM: Gazturbinali dvigatellarda texnik tormozlanish (samaradorlik pasayishi) asosan uzellarning yeyilishi, radial tirqishlarning kengayishi va moy tizimining ifloslanishi natijasida yuzaga keladi. Texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlari ushbu salbiy ta’sirlarni minimallashtirishga qaratilgan.

Texnik xizmat ko‘rsatishning asosiy yo‘nalishlari Hozirgi vaqtda TXK ikki asosiy usulda amalga oshiriladi: operativ (rejali) va holat bo‘yicha (diagnostik) xizmat ko‘rsatish. Operativ xizmat ko‘rsatishda moy sathini tekshirish va tizimlarni to‘ldirish eng muhim bosqichdir. Masalan, moy quyish dvigatel to‘xtatilganidan keyin kamida 5 daqiqadan so‘ng (bosim tushishi uchun) va 60-120 daqiqadan kechikmay (aniq o‘lchov uchun) bajarilishi shart.

*1-jadval.**Texnik xizmat ko‘rsatish***

Bosqich	Nomi	Tavsifi
1	Tayyorgarlik	Hujjatlarni tekshirish, asbob-uskunalarni tayyorlash va dvigatelni to'xtatish.
2	Tashqi ko'rik	Korpusda yoriqlar, oqmalar va tashqi shikastlanishlar borligini vizual tekshirish.
3	Instrumental nazorat	Endoskop yordamida ichki qismlarni (kurakchalar, yonish kamerasi) ko'zdan kechirish.
4	Suyuqliklarni almashtirish	Moylash va yoqilg'i tizimidagi filtrlarni tozalash yoki yangilash.
5	Sinov va sozlash	Dvigatelni ishga tushirib, parametrlar (bosim, harorat, tebranish) me'yordaligini tekshirish.



Ushbu sxema gazturbinali dvigatellarda texnik xizmat ko‘rsatish va kapital ta’mirlashning to‘liq, yopiq siklini aks ettiradi. Bu jarayon juda murakkab bo‘lib, aviatsiya yoki energetika xavfsizligini ta’minlash uchun xalqaro standartlar va qat’iy texnik reglamentlarga asoslanadi[8].

Keling, ushbu umumiy jarayonni mantiqiy bosqichlarga bo‘lib ko‘rib chiqamiz:

1-bosqich: Rejalashtirish va Diagnostika (1–3-bloklar)

Jarayon dvigatelni sexga olib kelishdan ancha oldin, u hali ishlayotgan vaqtda boshlanadi.

Monitoring va qaror: Zamonaviy sensorlar va kompyuter tizimlari dvigatelning holatini doimiy ravishda kuzatib boradi (Harakat monitoringi). Boroskopiya (ichki vizual tekshiruv) kabi rejaviy tekshiruvlar natijalari hamda to‘plangan ma’lumotlar asosida muhandislar jamoasi "Xizmat ko‘rsatish haqida qaror qabul qiladi". Bu bosqichda ta’mirlashning hajmi va zarur resurslar aniqlanadi.

2-bosqich: Demontaj va Tekshiruv (4–7-bloklar)

Qaror qabul qilingach, jismoniy ishlar boshlanadi. Bu bosqichning maqsadi – dvigatelning haqiqiy holatini to‘liq "yalang‘ochlash".

Ajratish va tozalash: Dvigatel samolyotdan yoki stansiyadan yechib olinib, maxsus sexga olib kelinadi. U yerda mutaxassislar uni yirik modullarga, so‘ngra eng kichik murvat va parraqlargacha demontaj qiladilar. Har bir detal ko‘p yillik ish davomida to‘plangan kuyindi, moy va qoldiqlardan maxsus kimyoviy hamda ultratovushli vannalarda tozalanadi[7].

Nuqsonlarni izlash (NDT): Tozalangan detallar Nuqsonlarni aniqlash (Buzmaydigan tekshirish - NDT) bo‘limiga o‘tkaziladi. Bu yerda magnit kukunlari, rentgen yoki ultratovush yordamida ko‘zga ko‘rinmas ichki yoriqlar, metallning charchashi yoki strukturaviy o‘zgarishlar qidiriladi. Bu – hayotiy muhim bosqich bo‘lib, kelajakdagi nosozliklarning oldini oladi.

