

AVIATSIYA SANOATIDA QO‘LLANILADIGAN KOMPOZIT MATERIALLARINING RADIOSHAFFOFLIGINI MONITORING QILISH USULLARI

Jamalatdinov Sherzad Minajatdin Uli

*magistrant., “Metrologiya, texnik jihatdan tartibga solish, standartlashtirish va sertifikatlashtirish”
kafedrası*

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

sherzadjamalatdinov090@gmail.com

+998990327494

Jumamuratov Bexzod Akramjonovich

kat., o‘qituvchi, “Energiya ta‘minlash tizimlari” kafedrası

Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalar universiteti

bexzodjumamuratov3@gmail.com

+998913900234

Eshmuradov Dilshod Elmuradovich

t.f.n., dotsent, “Energiya ta‘minlash tizimlari” kafedrası

Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalar universiteti

e_dilshod69@mail.ru

+998977672010

Annotatsiya: Keyingi o‘n yilliklarda aviatsiya sanoatida kompozit materiallardan foydalanish sezilarli darajada oshib bormoqda. Kompozit materiallar – bu ikki yoki undan ortiq tarkibiy elementlarning birikmasidan tashkil topgan, yuqori mustahkamlik, engillik va aerodinamik xususiyatlarga ega bo‘lgan materiallardir. Ular an‘anaviy metall materiallarga nisbatan vazni yengil, korroziyaga chidamlilik va yaxshi radioshaffoflik kabi afzalliklarga ega. Ushbu maqolada kompozit materiallarning radioshaffoflik darajasini monitoring qilish va ularning metrologik ta‘minoti tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: Kinetik usul, VK-9 keramika yelim, havo kemasi, monitoring, kompozit materiallar(KM), radioshaffoflik, elektromagnitlik, yutish koeffitsienti, nanokompazitlar.

I.KIRISH

Kompozit materiallarning radioshaffofligi muhim xususiyati hisoblanadi, chunki antennalar va havo kemalarining tumshuq qismi ichida joylashgan boshqa elektron tizimlarning samaradorligi shu ko‘rsatgichga bog‘liq. Ayniqsa, antennalar va turli radar tizimlari joylashgan havo kemalarining tumshuq qismida yoki boshqa qismlarida ishlatiladigan materiallarning elektromagnit signallarga ta‘siri katta rol o‘ynaydi.

Agar materialning radioshaffofligi yetarlicha yuqori bo‘lmasa, signal yutilishi yoki akslanishi mumkin, bu esa aloqa tizimlari, navigatsiya va radar uskunalarning ishlashiga salbiy ta‘sir qiladi. Shu sababli, aviatsiya texnikasida qo‘llaniladigan kompozit materiallar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- kam elektromagnit yutilish va tarqalish xususiyatiga ega bo‘lishi;
- yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo‘lishi lozim;
- yengil va aerodinamik jihatdan qulay bo‘lishi muhim.

Havo kemasining tumshuq qismi radioshafofligi sifatini monitoring qilish usullarini metrologik taʼminotini taʼminlash bir qancha qonun qoidalari mavjud, radioshafofligi sifatini nazorat qilish usullarini metrologik taʼminlash oʻlchash natijalarining aniqligi, ishonchliligi va takrorlanishini, shuningdek qoʻllaniladigan usullar va nazorat vositalarining belgilangan talablarga muvofiqligini taʼminlashga qaratilgan chora-tadbirlar majmuini oʻz ichiga oladi. Metrologik taʼminotning asosiy jihatlari tahlillarim natijasi shuni koʻrsatadiki uskunalarning qanchalik toʻgʻri oʻlchanganlik darajasi qanday ekanligini quydagicha koʻrishimiz hamda tahlil natijalarini tekshirishimiz kerak.

Kalibrlash bu oʻlchash vositalarini standartlarga muvofiqligini taʼminlash uchun sozlash jarayoni. Muntazam kalibrlash yuqori oʻlchash aniqligini saqlashga yordam beradi [1,2].

