

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 2, 2026 vol. 3

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 3, ISSUE 2

JUNE, 2026



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 3, ISSUE 2 JUNE, 2026

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Analysis of remote real-time monitoring of the technical condition of aircraft engines based on IoT systems

I.S. Maturazov¹^a, A.B. Turdimurodov¹^b, S.I. Otaboev¹^c

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Post-flight maintenance is a key factor in flight safety, influencing the reliability and longevity of aircraft. With the advancement of aviation technologies, maintenance requirements are becoming more stringent to ensure compliance with regulations and prevent failures. Maintenance procedures include external inspections, engine diagnostics, fluid checks, and flight data analysis to identify potential risks. However, language barriers and communication challenges in international teams can lead to errors. These issues can be addressed through multilingual training, the use of AI for translation, and standardized protocols. Additionally, modern technologies such as artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), drones, and augmented reality (AR) contribute to predictive maintenance by integrating traditional methods with innovative solutions, ultimately enhancing flight safety.

Keywords: maintenance, repair, reliability, safety, airworthiness, communication

IoT tizimlari asosida aviatsiya dvigatellarning real vaqtdagi texnik holatini masofaviy monitoringining tahlili

Maturazov I.S.¹^a, Turdimurodov A.B.¹^b, Otaboyev S.I.¹^c

¹Toshkent davlat transport universiteti, Tashkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada aviatsiya dvigatellarining texnik holatini nazorat qilish tizimlarida zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, xususan, Internet of Things (IoT) va sun'iy intellekt elementlaridan foydalanish masalalari tahlil qilinadi. An'anaviy bort nazorat tizimlarining cheklovlari ko'rib chiqilib, real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ish, uzatish va tahlil qilishga asoslangan yangi yondashuvlar taklif etiladi. IoT asosidagi monitoring tizimlarining arxitekturasi, ishlash prinsiplari va ularning aviatsiya xavfsizligi hamda texnik xizmat ko'rsatish samaradorligiga ta'siri ilmiy jihatdan asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: IoT, aviatsiya dvigatellari, real vaqt monitoringi, masofaviy diagnostika, texnik holat nazorati, prognozli texnik xizmat, PHM tizimlari

1. Kirish

Aviatsiya texnikasining ishonchligi va xavfsizligi zamonaviy fuqaro aviatsiyasining eng muhim talablaridan biridir. Samolyot dvigatellari murakkab mexanik va elektron tizimlardan tashkil topgan bo'lib, ularning texnik holatini doimiy ravishda nazorat qilish parvoz xavfsizligini ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega. An'anaviy nazorat tizimlari asosan bortdagi "qora quti" qurilmasiga asoslanib, ma'lumotlar parvoz yakunlangandan keyin tahlil qilinadi. Bunday yondashuv nosozliklarni erta aniqlash imkoniyatini cheklaydi.

So'nggi yillarda IoT texnologiyalarining jadal rivojlanishi aviatsiya sohasida ham yangi imkoniyatlarni ochib berdi. Real vaqt rejimida masofadan monitoring qilish, katta hajmdagi ma'lumotlarni bulutli platformalarda qayta ishlash va sun'iy intellekt yordamida tahlil qilish dvigatellarning texnik holatini samarali boshqarishning zamonaviy yo'nalishiga aylandi.

Hozirgi kunda samolyotlarda o'rnatilgan dvigatel monitoring tizimlari asosan parvoz paytida asosiy


parametrlarni qayd etish va ularni bort xotirasida saqlashga mo'ljallangan. Bunday tizimlar dvigatel harorati, bosim ko'rsatkichlari, yoqilg'i sarfi, vibratsiya darajasi hamda aylanish tezligi kabi parametrlarni nazorat qiladi. Biroq amaldagi tizimlar quyidagi kamchiliklarga ega:

- ma'lumotlar real vaqt rejimida yer stansiyasiga uzatilmaydi;
- nosozliklar faqat parvozdan keyin aniqlanadi;
- katta hajmdagi ma'lumotlarni uzatish qimmatga tushadi;
- diagnostika asosan reallik xarakterga ega bo'lib, prognozlash mexanizmlari yetarli darajada rivojlanmagan. [1; 2].