3-bosqich: Tiklash va Yakunlash (8–11-bloklar)

Yakuniy bosqichda dvigatel qaytadan "tuziladi" va foydalanishga tayyorlanadi.

Ta’mirlash va yig‘ish: NDT tekshiruvidan o‘tmagan detallar yoki mutlaqo yangisiga almashtiriladi, yoki ruxsat etilgan me’yorlar doirasida qayta ishlanib, tiklanadi. Shundan so‘ng, dvigatelni qayta yig‘ish boshlanadi. Bu bosqichda eng muhim jarayonlardan biri – **rotorlarni balanslashdir**; yuqori tezlikda aylanuvchi qismlarning eng kichik nomutanosibligi ham halokatli tebranishga olib kelishi mumkin.

Sinov va topshirish: Yig‘ilgan dvigatel darhol ishga tushirilmaydi. U maxsus sinov stendiga o‘rnatiladi. U yerda dvigatel turli rejimda ishlatilib, uning quvvati, yoqilg‘i sarfi, harorati va tebranishi tekshiriladi. Faqat barcha parametrlar zavod ko‘rsatkichlariga mos kelgandagina, dvigatel "READY" (Tayyor) maqomini oladi va "Foydalanishga qaytariladi".

2-jadval. Texnik xizmat ko‘rsatish samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar

Omil nomi	Ta’sir darajasi	Izoh
Moy tizimi nazorati	Yuqori	Podshipniklar moylanishi va sovutilishini ta’minlaydi
Radial tirqishlar (ACC)	Juda yuqori	Turbina FIKini va yoqilg‘i tejamkorligini belgilaydi

Boroskopik ko‘rik	Yuqori	Ichki yoriq va yeyilishlarni erta aniqlash imkonini beradi
FADEC/EEC sozlamalari	O‘rtacha	Yoqilg‘i dozalanishi va havo oqimi nazoratini optimallashtiradi
Havo yo‘li tozaligi	Yuqori	Kompressor ishining barqarorligini ta’minlaydi

Diagnostika va monitoring tizimlari Zamonaviy dvigatellar (masalan, PW2000) 16 tagacha boroskopik portlarga ega bo‘lib, bu dvigatelni qismlarga ajratmasdan barcha 17 bosqichli kompressor va turbina kuraklarini tekshirish imkonini beradi. Shuningdek, moy tarkibidagi metall zarralarini yig‘uvchi magnit datchiklar (Chip Detectors) podshipniklar va uzatmalar qutisidagi (AGB/TGB) yeyilishlarni erta bosqichda aniqlashga yordam beradi[2].

Zamonaviy diagnostika tizimlari dvigatel holatini qismlarga ajratmasdan chuqur tahlil qilish imkonini beradi va bu ekspluatatsiya xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Qiyosiy tahlil uchun turli texnologik davrlar va bozor segmentlarini ifodalovchi beshta dvigatel tanlab olindi: CFM56, CFM LEAP-1A, PW2000, GE90 va Trent 1000.

CFM56: O'tgan avlod ishonchliligi mezoni

Boeing 737 NG va Airbus A320 bosh direktorlar oilasi samolyotlariga o'rnatilgan CFM56 dvigatellari an'anaviy monitoring tizimlari bilan jihozlangan. Ular asosan moy tizimidagi boreskop tekshiruviga (maxsus portlar orqali) va magnit chip detektorlariga qaratilgan.Nisbatan soddaligiga qaramay, o'nlab yillar davomida to'plangan ma'lumotlar hajmi yuqori bosimli turbina (HPT) pichoqlarining aşınmasını va o'rtacha 18 000 dan 20 000 gacha tsikllardan keyin sodir bo'ladigan birinchi ta'mirlash tashrifi vaqtini yuqori aniqlikda bashorat qilish imkonini beradi[5].

