

KOMPOZIT MATERIALLARNING RADIOSHAFFOFLIGINI O‘LCHASHNING METROLOGIK ASOSLARI

Nazerbaeva Maftuna Zinaddin qizi

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

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

maftunanazerbaeva3454@gmail.com

+9989951353454

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: *Havo kemalarining konstruksiyasida kompozit materiallardan foydalanish aviasiya sanoatidagi eng muhim texnologiyalik taraqqiyotlardan biri hisoblanadi. Bugungi kunda samolyotlar, vertolyotlar va dronlarning aerodinamik xususiyatlarini yaxshilash, og‘irligini kamaytirish va yoqilg‘i tejamkorligini oshirish maqsadida turli kompozit materiallar keng qo‘llanilmoqda. Ushbu maqolada kompozit materiallarning radioshafofligini o‘lchashning metrologik asoslari tahlil qilinadi. Radioshafoflik ko‘rsatkichlarini aniqlashda qo‘llaniladigan o‘lchov usullari, ularning aniqligi va ishonchliligini ta‘minlash yo‘llari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, o‘lchash jarayonidagi asosiy metrologik talablar va ularni amalga oshirish usullari muhokama qilinadi. Kompozit materiallarning radioshafofligiga ta‘sir etuvchi omillar va ularning o‘lchash natijalariga ta‘siri tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari asosida radioshafoflikni baholash uchun samarali o‘lchash metodikalari taklif etiladi.*

Kalit so‘zlar: *VK-9 keramika yelim, havo keması, kompozit materiallar(KM), radioshafoflik, elektromagnitlik, yutish koeffitsienti, nanokompazitlar.*

I.KIRISH

Havo kemalariga qushlarning urilishi (*Bird Strike*) aviasiyada uchraydigan xavfli holatlardan biri bo‘lib, har yili minglab havo kemalariga zarar etkazadi. Qushlar bilan to‘qnashuv havo kemasining turli qismlarida, masalan tumshuq qismida turli nosozliklarni keltirib chiqaradi. Yuqori tezlik bilan harakatlanayotgan havo kemasiga qushlarning urilishi natijasida qattiq zarba tufayli samoletning radiolokatsiya va sensor tizimlarini ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin.

Katta to‘p aylana yo‘nalishida tarqalgan ya‘ni ko‘zgu burchagi tushish burchagiga teng. Boshqa tomondan, aks ettirilgan to‘lqin strukturaviy xususiyatlar tufayli boshqa yo‘nalishlarga tarqalishi mumkin. Shunday qilib, ushbu bo‘limda

dizaynimizning biscatter xususiyatlarini o‘rganish uchun absorberning tarqalishi modeli qo‘llaniladi.

II.METODLAR

Havo kemasining ko‘pincha, ishdan chiqadigan qismi, tumshuq qismidir, ya‘ni bu обтекатель deb yuritiladi. Olingan tadqiqotlarda, agar havo kemasining soatiga 320 km tezlikda “chayka” bilan to‘qnashsa, u holda zarba kuchi har kvadrat santimetrga taxminan 3200 kg ni tashkil etadi [1,2], bu xolda zarba energiyasi nisbiy tezlik kvadratiga proporsionaldir:

$$[F]_{tex} = 1kg \cong kg \times 9.8m/s^2 \cong 9.8N; \quad (1)$$

$$[F]_{sr} = 1N;$$

$$[F]_{SGS} = 1dina = 10^{-1} N;$$

$$[F]_{tex} = 1kg \cong 3200 \times 9.8m/s^2 = 31360N.$$

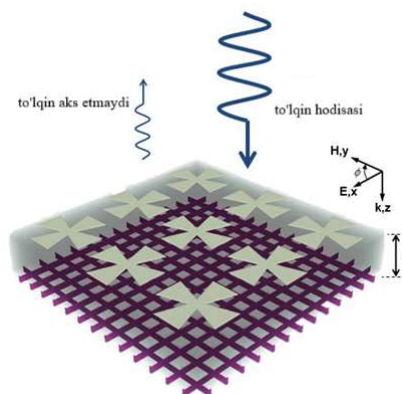
Holbuki, tumshuq qismida havo kemasining “ko‘zi” bo‘lmish radarlar joylashgan. Demak, bu tumshuq qismi nafaqat oddiy qobiq bo‘lib, u maxsus radioshaffoflik xususiyatiga ega bo‘lgan qobiq bo‘lishi kerak, shuning uchun ham tumshuq qismini xohlagan materialga almashtirib qo‘ya olmaymiz.