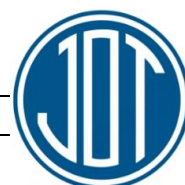
2. Tadqiqot metodologiyasi

Asosiy qism. IoT asosidagi aviatsiya dvigatellarini monitoring qilish

^a <https://orcid.org/0009-0003-4781-1601>

^b <https://orcid.org/0009-0003-6438-3960>

^c <https://orcid.org/0009-0008-7258-7361>



Shu sababli dvigatel holatini masofadan, uzluksiz va avtomatlashtirilgan tarzda kuzatishga asoslangan yangi tizimlarni joriy etish dolzarb vazifaga aylandi.

Internet of Things (IoT) texnologiyasi noyob IP-manzilga ega qurilmalar o'rtasida uzluksiz axborot almashish imkonini beradi. Aviatsiyada IoT platformalaridan foydalanish quyidagi imkoniyatlarni yaratadi:

- bort sensorlaridan kelayotgan ma'lumotlarni real vaqt rejimida yig'ish;
- ularni simsiz aloqa kanallari orqali yer stansiyasiga uzatish;
- markazlashtirilgan serverlarda saqlash va tahlil qilish;
- nosozliklarni oldindan bashorat qilish;
- texnik xizmat ko'rsatishni optimallashtirish.

IoT tizimlari kam quvvat sarflashi, uzoq masofaga ma'lumot uzata olishi va integratsiyalashuv darajasining yuqoriligi bilan ajralib turadi.

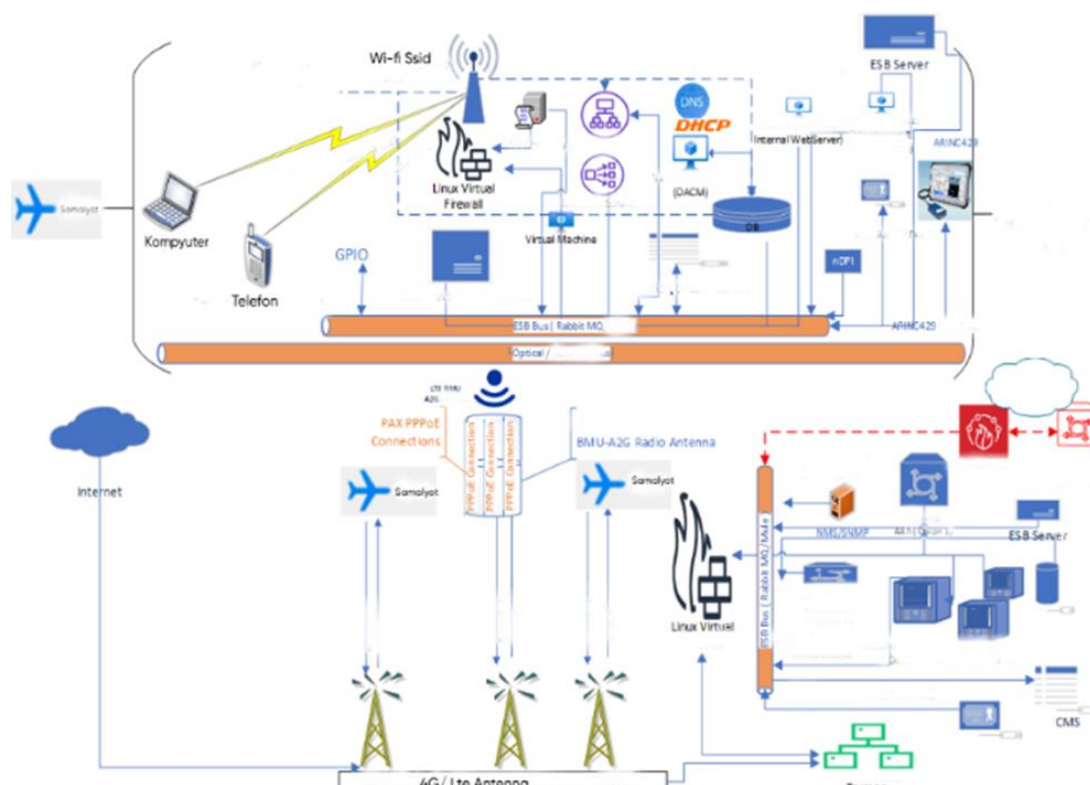
Aviatsiya dvigatellarining texnik holatini real vaqt rejimida masofadan monitoring qilishda eng muhim masalalardan biri – bort tizimlaridan olingan ma'lumotlarni

ishonchli, uzluksiz va tezkor ravishda yer stansiyalariga uzatish hisoblanadi. Zamonaviy samolyotlarda juda ko'p sonli sensorlar o'rnatilgan bo'lib, ular dvigatel va boshqa muhim tizimlarning ishlash parametrlarini doimiy ravishda qayd etib boradi. Ushbu ma'lumotlarni samarali uzatish uchun hozirgi kunda asosan ikki turdagi aloqa texnologiyalari qo'llaniladi:

1) Yer-Havo (Air-to-Ground, ATG) aloqa texnologiyasi;

2) Sun'iy yo'ldoshga asoslangan aloqa tizimlari.