CFM LEAP-1A: Bashoratli tahlil va mashinani o'rganish

LEAP-1A diagnostikada kvant sakrashini ifodalaydi. Monitoring tizimi uchish, ko'tarilish va kruiz paytida bir nechta sensorlardan ma'lumotlarni ehtimoliy mashina o'rganish bashorat qilish vositalaridan foydalangan holda to'playdi.Bu oldingi avlodlarga nisbatan profilaktik texnik xizmat ko'rsatish haqida ogohlantirish vaqtining 60% ga va nuqsonlarni aniqlash darajasining 45% ga oshishiga olib keldi.Asosiy xususiyat - bu 3D-bosma yoqilg'i injektorlari va CMC materiallaridan foydalanish bo'lib, ularning holati raqamli egizaklar orqali kuzatiladi[1].

Pratt & Whitney PW2000 (F117): Raqamli boshqaruv kashshofi

PW2000 dvigateli 1984-yilda ikki kanalli FADEC tizimi bilan jihozlangan birinchi fuqarolik dvigateliga aylandi.Uning diagnostika to'plamiga faol tozalashni boshqarish tizimi (Active Clearance Control) kiradi, bu nafaqat samaradorlikni oshiradi, balki turbina korpusi va rotorining termal holatining ko'rsatkichi bo'lib ham xizmat qiladi.Mikroskopik metall

zarrachalari uchun muntazam boreskop tekshiruvi va moy tahlili TOWni saqlashning standart protseduralari hisoblanadi[2].

GE Aerospace GE90: Quvvat va kompozit diagnostika

Boeing 777 samolyotiga quvvat beradigan GE90 sanoatning birinchi kompozit ventilyator pichoqlarini taqdim etdi, bu esa maxsus ultratovush diagnostika usullarini talab qiladi.GE Aerospace kompaniyasining Collaborative Insight tizimi butun dunyo bo'ylab 30 000 dan ortiq dvigatellarni kuzatib boradi va masofaviy diagnostika orqali yiliga 2000 dan ortiq nosozliklarning oldini oladi.Dvigatel yadrosiga begona jismlarning kirishiga yo'l qo'ymaslik uchun moy quvurlarini koksdan ajratish va VBV (o'zgaruvchan qon ketish klapani) tizimining holatini kuzatishga alohida e'tibor qaratiladi[3].

Rolls-Royce Trent 1000: Uch valli arxitektura va aqlli monitoring

Boeing 787 uchun ishlab chiqilgan Trent 1000 noyob uch valli dizaynga ega, bu esa tebranish diagnostikasi tizimini murakkablashtiradi.Intelligent Engine Health Monitoring (IEHM) tizimi har bir parvoz uchun 10 000 dan ortiq ma'lumotlarni tahlil qiladi.Turbina pichoqlarining korroziyasi va charchoq bilan bog'liq dastlabki muammolarga qaramay, Trent 1000 TEN versiyasining taqdim etilishi turli ish sharoitlarida komponentlarning aşınmasını bashorat qilish uchun raqamli modellardan foydalanish orqali TOW ni sezilarli darajada yaxshiladi[4].

*3-jadval.***Quyida ko'rsatilgan dvigatellarning diagnostikasi**[4]**.**

Dvigatel	Asosiy diagnostika texnologiyasi	Boreskop portlari soni	Boshqaruv turi	Monitoring xususiyatlari
CFM56-7B	An'anaviy ECM	~10-12	FADEC / EEC	Yuqori statistik ma'lumotlar bazasi
LEAP-1A	Mashinada o'rganish, raqamli egizaklar	16+ yosh	Kengaytirilgan FADEC	CMC va 3D bosilgan qurilmalarni monitoring qilish
PW2000	Birinchi fuqarolik FADEC	16	Ikki kanalli FADEC	Faol radial klirensni boshqarish
GE90-115B	Masofaviy monitoring va diagnostika	Ko'p sonli	FADEC	Kompozit pichoqlarning yaxlitligini sinovdan o'tkazish