II.METODLAR

Radio shafofligini oʻlchash va baholash bu turli chastotalardagi radio toʻlqinlarga materialning shafoflik darajasini aniqlash uchun radar sinov usullaridan foydalanadi. Bu material orqali radiotoʻlqinlarning oʻtkazuvchanligini oʻlchashni nazorat qilish mumkin.

Kamchiliklarni aniqlash tekshiruv tizimlari kompozit materiallardagi ichki nuqsonlarni, xatoliklar, gʻovaklik, delaminatsiya yoki begona moddalar mavjudligini aniqlashga yordam beradi, bu radioshafoflikka salbiy taʼsir qiladi.

Ishlash barqarorligi monitoringi havo kemasini ishlatish vaqtida samalyotning tumshuq qismini radioshafof ishlashi belgilangan darajada qolayotganini muntazam tekshirish kerak.

Zamonaviy boshqaruv tizimlari koʻpincha maʼlumotlarni qayta ishlashning avtomatlashtirilgan vositalari shu bois birlashtirilgan boʻlib, bu nafaqat diagnostika, balki tendentsiyalarni tahlil qilish asosida moddiy xususiyatlarning mumkin boʻlgan buzilishlarini bashorat qilish imkonini beradi. Bunday tizimlar samolyotlarga texnik xizmat koʻrsatish va xavfsizlikning umumiy dasturining muhim qismidir.

Havo kemasining kompozit materiallardan tayyorlangan qismlari materiallarining radioshafofligini oʻlchash va baholash materialning maʼlum chastotalarda radio toʻlqinlarini qanchalik uzatishini baholaydigan turli usullar va asboblardan yordamida amalga oshiriladi. Mana shunday usullarga misollar keltiramiz:

Yetkazish usuli: Ushbu usul radioshafoflikni baholash uchun eng keng tarqalgan usul hisoblanadi. Uning mohiyati materialdan oʻtishdan oldin va keyin radio toʻlqinlarining intensivligini oʻlchashdir. Shu maqsadda radiotoʻlqin generatorlari va qabul qiluvchilardan foydalaniladi [3,4,5].

Oʻlchash jarayoni shundan iborat:

- radio toʻlqinlari maʼlum bir chastotada maʼlum quvvat shu bois hosil boʻladi;
- ushbu toʻlqinlar kompozit materialning namunasiga yoʻnaltiriladi;
- qabul qiluvchi materialdan oʻtgandan keyin toʻlqinning kuchini qayd qiladi;

- radioshaffofligi uzatiladigan to‘lqin kuchining dastlabki quvvatga nisbati sifatida aniqlanadi.

Aviatsiya sanoatida bunday o‘lchashlar va xatoliklar tashqi elektromagnit ta‘sirini bartaraf etish uchun ekranlangan kameralar shu bois jihozlangan maxsus laboratoriyalarda amalga oshiriladi.

Refleksiya orqaga tarqalish usuli ushbu usul radioshaffoflikni baholash va materialdagi nuqsonlarni aniqlash uchun ishlatiladi.

O‘lchash jarayoni:

-radio to‘lqinlari material yuzasiga yo‘naltiriladi;

-manba tomon qaytarilgan energiya miqdori o‘lchanadi;

-orqaga tarqalishning yuqori darajasi radioshaffofligini buzadigan nuqsonlar mavjudligini ko‘rsatishi mumkin.

Ushbu usul ishlab chiqarish jarayonida materialning sifatini tekshirish, shuningdek, vaqt o‘tishi shu bois yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan zararni aniqlash uchun foydalanish paytida tekshirish uchun ishlatiladi.

Mikroto‘lqinli o‘lchash usuli materialning ichki tuzilmalarining uch o‘lchashli tasvirini olish va turli nuqtalarda uning radioshaffofligini baholash imkonini beradi.

O‘lchash jarayoni:

-mikroto‘lqinlar materialni turli burchaklardan skanerlaydi;

-olingan ma‘lumotlar ichki strukturaning tasvirini yaratish uchun qayta ishlanadi;

-radioshaffoflikni baholash materialning turli qatlamlari va bo‘limlari uchun amalga oshiriladi;

-Mikroto‘lqinli tomografiya yuqori aniqlikdagi radioshaffoflikni baholash zarur bo‘lgan havo kemalarining tumshuq qismlarda ishlatiladigan murakkab kompozit materiallarni batafsil tahlil qilish uchun ishlatiladi.