Yer-Havo aloqa texnologiyasi samolyotlarni yer ustida joylashgan mobil aloqa minoralari va maxsus yer stansiyalari orqali internet tarmog'iga ulashga asoslanadi. Bunda samolyot bortiga o'rnatilgan antenna yer usti aloqa tarmoqlari bilan bevosita ma'lumot almashadi. Mazkur texnologiyaning eng mashhur namunalaridan biri sifatida Gogo kompaniyasining ATG tarmog'ini keltirish mumkin. Ushbu tizim, ayniqsa, AQSh hududida ichki parvozlarni axborot bilan ta'minlashda hozirda keng qo'llanilmoqda.



1- rasm. Yer-Havo (Air-to-Ground, ATG) aloqa texnologiyasi

IoT asosidagi monitoring tizimining samaradorligi va amaliy qo'llanilishi

Yer-Havo aloqa texnologiyasining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

- tizimni joriy etish va ekspluatatsiya qilish xarajatlarning nisbatan arzonligi;
- mavjud mobil aloqa infratuzilmasidan foydalanish imkoniyati;
- bort uskunalarning nisbatan soddaligi va engilligi;

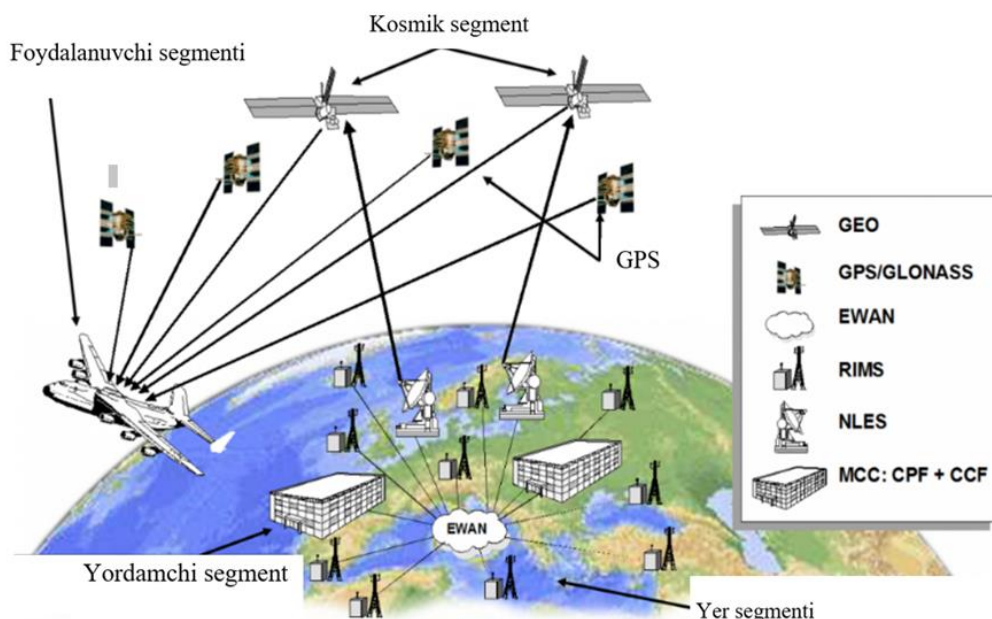
- ma'lumot uzatish tezligining ko'plab operatsion vazifalar uchun yetarli darajada yuqoriligi.

Biroq ushbu texnologiyaning bir qator cheklovlari ham mavjud. Eng asosiy kamchiligi shundaki, aloqa faqat yer usti minoralari qamrovi mavjud bo'lgan hududlarda ta'minlanadi. Shu sababli okeanlar ustidan yoki uzoq cho'l hududlari bo'ylab amalga oshiriladigan parvozlarda aloqa sifati keskin pasayadi yoki butunlay yo'qoladi. Bundan tashqari, bir vaqtning o'zida ko'plab samolyotlardan katta hajmdagi ma'lumotlarni uzatish zarur bo'lganda tarmoq o'tkazuvchanligi yetarli bo'lmasligi mumkin.