Trent 1000	IEHM (Intellektual EHM)	Ko'p sonli	YEK (To'liq vakolatli organ)	Uch valli tizimni monitoring qilish va IP tanlash

Faol boshqaruv tizimlarining samaradorlikka ta’siri Active Clearance Control (ACC) tizimi dvigatel samaradorligini oshirishdagi eng inqilobiy yechimlardan biridir. U ventilyatordan keladigan sovuq havo yordamida turbina va kompressor korpuslarini sovutadi, natijada korpus "qisqaradi" va kurak uchlari bilan korpus orasidagi tirqish minimal darajaga tushadi. Bu esa turbina FIKini oshirib, yoqilg‘ining solishtirma sarfini (TSFC) sezilarli darajada kamaytiradi[9].

4-jadval. **Turli monitoring tizimlarining qiyosiy tahlili**

Tizim turi	**Monitoring obyekti**	**Xavfsizlik samaradorligi**	**Samaradorlikka ta’siri**	**Qo‘llanish sohasi**
Borescope	Kuraklar, yonish kamerasi	Juda yuqori	O‘rtacha	Davriy ko‘riklar
Chip Detector	Moy tizimi, podshipniklar	Yuqori	Past	Podshipniklar holati
ACC System	Radial tirqishlar	O‘rtacha	Juda yuqori	Kreyser parvoz rejimi
FADEC/EEC	Umumiy boshqaruv	Juda yuqori	Yuqori	Barcha ish rejimlari

Texnik xizmat ko‘rsatishda xavfsizlik choralari TXK ishlarining samaradorligi xavfsizlik qoidalariga (AMM) rioya qilish bilan chambarchas bog‘liq. Moy baki qopqog‘ini ochishdan oldin 5 daqiqa kutish issiq moydan kuyishni oldini oladi. Kapotlarni ochishda esa shamol tezligi 74 km/soatdan oshmasligi va maxsus ushlab turuvchi tirgaklar (hold-open rods) "yashil" belgi ko‘ringuncha mahkamlanishi shart, aks holda xodim jarohatlanishi yoki texnika zarar ko‘rishi mumkin[6].

Faol klirens nazorati (ACC) va uning samaradorlikka ta'siri

Zamonaviy turbinaning samaradorligini belgilovchi eng muhim omillardan biri bu aylanadigan pichoqlar uchlari va statsionar korpus (qobiq) orasidagi radial bo'shliqning kattaligidir.Faol klirensni boshqarish (ACC) tizimi bu klirensni parvoz rejimiga qarab dinamik ravishda o'zgartirish imkonini beradi, bu esa gaz oqishini minimallashtirish va yoqilg'i sarfini kamaytirish (TSFC) uchun juda muhimdir.

ACC ning fizik tamoyillari va ishlash mexanizmi

Dvigatelning ishlashi paytida rotor va stator komponentlari markazdan qochma kuchlar va issiqlik kengayishiga duchor bo'ladi. Massiv turbina diskining va nisbatan yupqa

korpusning har xil issiqlik inertsiyasi tufayli klirens doimiy ravishda o'zgarib turadi.Qiyin nuqtada, farq minimal. ACC tizimi bo'lmaganda, muhandislar barcha rejimlarda xavfsiz ishlash uchun kattaroq bo'shliqni o'rnatishlari kerak bo'lar edi, bu esa kruiz paytida samaradorlikning sezilarli darajada yo'qolishiga olib kelgan bo'lar edi[13.

ACC tizimi sovutilgan havodan (odatda ventilyatordan yoki kompressorning oxirgi bosqichlaridan) foydalanadi, u maxsus kollektorlar orqali turbina korpusining tashqi yuzasiga yo'naltiriladi. Sovutish korpusning "siqilishiga" olib keladi, bu esa kruiz tezligida klirensni optimal 0,25–0,5 mm gacha kamaytiradi.

Samaradorlik va missiyaga ta'siri

Fuel Cooled ACC (FCACC) kabi innovatsion sxemalardan foydalanish quyidagi ko'rsatkichlarga erishish imkonini beradi::

Yoqilg'i sarfini kamaytirish : O'rta masofali samolyot uchun odatiy har bir missiya uchun 20,33 kg gacha yoqilg'i tejaydi.