Rezonans chastotalarda tahlil qilish usuli.

Ushbu usul kompozit materialning radioshaffof xususiyatlariga bog‘liq bo‘lgan rezonans chastotalarini o‘lchashga asoslangan.

-namuna o‘zgaruvchan chastotali elektromagnit maydonga joylashtiriladi;

-maksimal energiya yutilishi kuzatiladigan rezonans chastotalari o‘lchanadi;

-ushbu ma‘lumotlar materialning radioshaffofligini baholash uchun ishlatiladi.

Asosiy parametrlar va tenglamalar quydagicha;

O‘tkazuvchanlik (T) bu parametr uzatilgan to‘lqin quvvatining (P_T) tushayotgan to‘lqinning kuchiga (P_0) nisbati sifatida aniqlanadi hamda quydagi formula bilan topiladi:

$$T = \frac{P_t}{P_0}, \quad (1)$$

bu yerda:

P_0 - materialdan o‘tishdan oldin elektromagnit to‘lqinning kuchi;

P_t - materialdan o‘tgandan keyin to‘lqin kuchi.

Signalning zaiflashishi to‘lqin materialdan o‘tganda, energiyaning bir qismi yutiladi va bir qismi esa sirdan aks etadi. Signalning susayishi eksponensial qonun shu bois tavsiflanishi mumkin:

$$P_t = P_0 e^{-ad}, \quad (2)$$

bu yerda:

a materialning to‘lqin chastotasiga va materialning xususiyatlariga bog‘liq bo‘lgan zaiflashuv (shaffoflik) koeffitsienti;

d - material qalinligi.

Zaiflash koeffitsienti a ni so‘ndirish ko‘rsatkichining kompleks qiymati orqali aniqlash mumkin $N = \tilde{n} - ik$, bu yerda n - to‘lqin tarqalish tezligini aniqlaydigan haqiqiy qism va, k , yutilish shu bois bog‘liq bo‘lgan tasodifiy qism:

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad (3)$$

bu yerda: λ - vakuumdagi to‘lqin uzunligi.

Zaiflashuv koeffitsienti orqali o‘tkazuvchanlik: P_t ifodasini T o‘tkazuvchanlik tenglamasiga almashtirib, biz quyidagilarni olamiz:

$$T = e^{-\alpha d}. \quad (4)$$

Tenglamaning ikkala tomonining logarifmini olib, biz zaiflashuv koeffitsientini o‘tkazuvchanlik nuqtai nazaridan ifodalashimiz mumkin:

$$\alpha = -\frac{\ln(T)}{d}. \quad (5)$$

Material orqali to‘lqinning tarqalish jarayoni ko‘pincha elektr maydonining murakkab amplitudasi nuqtai nazaridan tavsiflanadi. Agar materialda tarqalayotgan tekis to‘lqinni ko‘rib chiqsak, uning tarqalish yo‘nalishi bo‘yicha z koordinatasiga qarab $E(z)$ elektr maydonini quyidagicha yozish mumkin: [6,7,8,9]

$$E(z) = E_0 e^{-ikz}. \quad (6)$$

Kompleks to‘lqin raqami bu yerda, $\tilde{k} = \frac{2\pi\tilde{n}}{\lambda_0} = \frac{2\pi}{\lambda}$; λ_0 - vakuumdagi to‘lqin uzunligi.

To‘liq o‘tkazuvchanlik ifodasi: Materiallar chegaralarida aks etishni o‘z ichiga olgan holda, o‘tkazuvchanlikning aniqroq ifodasini olish mumkin:

$$T = \left| \frac{4n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2 e^{-\alpha d} + (n_1 - n_2)^2 e^{\alpha d}} \right|^2, \quad (7)$$

bu yerda:

n_1 hamda n_2 - chegaralardagi nurlarning sinishi ko‘rsatkichlari (masalan, havoda to‘siqlarga uchraganda va kompozit radioshafof materiallarda).