Sun'iy yo'ldoshga asoslangan aloqa tizimlarining havo vositasida Wi-Fi yaratishning asosan ikkita usuli mavjud. Aviatsiya sohasida eng keng tarqalgan va istiqbolli

yechimlardan biri – sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlaridan foydalanishdir.



2- rasm. Sun'iy yo'ldoshga asoslangan aloqa tizimi

Mazkur texnologiya samolyot bortidagi ma'lumotlarni Yer orbitasida joylashgan sun'iy yo'ldoshlar orqali to'g'ridan-to'g'ri yer stansiyalariga uzatishga imkon beradi. Bu usul global qamrovni ta'minlashi bilan ajralib turadi va parvoz yo'nalishidan qat'i nazar barqaror aloqani kafolatlaydi. Sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlari odatda uch asosiy chastota diapazonida ishlaydi:

- L-diapazon – nisbatan past tezlikka ega bo'lsada, signal barqarorligi juda yuqori bo'lib, ob-havo sharoitlariga kam sezgir hisoblanadi;

- Ku-diapazon – o'rtacha tezlik va yuqori sifatli ma'lumot uzatishni ta'minlaydi, ko'plab aviakompaniyalar tomonidan keng qo'llaniladi;

- Ka-diapazon – eng zamonaviy va yuqori o'tkazuvchanlikka ega diapazon bo'lib, bir samolyot uchun 20–40 Mbps va undan yuqori tezliklarda ma'lumot uzatish imkonini beradi.

Sun'iy yo'ldosh texnologiyasining asosiy afzalliklari:

- global qamrov va uzluksiz aloqa imkoniyati;
- katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida uzatish;

- okeanlar, tog'li va chekka hududlarda ham barqaror ishlash;

- IoT asosidagi monitoring tizimlari uchun yetarli o'tkazuvchanlik.

Shu bilan birga, ushbu tizimlarning kamchiliklari sifatida bort uskunalarining nisbatan yuqori narxi, xizmat ko'rsatish xarajatlarining kattaligi va ayrim hollarda signal kechikishining mavjudligini ko'rsatish mumkin. Aviatsiya dvigatellarini masofaviy monitoring qilish tizimini loyihalashda ma'lumot uzatish texnologiyasini tanlash quyidagi omillarga bog'liq:

- uzatilishi zarur bo'lgan ma'lumotlar hajmi;

- real vaqt rejimi talablari;
- parvoz yo'nalishlarining geografik xususiyatlari;
- iqtisodiy samaradorlik;
- tizimning ishonchligi va xavfsizlik talablari.

Amaliyotda ko'pincha gibril yondashuv qo'llanilib, quruqlik ustidagi parvozlarda Yer–Havo texnologiyasi, uzoq masofali va okean orqali parvozlarda esa sun'iy yo'ldosh aloqasi birgalikda ishlatiladi. Bunday integratsiyalashgan tizim IoT asosidagi dvigatel monitoringi uchun eng maqbul va ishonchli yechim hisoblanadi.

O'rganilgan mavjud monitoring va diagnostika tizimlarining tahlili shuni ko'rsatadiki, aviatsiya dvigatellarining texnik holati bo'yicha doimiy va sifatli ma'lumotlarni real vaqt rejimida olish murakkab texnologik jarayon hisoblanadi. Amaldagi tizimlarda axborot almashinuvi ko'pincha aloqa kanallarining barqaror emasligi, ma'lumot uzatish tezligining yetarli darajada bo'lmashligi yoki aloqa infratuzilmasining qimmatligi sababli cheklangan bo'ladi. Bundan tashqari, ayrim hollarda uzatish jarayonida ma'lumotlarning yo'qolishi yoki uzilishlar yuzaga kelishi tizimning samaradorligini pasaytiradi. Shu sababli, zamonaviy IoT texnologiyalari asosida yig'ilgan ma'lumotlarni kompleks tahlil qilish va ulardan foydalangan holda yangi avlod diagnostika tizimlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Bunday tizimlar havo kemasi va uning dvigatellarida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan nosozliklarni parvoz jarayonining o'zida aniqlash, ularni oldindan bashorat qilish hamda texnik xizmat ko'rsatish jarayonlarini optimallashtirish imkonini beradi.