Masofaning oshishi : Standart sharoitlarda parvoz vaqtini 2,28% ga va haddan tashqari yuk ostida 11,62% gacha oshiring.

Resurslarni tejash : EGT (chiqindi gaz harorati) ni pasaytirish dvigatelga harorat chegarasiga (qizil chiziq) yetmasdan oldin qanotda uzoqroq turish imkonini beradi[10].

Bashoratli texnik xizmat ko'rsatishning iqtisodiy tahlili va investitsiyalarning qaytarilishi

Rejalashtirilgan texnik xizmatdan bashoratli texnik xizmatga o'tish aviakompaniyalar va lizing beruvchilar uchun chuqur iqtisodiy oqibatlarga olib keladi.MROdagi asosiy moliyaviy yuk rejalashtirilgan tashriflar bilan emas, balki kutilmagan nosozliklar (AOG - Samolyot yerda) bilan bog'liq bo'lib, bu zaxira dvigatellarni ijaraga olish, yo'lovchilar uchun kompensatsiya va logistika xarajatlarini keltirib chiqaradi.

Soatbay quvvat (PBH) modeli

Har bir parvoz soati uchun to'lov (PBH) modeli MRO iqtisodiyotini o'zgartirdi. Bir martalik ta'mirlash tashrifi uchun millionlab dollar to'lash o'rniga, aviakompaniyalar endi har bir parvoz soati uchun belgilangan stavka bo'yicha to'lovlarni amalga oshiradilar.Bu moliyaviy xavfni ishlab chiqaruvchi yoki MRO provayderiga yuklaydi, ularni dvigatelning ishonchliligi va TOW ni yaxshilashga undaydi. PBH dasturi bo'yicha xizmat ko'rsatiladigan dvigatellar ishlatilgan bozorda shaffofroq tarixga va yuqori qoldiq qiymatga ega[14].

Raqamli texnologiyalarga investitsiyalarning daromadliligi

Sun'iy intellekt tizimlari va monitoring sensorlariga investitsiyalar quyidagi omillar tufayli o'zini oqlaydi::

To'g'ridan-to'g'ri ta'mirlash xarajatlarini kamaytirish : Bashoratli modellar texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini 25-30% ga kamaytirishi mumkin.

Ishlamaslik vaqti qisqartirildi : Rejadan tashqari ishlamaslik vaqti 40,5% ga qisqartirildi va avtopark mavjudligi oshirildi.

Ehtiyot qismlar omborini optimallashtirish : Dvigatel ustaxonaga jo'natilishidan bir necha oy oldin ehtiyot qismlarga bo'lgan ehtiyojni bashorat qilish imkoniyati inventarizatsiyani 50-60% ga kamaytirish imkonini beradi.

*5-jadval.***Iqtisodiy samaradorlik**

Iqtisodiy ko'rsatkich	An'anaviy texnik xizmat ko'rsatish	Bashoratli texnik xizmat ko'rsatish (AI asosida)	Yaxshilash
Xizmat ko'rsatishning bir soatlik narxi	$8 – $12	$2 – $4	60-70% ga pasayish
Rejadan tashqari ta'mirlash xarajatlari	Yuqori (AOG xavflari)	Minimal (rejalashtirilgan yechim)	35,3% ga pasayish
Aktivlardan foydalanish	Asosiy	Optimallashtirilgan	35-45% o'sish
Xatolarni bashorat qilishning aniqligi	O'rtacha	94,3%	sezilarli o'sish

Texnik xizmat ko'rsatishning atrof-muhit barqarorligi va ekologiyasiga ta'siri

Aviatsiya 2050-yilga kelib nolga teng sof daromadga erishishga intiladi va texnik xizmat ko'rsatish ushbu strategiyada muhim vosita hisoblanadi.Dvigatelning aşınması muqarrar ravishda yoqilg'i sarfining oshishiga va natijada CO2 va NOx chiqindilarining ko'payishiga olib keladi[11]