Aytaylik, uzunligi $l=0,1$ m bo‘lgan to‘lqin uchun qalinligi $d=0,01$ m bo‘lgan materialning radioshafofligini aniqlash zarur bo‘lib, o‘lchangan o‘tkazuvchanlik $T=0,8$ ekanligi ma‘lum.

Birinchi zaiflashuv koeffitsientini hisoblaymiz va bu quyidagicha topiladi:

$$\alpha = -\frac{\ln(0.8)}{0.01} \approx 22.31m^{-1}. \tag{8}$$

Zaiflash koeffitsienti asosida materialning ma‘lum bir qalinligida yo‘qotishlarni aniqlash va uning radioshaffof material sifatida samaradorligini baholash mumkin.

Havo kemasining tumshuq qismida ishlatiladigan radioshaffof materiallardagi kamchiliklarini aniqlash havo kemasining jihozlarining xavfsiz ishlashini ta‘minlashda muhim qadamdir. Bularga ishlatiladigan radioshaffof kompozit materiallarning kamchiliklari shundaki bular teshiklar, delaminatsiyalar, yoriqlar yoki begona qo‘shimchalar. Shu sababli nuqsonlar materialning radioshaffof xususiyatlarini sezilarli darajada buzishi mumkin, bu esa radio signallarini uzatish va qabul qilish sifatini pasayishiga olib keladi.

Kamchiliklarni aniqlashning asosiy usullari bu ultrasonik to‘lqinlar hosil bo‘ladi va materialga yo‘naltiriladi. To‘lqinlar material bo‘ylab harakatlanadi va qatlamlar yoki nuqsonlar chegaralaridan aks etadi. Nosozliklar mavjudligi va kamchiliklarni aniqlash uchun aks ettirilgan signallar tahlil qilinadi.

Murakkab kompozit materiallarni tahlil qilish uchun, hatto radioshaffoflikka ta‘sir qilishi mumkin bo‘lgan kichik nuqsonlarni aniqlash uchun ishlatiladi.

Materialdan o‘tadigan terahertz to‘lqinlari strukturadagi o‘zgarishlarga, masalan, teshiklar yoki delaminatsiyalarga o‘ta sezgir datchiklardan foydalanish. Ushbu to‘lqinlar infraqizil va mikroto‘lqinlar orasidagi spektral diapazonda bo‘lib, ularning ko‘p dielektrik materiallarga kirib borishiga imkon beradi [10,11,12]

III.NATIJARLAR

Yuqori aniqlik, sirt shu bois bevosita aloqa qilmasdan skanerlash qobiliyati.

Yoriqlar yoki begona qo‘shimchalar shu sababli sirt darajasida va material ichidagi ichki nuqsonlarni aniqlash uchun javob beradi.

Materialdagi nuqsonlar signallarni buzilishini keltirib chiqaradi, bu esa akustik to‘lqinlarga (tovush impulslariga) olib keladi. Ushbu impulslar material yuzasida joylashgan sensorlar tomonidan qayd etiladi va real vaqt rejimida monitoring qilish, faol nuqsonlarni aniqlash imkonini beradi.

Parvozdin oldin havo kemasining tumshuq qismidagi materiallarning holati doimiy monitoring qilib boriladi.

1-jadval

Formal kinetika tenglamalari bo‘yicha kuch o‘rishini tavsiflashda eksperimental bosim kuchining hisoblangan qiymatlari ($\sum S_E$) va aniqlash koeffitsientlarining (R^2) kvadrat og‘ish yig‘indisi

Materialni tayyor holatga olib kelish uchun kerakli harorat °C	Formal kinetik tenglamalar tartibi						Determinatsiyaning kritik koeffitsienti
	V=1		V=2		V=3		
	($\sum S_E$)	(R^2)	($\sum S_E$)	(R^2)	($\sum S_E$)	(R^2)	

+50	48 890	0.78	42 896	0.87	41 258	0.79	R^2 $0.04=(47:339)=0.18$
+10	38 780	0.80	41582	0.84	39 247	0.71	R^2 $0.04=(37:846)=0.04$
-25	48 400	0.79	43 201	0.84	44 369	0.84	R^2 $0.04=(42:229)=0.18$
$\Sigma (S_E)$	136 070		127 679		124 874		