Funksional maqsadni hisobga olgan holda, radioshaffof havo kemalarining tumshuq qismlar (RShM) doimiy ravishda kuchaytiriladigan talablarning juda katta to‘plamiga bo‘ysunadi, ular qoida tariqasida mavjud qarama-qarshiliklar tufayli, tashqi muhitlar ta‘sirida juda murakkabdirlar. Shu tariqa, havo kemalarining tumshuq qismining shakllantiruvchi qobig‘i bo‘ylab ma‘lum bir devor qalinligi shu bois ta‘minlangan radiotexnik xususiyatlarga (RTX) qo‘yiladigan talablarga javob berish, mos ravishda, qatlamning mustahkamligi va issiqlikdan himoya qilish xususiyatlariga ba‘zi cheklovlar qo‘yadi yoki aksincha.

Havo kemalarining tumshuq qismi ko‘rinishini ishlab chiqishda mavjud tizimli yondashuv bir qator muammolarni hal qilishni talab qiladi:

- havo kemalarining tumshuq qismi talab qilinadigan ishlash xususiyatlari va ish sharoitlarini hisobga olgan holda qobiq materialini tanlash;
- belgilangan ishlash xususiyatlarini ta‘minlash usullarini ishlab chiqish;
- ulanish blokining qismlari uchun materiallarni tanlash va uning konstruksiyani ishlab chiqish;
- qobiq uchun VK-9 keramika yoki CM ishlatilganda namlikka chidamli qoplamaning tanlash;
- yer sinovlari paytida pardaning belgilangan ish rejimlarini tahlil qilish metodologiyasini ishlab chiqish.

Yuqorida qayd etib o‘tilgan kompozit materialning sxemasi 1-rasmda keltirilgan.

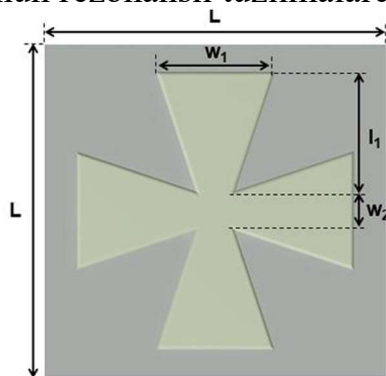


1-rasm. Keng polosali 120-KMKS kompozit materialning sxemasi (perspektiv ko‘rinish)

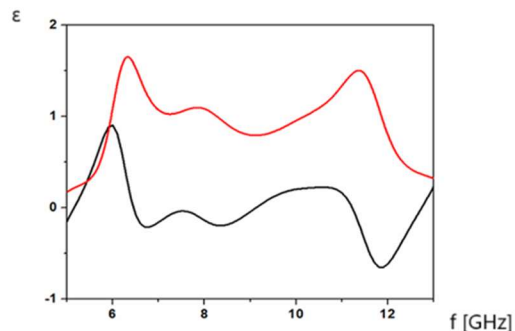
Agarda mukammal yutilishga erishish kerak bo‘lsa, absorberning empedansini havo qarshiligiga moslashtirish lozim va bunda uzatilgan to‘lqinlar faqat konstruktiv yoqilishlar sababida bo‘ladi.

Biz ko‘rib chiqqan obyektни uglerod nanotube (UNT) qoplamasi bilan butun ko‘rinadigan chiziq bo‘ylab yashirish tajribasi xuddi shu printsipga amal qiladi [6], bu erda past to‘ldirish nisbati bilan tekislangan KMKSlar indeks/impedans havoga mos kelishini ta‘minladi; va shuningdek, KMKS qatlamiga birlashtirilgan yorug‘lik energiyasini yutadi. Biroq, agar biz uzaytirishga harakat qilsak mikroto‘lqinli diapazonga yaqinlashganda, kerakli KMKS qalinligi amaliy jihatdan qalin bo‘ladi.

Ushbu muammoning oldini olish uchun biz impedans moslashuv funksiyasiga erishish uchun rezonansli tuzilmalardan foydalandik.