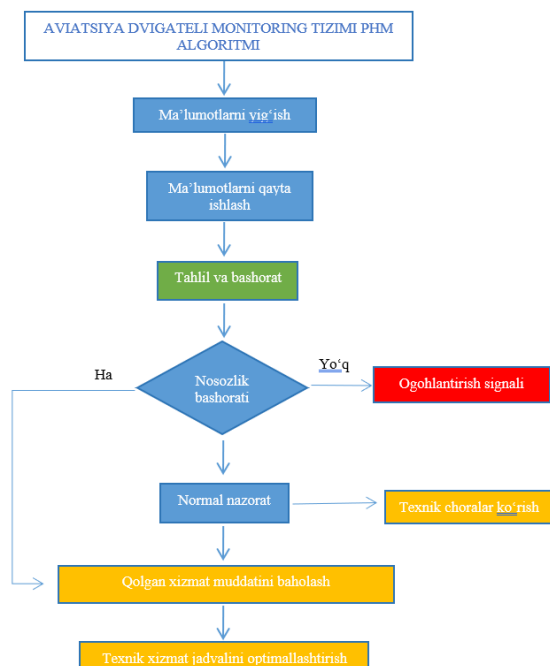
Taklif etilayotgan IoT asosidagi aviatsiya dvigateli monitoring tizimi bir qator muhim apparat va dasturiy komponentlarni o'z ichiga oladi. Tizimning asosini dvigatelning ish holatini tavsiflovchi parametrlarni o'lchovchi turli xil sensorlar tashkil etadi. Xususan, harorat,



bosim, yoqilg'i darajasi, vibratsiya va tezlanish sensorlari dvigatelning real vaqtidagi holatini uzluksiz nazorat qilib boradi. Ushbu sensorlardan kelayotgan ma'lumotlar markaziy boshqaruv elementi – mikrokontroller yordamida yig'iladi va dastlabki qayta ishlashdan o'tkaziladi. Amaliy loyihalarda bunday vazifalar uchun ko'pincha ARM LPC2148 turidagi mikrokontrollerlardan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Yig'ilgan ma'lumotlarni masofadan uzatish uchun tizimda ESP8266 kabi Wi-Fi moduli qo'llaniladi. Mazkur modul sensorlardan olingan ma'lumotlarni simsiz aloqa kanallari orqali bulutli serverlarga yoki yer stansiyasidagi monitoring markaziga uzatishni ta'minlaydi. Bundan tashqari, samolyotning aniq joylashuvini aniqlash va monitoring ma'lumotlari bilan integratsiya qilish maqsadida GPS qurilmasi tizim tarkibiga kiritiladi. Tizimning dasturiy qismi esa bulutli server va veb-interfeysdan iborat bo'lib, u real vaqt rejimida kelayotgan ma'lumotlarni saqlash, vizualizatsiya qilish hamda tahlil qilish imkonini beradi. Veb-interfeys orqali operatorlar dvigatel parametrlarini kuzatishi, nosozliklar haqida tezkor xabarnomalar olishi va zarur hollarda tegishli qarorlar qabul qilishi mumkin. Sensorlardan olingan ma'lumotlar mikrokontroller orqali qayta ishlanib, IoT tarmog'i yordamida yer stansiyasidagi veb-platfomaga uzatiladi. Barcha parametrlar real vaqt rejimida aks ettiriladi hamda ma'lumotlar bazasida saqlanadi.

Taklif etilayotgan tizimning eng muhim jihataridan biri – Prognostics and Health Management (PHM) yondashuvining qo'llanilishidir. Ushbu yondashuv qurilmalarning qolgan xizmat muddatini bashorat qilish, ehtimoliy nosozliklarni oldindan aniqlash, texnik xizmat ko'rsatish jadvalini optimallashtirish hamda rejasiz ta'mirlar sonini kamaytirish imkonini beradi. Ma'lumotlarga asoslangan tahlil algoritmlari yordamida har bir nazorat parametri uchun kritik chegaralar belgilanadi va ushbu chegaralar buzilgan hollarda tizim avtomatik ravishda ogohlantirish signallarini shakllantiradi.



3- rasm. Taklif etilayotgan tizimning algoritmi

IoT asosidagi masofaviy monitoring tizimi aviatsiya sohasida muhim amaliy ahamiyatga ega bo'lib, parvoz xavfsizligini oshirish, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish, dvigatel resursidan samarali foydalanish hamda nosozliklarni erta bosqichda aniqlashni ta'minlaydi. Bundan tashqari, ekspluatatsiya jarayonlarini to'liq raqamlashtirish va real vaqt rejimidagi ma'lumotlar asosida favqulodda vaziyatlarda tezkor va asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini yaratadi.