Shunday qilib, (1-jadval) shu shartni qanoatlanadigan turli xil 80KMKS va 120KMKS tarkibidagi, +50, +10 va minus -25°C qattiqlashuv haroratida yuqori darajada to'ldirilgan MMKS tipidagi PCMLarning mustahkamligini aniqlash uchun quyidagi matematik modeldan foydalanish mumkin:

$$\xi = \xi_{\infty} \cdot \left(1 - \frac{1}{k_{ef} \xi_{\infty} (\tau - \tau_a) + 1} \right), \quad (9)$$

bu yerda ξ_{∞} -bosim kuchi.

k_{ef} -samarali tezlik doimiy chegara qiymatlari,

τ -“Induksiya” davri,

τ_a -suyuqlikni yo'qotish vaqti.

+50 °C materialini quritish uchun va qattiq holatga olib kelish uchun:

$$\xi_{\infty} = 58.6 + \frac{77.3 - 58.6}{1 + 3.07 \cdot 10^8 \cdot \exp(-35.8 \cdot S_{PB}^{0.14})}, R_f^2 = 0.39 \rangle R^2_{0.04}(9;4) = 0.72;$$

$$k_{ef} = 52.00 \cdot 10^{-5} + \frac{(0.63 - 52.00) \cdot 10^{-5}}{1 + 4.97 \cdot 10^9 \exp(-10.30 \cdot S_{PB}^{0.43})}, R_f^2 = 0.69 \rangle R^2_{0.04}(9;4) = 0.72;$$

$$\tau_a = -10.8 + 392.57 \cdot S_{PB}^{-1.034} + 1.92 \cdot 10^{-6} \cdot S_{PB}^{10}, R_f^2 = 0.69 \rangle R^2_{0.04}(9;4) = 0.72.$$

Keyingi haroratimiz +10 ° C materialimizni quritish uchun:

$$\xi_{\infty} = 64.91 + \frac{0 - 64.91}{1 + 108,49 \cdot \exp(-0.99 \cdot S_{PB}^{0.96})}, R_f^2 = 0.57 \rangle R^2_{0.04}(6;3) = 0.68;$$

$$k_{ef} = 32.50 \cdot 10^{-3} + \frac{(0 - 32.50) \cdot 10^{-3}}{1 + 9.11 \cdot 10^4 \exp(-379 \cdot S_{PB}^{1.98})}, R_f^2 = 0.79 \rangle R^2_{0.04}(6;3) = 0.68;$$

$$\tau_a = 86.22 + 7.095 \cdot 10^8 \cdot S_{PB}^{-11.26}, R_f^2 = 0.69 \rangle R^2_{0.04}(9;4) = 0.72.$$

Keyingi haroratimiz -25 ° C materialimizni quritish uchun:

$$\xi_{\infty} = 57.52 + \frac{0 - 57.52}{1 + 1350 \cdot \exp(-0.195 \cdot S_{PB}^{1.94})}, R_f^2 = 0.38 \rangle R^2_{0.04}(9;3) = 0.65;$$

$$k_{ef} = 62.13 \cdot 10^{-5} + \frac{(1.99 - 62.13) \cdot 10^{-5}}{1 + 2.55 \cdot 10^7 \exp(-0.379 \cdot S_{PB}^{2.04})}, R_f^2 = 0.89 \rangle R^2_{0.04}(8;4) = 0.68;$$

$$\tau_a = 62.44 + 4.89 \cdot 10^5 \cdot S_{PB}^{-5.34}, R_f^2 = 0.99 \rangle R^2_{0.04}(2;10) = 0.45.$$

Elektromagnit induksiya va uchuvchi oqimini tekshirish shu sababli usullar materialdan oʻtadigan elektromagnit maydonni oʻzgartirishga asoslangan. Kamchiliklar datchiklar tomonidan aniqlanadigan maydon taqsimotini oʻzgartiradi [13,14].