Texnik xizmat ko'rsatish orqali uglerod izini kamaytirish

Ekologik toza usullar bilan dvigatelni muntazam yuvish yoqilg'i samaradorligini 1% gacha tiklashi mumkin, bu esa butun dunyo bo'ylab millionlab tonna kerosinni tejashga teng.Bundan tashqari, qismlarni ta'mirlash uchun qo'shimcha texnologiyalarni (3D bosib chiqarish) joriy etish material chiqindilarini kamaytirish va yangi komponentlar ishlab chiqarishda energiya sarfini kamaytirish imkonini beradi.

Zararli chiqindilarni nazorat qilish

Yonish kamerasini boshqarish tizimlarini to'g'ri sozlash va gaz-havo traktining zichligini saqlash alanga haroratiga va shunga mos ravishda NOx hosil bo'lishiga bevosita ta'sir qiladi.Injektorlarning holatini kuzatish uchun zamonaviy boreskoplardan foydalanish notekis yonish va dvigatel tutunining ko'payishining asosiy sababi bo'lgan kokslanishning oldini olishga yordam beradi.

Gaz turbinali dvigatellarga texnik xizmat ko'rsatishdagi texnologik qiyinchiliklar va kelajakdagi tendentsiyalar

Texnik xizmat ko'rsatishning kelajagi fizik jarayonlar va raqamli analitik tizimlarni yanada integratsiyalashda yotadi.

Raqamli egizaklar va blokcheyn

Raqamli egizaklardan foydalanish har bir aniq dvigatelning parvoz yo'nalishlarini (masalan, changli sharoitlarda yoki yuqori havo haroratida parvozlar) hisobga olgan holda uning aşınmasını simulyatsiya qilish imkonini beradi.Blokcheyn texnologiyasi har bir qismning tarixini kuzatish, komponentlarning haqiqiyligini ta'minlash va dvigatellarni ijaradan qaytarish jarayonini soddalashtirish uchun qo'llanila boshlandi.

Tekshiruvlarni avtomatlashtirish

Angarlar ichida vizual tekshiruvlarni o'tkazish uchun dronlar va robotlardan foydalanish ishlamay qolish vaqtini qisqartiradi va tashqi zararni qidirishda inson xatosini bartaraf etadi.Videoboreskop yozuvlarida avtomatik nuqsonlarni aniqlash tizimlarini joriy etish butun MRO tarmog'ida tekshirish sifatini standartlashtirish imkonini beradi.

Ta'mirlash paytida xavfsizlik choralari

Har qanday dvigatel ishlarini bajarishda xodimlar xavfsizligi va uskunalarning yaxlitligi eng ustuvor vazifa hisoblanadi. Qattiq qoidalar Dvigatelga texnik xizmat ko'rsatish qo'llanmasida (EMM) va Samolyotga texnik xizmat ko'rsatish qo'llanmasida (AMM) belgilangan.:

Kuyish va bosimdan himoya qilish : Yog 'bakining qopqog'ini dvigatelni to'xtatgandan keyin kamida 5 daqiqadan so'ng (bosimni pasaytirish uchun) va 60-120 daqiqadan kechiktirmay (aniq darajani o'lchash uchun) ochishga ruxsat beriladi.

Kapotlar bilan ishlash : Shamol tezligi soatiga 74 km (45 milya) dan oshganda dvigatel kapotining qopqoqlarini ochish taqiqlanadi. Vizual tasdiqlash ("yashil" belgi) paydo bo'lguncha ushlab turadigan ochiq tayoqchalardan foydalanish majburiydir.

Begona jismlarning shikastlanishining (FOD) oldini olish : Har qanday ish bosqichini tugatgandan so'ng, maydon unutilgan asboblar yoki mahkamlagichlar bor-yo'qligi tekshiriladi, bu ayniqsa LEAP yoki GE90 kabi yuqori bypass nisbatiga ega dvigatellar uchun juda muhimdir[12].