(a)



(b)

2-rasm. Bitta katakchanning konstruksiyasi (a) yuqoridan ko‘rinishi (konstruksiya parametrlari: $w_1=4\text{mm}$, $w_2=1\text{mm}$, $l_1=4.2\text{mm}$, $L=10\text{mm}$). (b) materialning hisoblangan haqiqiy va tasodifiy qismi

2-rasmda keng polosali yutilishga erishish uchun foydalaniladigan struktura ko‘rsatilgan. Strukturaning umumiy empedansi metall rezonator va dielektrik qatlamning er tekisligi bilan empedanslarining kombinatsiyasidan olinadi. Strukturaning samarali empedansini [5,6] dan olish mumkin.

$$Z_{eff}(\omega) = \sqrt{\frac{\mu_{eff}(\omega)}{\varepsilon_{eff}(\omega)}} = \sqrt{\frac{(1+S_{11})^2 - S_{21}^2}{(1-S_{11})^2 - S_{21}^2}}, \quad (2)$$

bu yerda, μ_{eff} va ε_{eff} mos ravishda samarali o‘tkazuvchanlik va yutilishidir.

Impedansning haqiqiy va tasodifiy qismi simulyatsiya qilingan kompleks S parametrlaridan hisoblab chiqiladi va 2 (b) rasmda ko‘rsatilgan.

Strukturaning samarali empedansi elektr va magnit javobning o‘zgarishi natijasida yuzaga keladigan ikkita mos keladigan tarmoqqa ega.

O‘tkazuvchanlik va yutilishining o‘zgarishiga mos keladi. Ushbu empedans mos keladigan holat aks ettirilgan to‘lqinni minimallashtirishga olib keladi.

Yuqori Z faktoriga ega bo‘lgan rezonans strukturasi yuqori selektivlik va kam yo‘qotishni talab qiladigan tor diapazonli filtrlar va osilatorlar kabi ilovalarda qo‘llanilishi mumkin. Bunday ilovalarda keng polosali yutilishga strukturaning Z omilini kamaytirish orqali erishish mumkin, bu esa qarshilikni oshirish orqali amalga oshirilishi mumkin. Bu kuchaygan qarshilik energiyani yo‘qotishning qo‘shimcha foydasiga ega, bu esa keng chastota diapazonida minimal aks ettirishga olib keladi. Qarshilikni oshirish uchun rezonansli strukturani qurish uchun kamon shaklidagi Al simli panjara ishlatiladi. Konstruksiyamiz uchun biz kamondan foydalandik nosimmetrik konfiguratsiyaga ega bo‘lgan shaklli rezonator, hodisa to‘lqinining polarizatsiyasiga nisbatan kamroq sezgirdir.

Eng muhimi shundaki, biz kamon shakli nafaqat o‘zining rezonansidan, balki kamonning yon tomoni orqali davriy massivdagi qo‘shni birlik hujayralari o‘rtasidagi bog‘lanishdan foydalangan holda kengroq javob diapazonini taklif qilishini ko‘rsatamiz.

Materiallarning radioshaffoflikligini aniqlashning metrologik ko‘rsatgichlarini o‘lchash usullari

Birlik hujayralar sonidan qat’iy nazar, kaskadli kontaktlarning zanglashiga olib keladigan rezonans chastotasi ikki xil ekvivalent kontaktlarning zanglashiga olib keladigan rezonans chastotasi bilan belgilanadi.

Ikki rezonansni birlashtirib, biz markazning 71,1% keng tarmoqli kengligiga erishdik chastota o‘zgartgich generator orqali.

Radio chastotasi aks etishi va o‘tkazuvchanligi normal chastotada o‘lchanadi. O‘lchangan radioshaffof material tekislikka nisbatan normallashtiriladi, o‘lchangan o‘tkazuvchanlik esa bo‘sh bo‘shliqda tushayotgan to‘lqinga nisbatan normallashtiriladi.