Yoriqlar shu sababli materialning yuzasida va yaqinidagi nuqsonlarni aniqlash uchun javob beradi hamda koʻpincha kompozitlardagi nometall elementlarni tekshirish uchun ishlatiladi.

Aviatsiyada radioshafof materiallarning har tomonlama diagnostikasini taʼminlash uchun bir nechta usullarni birlashtirgan integratsiyalashgan monitoring tizimlaridan foydalanish mumkin. Bular, ultratovush diagnostikasi materialning tuzilishini toʻliqroq tahlil qilish uchun terahertz skanerlash bilan amalga oshirilishi va ishlatilishi kerak. Muntazam texnik xizmat koʻrsatish vaqtida bunday tizimlar havo kemasining tumshuq qismlarining holatini avtomatik ravishda tahlil qilishi va jiddiy nosozliklarga olib kelishidan oldin yuzaga kelishi mumkin boʻlgan nuqsonlarni aniqlashimiz kerak.

Ushbu usullar va texnologiyalar aviatsiya tizimlarining xavfsizligi va samaradorligini taʼminlash uchun juda muhim boʻlgan radioshafof materiallarning holatini sifati va miqdoriy tahlil qilish imkonini beradi [15,16].

IV. XULOSA

Biz shu oʻrinda, kompozit materialning radioshafofligini oʻlchash tizimi bir-biriga bogʻlangan bir nechta komponentlarni oʻz ichiga oladi: signal generatori, oʻlchash antennalari, sinov namunasi, qabul qiluvchi uskunalar, kuchaytirgichlar, analog-raqamli oʻzgartirgichlar va markaziy kompyuter. Ushbu elementlarning har biri oʻz ahamiyatiga ega va oʻlchash natijalarining aniqligi va ishonchliligini taʼminlash uchun metrologik yordamni talab qiladi.

Kalibrlash, tekshirish va noaniqlikni baholashni oʻz ichiga olgan metrologik taʼminot oʻlchash jarayonining asosiy komponentidir. Bu oʻlchangan maʼlumotlarning aniq va takrorlanishini taʼminlashga yordam beradi, bu esa oʻz navbatida havo kemasining uskunalarining ishonchli ishlashini taʼminlaydi.

Kompozit materiallarning radioshafofligini nazorat qilish va monitoring qilishning samarali usullarini ishlab chiqish va joriy etish aviatsiya korxonalariga parvozlarda xavfsizligining yuqori standartlarini saqlash, ekspluatatsion xavflarni kamaytirish va havo kemalarining umumiy ishonchliligini oshirish imkonini beradi. Shunday qilib, radioshafoflikni oʻlchash texnologiyalarini takomillashtirish va ularning metrologik aniqligini taʼminlash aviatsiya materialshunosligi va texnikasi sohasidagi muhim vazifalar boʻlib qolmoqda.

V. FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

14. Jumamuratov B.A., Abduqayumov A.A., Eshmuradov D.E. Kompozit materiallarning radioshafofligini nazorat qiluvchi vositaning metrologik taʼminoti // “Milliy standart” ilmiy-texnik jurnali, 2024, 3-son. b. 1-5.