3. Xulosa

O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, IoT texnologiyalarini aviatsiya dvigatellarining texnik holatini nazorat qilish tizimlariga joriy etish an'anaviy yondashuvlarga nisbatan sezilarli ustunliklarga ega. Real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ish va tahlil qilish imkoniyati nosozliklarni oldindan aniqlash, prognozli texnik xizmat ko'rsatish va ekspluatatsion xavflarni kamaytirishga xizmat qiladi. Taklif etilgan tizim aviatsiya sohasini raqamlashtirish jarayonining muhim tarkibiy qismi bo'lib, kelajakda sun'iy intellekt, katta ma'lumotlar va avtonom boshqaruv texnologiyalari bilan integratsiyalashuvi orqali yanada yuqori samaradorlikka erishishga olib keladi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Abdukayumov A., Maturazov I.S. Improvement of radio electronic equipment diagnostic system / AIP Conference Proceedings 2432, 030044. – 2022. (SCOPUS).
- [2] Abdukayumov A., Maturazov I.S. Research on aircraft remote diagnostics system / Научный журнал транспортных средств и дорог. – Тошкент, 2022. – №3. – С. 139-145.
- [3] Bedilov O.T., Khaitov B.M. Technical Maintenance and Repair of Aircraft. Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences. (E)ISSN: 2181-1784. (2024)
- [4] Eric Bearton. IoT and AI in Aviation: Reducing Downtime and Increasing Efficiency. <https://www.internationalairportreview.com> (2024).
- [5] Tajinder K. S., Ravi D. M., Arvind S., Navdeep S. Integration of IoT Sensors, Artificial Intelligence Technologies, and Devices in Hybrid and Electric Aviation. Application of Artificial Intelligence in the Internet of Things: The World of Today and Tomorrow. Cambridge Scholars Publishing. (2024).
- [6] Munirah M. F., Izamarlina A., Muhammad C. A. Sh., Abdul G. A. S., Puteri N. S. W. A Study of the Causes and Consequences of Communication Errors Among Technical Personnel. Jurnal Kejuruteraan 6(2):121–126. DOI: 10.17576/jkukm-2023-si6(2)-13. (2023).

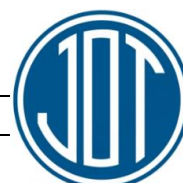


**Mualliflar to'g'risida ma'lumot/
Information about the authors**

Maturazov I.S. / I. Maturazov
Toshkent davlat transport universiteti "Aviatsiya transporti muhandisligi fakulteti" dekani, (PhD),
E-mail: maturazov_i@tstu.uz
Tel.: +998712990357
<https://orcid.org/0009-0003-4781-1601>

Turdimurodov A.B. / A. Turdimurodov
Toshkent davlat transport universiteti "Aviatsiya injiniringi" kafedrası talabasi.
E-mail: [sizamatturdimurodov6701206@gmail.com](mailto:szamatturdimurodov6701206@gmail.com)
Tel.: +998996701206
<https://orcid.org/0009-0003-6438-3960>

Otaboyev S.I. / S. Otaboev
Toshkent davlat transport universiteti "Aviatsiya injiniringi" kafedrası talabasi.
E-mail: sardorbekotaboyev73@gmail.com
Tel.: +998 90 438 94 14
<https://orcid.org/0009-0008-7258-7361>



<i>I. Maturazov, A. Turdimurodov, S. Otaboev</i> <i>Analysis of remote real-time monitoring of the technical condition of aircraft engines based on IoT systems</i>	5
<i>I. Maturazov, A. Turdimurodov, S. Otaboev</i> <i>Prediction of technical failures in aircraft based on artificial intelligence</i>	10
<i>A. Kiyomov</i> <i>Problems of formation of basic professional competence among students of technical higher educational institutions</i>	15
<i>M. Rasulmuhamedov, Z. Mirzaeva, A. Matkarimov, M. Mehmonov</i> <i>Numerical calculation of the bending of an elastic beam using the finite difference method</i>	18
<i>E. Shchipacheva, R. Pirmatov, Li Jia Jun, R. Khasanov, S. Sadikov, O. Sodikov</i> <i>An innovative surface coating for transportation infrastructure</i>	22