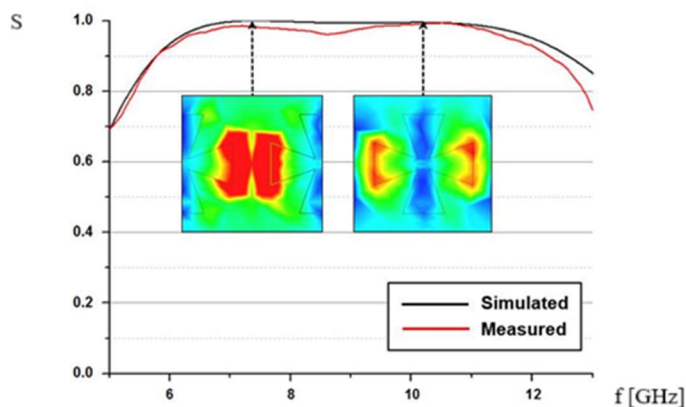
O‘lchangan o‘tkazish va aks ettirish so‘ngra sifatida aniqlanadigan yutilishni olish uchun ishlatiladi.

$$A(\omega) = 1 - T(\omega) - R(\omega). \quad (3)$$

Bu yerda $R(\omega) = [S_{11}]$ va $T(\omega) = [S_{21}]$ mos ravishda o‘lchangan chastotaga bog‘liq kompleks S-parametrdan olingan aks ettirish va o‘tkazuvchanlikdir. Printsipial jihatdan, aks ettirishni kamaytirish uchun strukturaning empedansi havoga

moslashtirilganda, mukammal yutilishga erishish mumkin, chunki ochiq osmon tekisligi struktura orqali har qanday uzatishni oldini oladi.

Simulyatsiya qilingan va o‘lchanganlar 3-rasmda tasvirlangan. Kutilganidek, S bilan ifodalangan uzatish butun ish chastotasi diapazonida deyarli nolga teng.



3-rasm. Chastotaning simulyatsiya qilingan va o‘lchangan yutilish

Ushbu 3-rasmda ko‘rinib turganidek, ikkita yutilish chegarasi mavjud; past chastota, yo‘qori chastota, kamonli tuzilmalar orasidagi bog‘lanish maydoniga bog‘liq va yuqori chastotali rezonans, quyida muhokama qilinganidek, kamon tuzilishining asosiy rezonans rejimiga bog‘liq. Ushbu ikki yutilish cho‘qqilarining kelib chiqishini tushunish uchun elektr maydoni tarqatish va quvvat oqimi Ansys yuqori chastotali struktura simulyatori (AChSS) dasturi yordamida simulyatsiya qilinadi va tahlil qilinadi. Simulyatsiyalarda yuqori metall simli to‘r kamonli rezonatorlar qarshiligi 30 skand bo‘lgan empedans varag‘i sifatida modellashtirilgan.

Kompozit materialning radioshafofligi o‘tkazuvchanligi va yo‘qotish tangensi mos ravishda 2,25 va 0,01 ga teng.

Strukturaning birlik katakchasi x va y yo‘nalishlari bo‘ylab davriy chegara shartlari yordamida simulyatsiya qilinadi.

Tavsiya etilgan, qalinligi $w_1 = 4mm$ bo‘lgan absorber ikkita rezonansga ega, biri 9 GHz, ikkinchisi 12,1 GHz.

Simulyatsiyadan tashqari, 2 (b)-rasmda ko‘rinib turganidek, biz empedansning hisoblangan haqiqiy va tasodifiy xatoliklarga uchrashini ko‘rib chiqdik. Empedansning haqiqiy qismi deyarli birlikdir va impedansning tasodifiy qismi 9 GHzdan 12,1 GHzgacha deyarli nolga teng.

Shunday qilib, havo bilan empedans moslashuviga erishildi, bu absorberdan aks ettirishni kamaytiradi. 4-rasmning (a) va (b) simulyatsiya qilingan elektr maydonining yuqori ko‘rinishini ko‘rsatadi.

III.NATIJALAR

Absorbsion strukturaning ikkita yutilishning eng yuqori chastotalarida ($f_1=9GHz$ va $f_2=12,1GHz$) taqsimlanishi, 2.4(c) va (d)-rasmda esa markaziy kesmada