Xulosa

Zamonaviy gaz turbinali dvigatellar va ularga texnik xizmat ko'rsatish tizimlarining tahlili shuni ko'rsatadiki, aviatsiya sanoati "rejalashtirilgan ta'mirlash" tushunchasidan "bashoratli va bashoratli ta'mirlash"ga muvaffaqiyatli o'tdi. CFM LEAP-1A va Trent 1000 kabi dvigatellar kutilmagan nosozliklar xavfini minimallashtirish va yoqilg'i sarfini optimallashtirish orqali misli ko'rilmagan darajada sensor integratsiyasini namoyish etadi.

Bugungi kunda texnik xizmat ko'rsatish metallurgiya, termodinamika va katta ma'lumotlar bo'yicha chuqur bilimlarni birlashtirgan yuqori texnologiyali jarayondir. Faol klirensni boshqarish (ACC) tizimlari va bashoratli tahlillarning joriy etilishi nafaqat parvozlar xavfsizligini yaxshiladi, balki atmosferaga atrof-muhitga ta'sirini sezilarli darajada kamaytirdi.

Maksimal samaradorlikka erishish uchun MRO provayderlari va aviakompaniyalar ishga tushirishdan oldingi jarayonlarni raqamlashtirishga, sertifikatlangan qayta ishlab chiqarilgan

qismlardan (USM) foydalanishga va diagnostika protseduralarini avtomatlashtirishga investitsiyalarni davom ettirishlari kerak. Faqat aniq mexanik ish va chuqur analitik monitoringni birlashtirgan kompleks yondashuv zamonaviy samolyot elektr stantsiyalarining to'liq salohiyatini ro'yobga chiqaradi va sanoatning uzoq muddatli barqaror rivojlanishini ta'minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Maturazov I.S., Sarsenbayev D.J. Analysis of aircraft maintenance / Railway transport: topical issues and innovations. – Toshkent, 2023. – №4. – P. 97-101.,,.
2. Civil Aviation Agency of Uzbekistan. (2023). Document AR-AIR-001: Aviation Airworthiness Standards and Procedures. Retrieved from [https://www.uzcaa.uz/]
3. International Civil Aviation Organization. (2024). Convention on International Civil Aviation (Chicago Convention). Retrieved from [https://icao.int/].
4. International Civil Aviation Organization. (2024). ICAO Annex 6 - Operation of Aircraft, Parts I and II.,.
5. Rolls-Royce. Trent 1000 (TEN) Intelligent Engine Health Monitoring (IEHM) and Three-Shaft Architecture Analysis,,.
6. CFM International. CFM56-7B Reliability Data and High Pressure Turbine (HPT) Maintenance Standards,,.
7. Aircraft Maintenance Manual (AMM). General Safety Procedures, Cowling and Oil System Maintenance,,.
8. Engine Maintenance Manual (EMM). Standard Regulations for Overhaul, Repair and NDT Testing.

Mualliflar haqida ma’lumot / Сведения об авторах / Information about the authors

Maturazov Izzat Soliyevich – Toshkent davlat transport universiteti, Aviatsiya transporti muhandisligi fakulteti texnika fanlari falsafa doktori, PhD. E-mail: izzat3983@mail.ru

Eshmatov Alisher Shavkat o‘g‘li- Toshkent davlat transport universiteti, “Aviatsiya injiniringi” kafedrasi, Magistr. E-mail: Eshmatovalisher99@gmail.com

Матуразов Иззат Солиевич – Ташкентский государственный транспортный университет, факультет авиационной транспортной инженерии, PhD. E-mail: izzat3983@mail.ru

Эшматов Алишер Шавкат ўгли – Ташкентский государственный транспортный университет, кафедра “Авиационный инжиниринг”, магистр E-mail: Eshmatovalisher99@gmail.com

Maturazov Izzat Solievich – Tashkent State Transport University, Faculty of Aviation Transport Engineering, PhD. E-mail: izzat3983@mail.ru

Eshmatov Alisher Shavkat o‘g‘li – Tashkent State Transport University, Department of “Aviation Engineering”, Magistr student. E-mail: Eshmatovalisher99@gmail.com