15. Низомов Н. Б Музафарова С. А., Ташланова Д. М. Исследования погрешности измерения ёмкости полупроводниковых структур // Proceedings of VI International Scientific and Practical Conference Berlin, “Current challenges of science and education” Germany 2024/12, с. 142-149.
16. Jumamuratov B.A., Amangeldiyev N.S., Perdebayev S.R. Havo kemalarining radiopriborlarini sertifikatlashtirishda diagnostika masalalari // Science and innovation international scientific journal volume 1 issue 8 uif-2022: 8.2 ISSN: 2181-3337 C.86-89.
17. Jumamuratov B.A., Aytbayev.T.A., Rakhimova N.M. Metrological Supply of the Repair and Testing of the Nose of the Aircraft (Radom) // International scientific and practical “Smart cities and sustainable development of regions” LLC Conference Proceedings, Institute of Digital Economics and Law [ООО «Институт tsifrovoy ekonomiki i prava»], 2024. – 1005 p. 978-5-6050374. pp.522-526.
18. Jumamuratov B.A. Metrological support of the repair and testing of the nose of the aircraftparameters of an aircraft // Science and Education in Karakalpakstan, 2024, №2/1 ISSN 2181-9203., C.123-130.
19. Jumamuratov B.A., Eshmuradov D.E., Azizov O.X. The future of aeronautical processing opportunities and challenges of automation // Science and innovation international scientific journal volume 2 issue 4 april 2023 uif-2022: 8.2 | issn: 2181-3337 | scientists.uz-C.231-236.
20. Жумамуратов Б.А., Эшмурадов Д.Э., Тураева Н.М. Разработка модели системы восстановления навигационного оборудования летательных аппаратов за счет повышения их эксплуатационной готовности // Журнал «Авиакосмическое приборостроение». DOI:10.25791/aviakosmos.6.2023.1343. №6. Санкт-Петербург -2023. - С.18-27.
21. Jumamuratov B.A., Matyakubova P.M., Aytbayev T.A. Qualimetric analysis of characteristics of satellite navigation systems // Electronic journal of actual problems of modern science, education and training. June, “Modern problems of technical sciences” 2022 - 6. ISSN 2181-9750 UDC: 629.783 <http://khorezmscience.uz>-C.54-61.
22. Jumamuratov B.A., Rakhimova N.M., Attokurov U.T. The using of physical properties of semiconductor materials in advanced engineering // Science and innovation international scientific journal volume 2 ISSUE 10 OCTOBER 2023 UIF-2022: 8.2 | ISSN: 2181-3337 | SCIENTISTS.UZ <https://doi.org/10.5281/zenodo.10047921>. C.162-168.
23. Jumamuratov B.A., Eshmuradov D.E., Nabikhanova A.D. Kompozit materiallarning radioshafligini monitoring qilishning zamonaviy tizimlari va vositalari: holati va rivojlanish istiqbollari // International scientific journal science and innovation special issue “Modern problems and prospects of development of energy supply of digital technology facilities”, MARCH, 2024 <https://doi.org/10.5281/zenodo.10724550>- C.438-441.

24. Jumamuratov B.A., Sharipov G'.N., O'rolov J.A. Samolyotning tumshuq qismi (обтекатель) ta'mirlash va sinovdan o'tkazishning metrologik ta'minoti // International scientific journal science and innovation special issue "Modern problems and prospects of development of energy supply of digital technology facilities", MARCH, 2024 <https://doi.org/10.5281/zenodo.10719692> C.49-53.

25. Luycckx, G., Voet, E., Lammens, N., & Degrieck, J. Исследование о применении волоконных датчиков для мониторинга состояния композитных материалов в реальном времени "Strain measurement in composite materials using embedded fibre Bragg gratings." Composite Science and Technology, 68(3), 2008, pp. 506-515.

26. Boyes, R. Non-Destructive Testing of Composite Materials. Книга охватывает основные методы неразрушающего контроля композитных материалов, включая ультразвуковую инспекцию, термографию и радиоволновую томографию. Woodhead Publishing, 2018.

27. Jumamuratov B.A. Ko'p qatlamli KMKS 120 kompozit materialning signal yutilishi hamda metrologik ta'minoti // Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti xalqaro ilmiy-texnik anjuman «Elektromexanik va elektrotexnologik tizimlarni raqamlashtirishning dolzarb muammolari» 21-22 may 2024-yil C.246-250.

28. Jumamuratov B.A., Eshmuradov D.E. A mathematical model for studying the reaction of an aircraft engine blade to a bird strike // Международной научно-практической конференции, «новые возможности устойчивого развития горных регионов: инновации и сотрудничество», посвященной 60-летию Ошского технологического университета имени м.м. адышева ош 2023 Известия ОшТУ, 2023 №2, Часть 2 C.199-207.

29. Jumamuratov B.A. Kompozit materiallarning radioshafofligini o'lchashning metrologik asoslari // Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti xalqaro ilmiy-texnik anjuman «Elektromexanik va elektrotexnologik tizimlarni raqamlashtirishning dolzarb muammolari» 21-22 may 2024-yil-C.250-256.