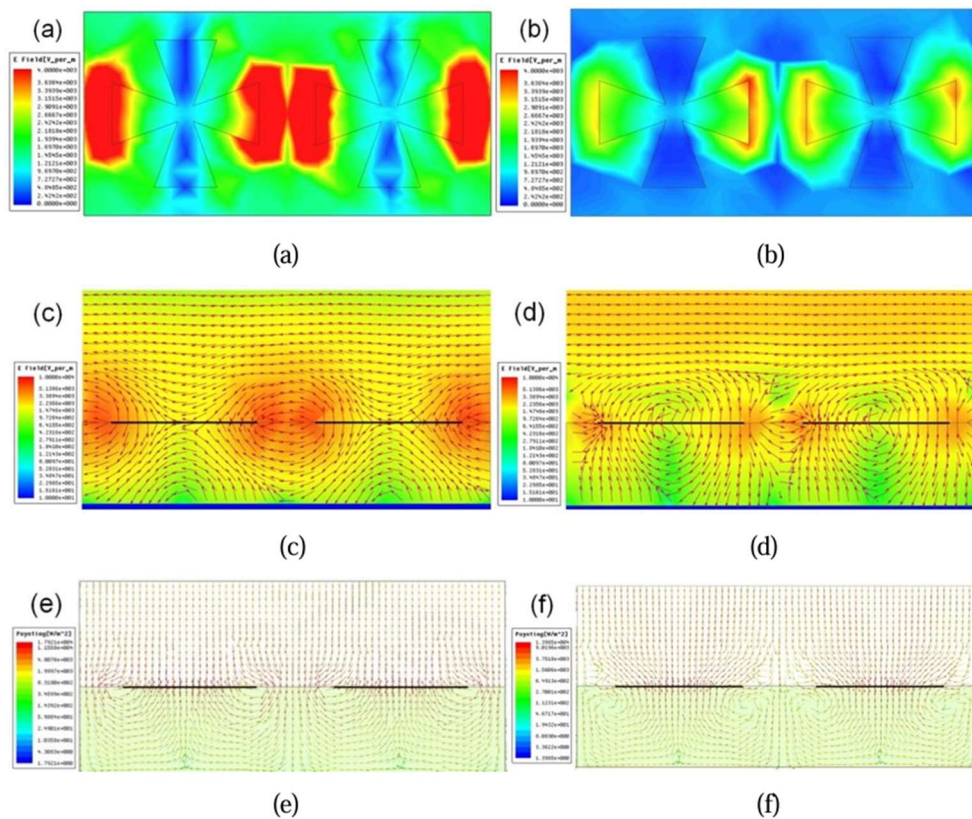
simulyatsiya qilingan elektr maydon taqsimoti ko'rsatilgan. Elektr maydonlari past rezonans chastotasida ikkita kamoni tuzilmalar orasidagi bo'shliqda kuchli lokalizatsiya qilinadi va yuqori rezonans chastotasida kamoni strukturaning chetlari atrofida lokalizatsiya qilinadi. 2.4 (e) va (f)-rasmida absorberning ikkita eng yuqori chastotadagi quvvat oqimi ko'rsatilgan. 2.4-rasmning (a) va (b) mos ravishda past va yuqori rezonans chastotalarda lokalizatsiya qilingan elektr maydonlari va quvvat oqimlarining sxemasini ko'rsatadi.

Bu modellar obyektiv funksiyalarni o'z ichiga oladi, masalan, yo'nalishni tekshirish, uchish tezligini minimallashtirish yoki havo kemasining o'qib ketishi harakatini optimallashtirish. Ular matematik qoidalarga asoslangan tasvirlar yordamida ishlaydilar, masalan, optimizatsiya algoritmlari, ma'lumotlarni tahlil qilish algoritmlari, qaror qabul qilish algoritmlari va boshqalar.

Katta to'p aylana yo'nalishida tarqalgan ya'ni ko'zgu burchagi tushish burchagiga teng. Boshqa tomondan, aks ettirilgan to'lqin strukturaviy xususiyatlar tufayli boshqa yo'nalishlarga tarqalishi mumkin. Shunday qilib, ushbu bo'limda dizaynimizning biskatter xususiyatlarini o'rganish uchun absorberning tarqalishi modeli qo'llaniladi. AChSS tekis to'lqinlarning tarqalishi yechimlarini hisoblash qobiliyatiga ega. Oddiy empiriya uchun, tarqalish eritmasi port qo'zg'alishlari bilan to'lqinli simulyatsiya yondashuvi yordamida hisoblanishi mumkin [7,8,9].

Turli tuzilmalarning kompozit materiallari namunalari bo'yicha eksperimentlar ularning radioshaffofligi va boshqa muhim xususiyatlarini baholash imkonini beradi, bu ularning havo kemasining texnologiyasida, ayniqsa havo kemasining tumshuq qismi konstruksiyasida foydalanishga yaroqliligiga ta'sir qiladi. Quyida bunday tajribalarni o'tkazishning umumiy algoritmi keltirilgan.

Bizning strukturamizda ishlatiladigan metallmas to'r konstruksiyasi nafaqat optik shaffoflikni, balki keng polosali ulanish uchun zarur bo'lgan qarshilikni ham ta'minlaydi. Ishlab chiqarish xarajatlarini va strukturamiz vaqtini kamaytirish uchun bunday moslashuvchan absorberlarning katta maydoni yaqinda ishlab chiqilgan.



4-rasm. (a), (b) mos ravishda 9 GHz va 12,1 GHz chastotasida yuqori ko‘rinishdagi elektr amplitudasini va 9 GHz va 12,1 GHz quvvat oqimini ifodalaydi. (c), (d) rang elektr maydonining amplitudasini va strelkalar mos ravishda 9 GHz va 12.1 GHz chastotalarda birlik hujayraning markaziy kesimidagi elektr maydonining yo‘nalishini ifodalaydi. (e), (f) rang quvvat oqimining amplitudasini va strelkalar mos ravishda 9 GHz va 12,1 GHz chastotalarda birlik hujayraning markaziy kesimidagi quvvat oqimining yo‘nalishini ifodalaydi [8,9,10].

IV. XULOSA

Biz xulosa o‘rnida shuni aytish mumkinki, tadqiqot natijalari kompozit materiallarning radioshafofligini o‘lchashda metrologik aniqlikni ta‘minlashning muhimligini tasdiqlaydi. Kompozit materiallarning radioshafofligini o‘lchash tizimini muntazam tekshirish o‘lchashlarning aniqligi, ishonchliligi va xavfsizligini ta‘minlashning asosiy omilidir. Tekshiruv jadvallariga qat‘iy rioya qilish, shuningdek, kerak bo‘lganda qo‘shimcha tekshirishlar bizga aviatsiya sanoatida yuqori sifat standartlarini saqlab qolish imkonini beradi.

Aviatsiyada radioshafof materiallarning har tomonlama diagnostikasini ta‘minlash uchun bir nechta usullarni birlashtirgan integratsiyalashgan monitoring tizimlaridan foydalanish mumkin. Masalan, ultratovush diagnostikasi materialning tuzilishini to‘liqroq tahlil qilish uchun terahertz skanerlash bilan birgalikda ishlatilishi mumkin. Muntazam texnik xizmat ko‘rsatish vaqtida bunday tizimlar yarmarkalarning holatini avtomatik ravishda tahlil qilishi va jiddiy nosozliklarga olib kelishidan oldin yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan nuqsonlarni aniqlashi mumkin.

V.FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Jumamuratov B.A., Abduqayumov A.A., Eshmuradov D.E. Kompozit materiallarning radioshofonligini nazorat qiluvchi vositaning metrologik ta'minoti // “Milliy standart” ilmiy-texnik jurnali, 2024, 3-son. b. 1-5.
2. 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.
3. 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 [OOO «Institut sifrovoy ekonomiki prava»], 2024. – 1005 p. 978-5-6050374. pp.522-526. (<https://iderus.ru/last#smartgreens2024>)
4. Jumamuratov B.A. Metrological support of the repair and testing of the nose of the aircraft parameters of an aircraft // Science and Education in Karakalpakstan, 2024, №2/1 ISSN 2181-9203., C.123-130. (OAK Ro'yxatining 2017 yil 24 maydagi 24.05.2017 №5/2-son qarori)
5. 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.
6. 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. (05.00.00 №2)
7. 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>. (05.00.00 №2)
8. 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. (OAK Ro'yxatining 2022 yil 13 iyundagi 01-07/1368 qarori)
9. Jumamuratov B.A., Eshmuradov D.E., Nabikhanova A.D. Kompozit materiallarning radioshaffofligini 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>.

10. Jumamuratov B.A., Sharipov G'.N., O'rolov J.A. Samolyotning tumshuq qismi (obtekatel) 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>.

11. Grattan, K. T. V., & Sun, T. Рассматриваются различные виды волоконно-оптических датчиков, которые могут быть интегрированы в композитные материалы для мониторинга их состояния. Fiber Optic Sensor Technology: An Introduction. Springer, 2000.

12. Luuyckx, 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.

13. 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.