



QR-kod
maqolaning DOI
sahifasini
ochadi

Jumamuratov Bexzod Akramjonovich,
Sattorberganova Gulrux Qodirbergan
qizi. Radioshaffof kompozit
materiallarning zamonaviy texnikadagi
o'rni va ularning radiotexnik
xarakteristikalarini o'rganish //
«O'zbekiston olimi ayollarining
mamlakat taraqqiyotiga qo'shayotgan
hissasi» mavzusidagi xalqaro ilmiy-
amaliy konferensiya materiallari
(Nukus, 2026-yil 9–10-oktyabr). –
Nukus, 2026. – B. 724–728. – DOI:
[https://doi.org/10.66073/ReFocus-
Conf/0910142](https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/0910142)

RADIOHAFFOF KOMPOZIT MATERIALLARNING ZAMONAVIY TEXNIKADAGI O'RNI VA ULARNING RADIOTEKNIK XARAKTERISTIKALARINI O'RGANISH

¹ *Jumamuratov Bexzod Akramjonovich*

² *Sattorberganova Gulrux Qodirbergan qizi,*

¹NDTU “Avtomatlashtirish va boshqarish” kafedrası v.b dotsenti

²QQDU “Elektr muhandisligi va metrologiya” kafedrası assistenti

E-mail: sattorovagulruh8@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda elektromagnit o'tkazuvchanlikka erishish uchun bugungi kunda aviatsiya va kosmik loyihalarda ishlatiladigan strukturaviy qismlarni tez-tez qurishda, afzal qilingan kompozitlarni loyihalash va ishlab chiqarish amalga oshirildi. Elektromagnit nazariyada turli xil analitik yechimlardan foydalanib, gibril materiallarning konfiguratsiyasi olingan.

Kalit so'zlar: Aerokosmik, elektromagnit, kompozit, ishlab chiqarish texnologiyalari, radioshaffof, samolyot, GHz, mexanik mustahkamlik, gibril, dizayn, radiotexnik, Dielektrik materiallar.

Аннотация: В данном исследовании были разработаны и изготовлены предпочтительные композитные материалы, часто используемые в современных конструкционных элементах аэрокосмических проектов, для обеспечения электромагнитной проводимости. С помощью различных аналитических решений в электромагнитной теории были получены конфигурации гибридных материалов.

Ключевые слова: Аэрокосмическая отрасль, электромагнитные технологии, композитные материалы, технологии производства, радиопрозрачность, авиастроение, ГГц, механическая прочность, гибридные технологии, проектирование, радиотехника, диэлектрические материалы.

Abstract: In this study, the design and fabrication of preferred composites, which are frequently used in structural parts used in aerospace projects today, to achieve electromagnetic conductivity were carried out. Using various analytical solutions in electromagnetic theory, the configurations of hybrid materials were obtained.

Keywords: Aerospace, electromagnetic, composite, manufacturing technologies, radio transparency, aircraft, GHz, mechanical strength, hybrid, design, radio engineering, dielectric materials.

Kirish

Elektromagnit o'tkazuvchan kompozit gibril materiallar bugungi kunda ko'plab sanoat ilovalarida foydalanish uchun keng imkoniyatlarga ega bo'lgan maxsus materiallar qatoriga kiradi. Ushbu materiallar turli xususiyatlarni birlashtirib, ularning elektromagnit va mexanik xususiyatlarini optimallashtiradigan moslashtirilgan dizayn yondashuvini ifodalaydi. Ularning dizayni va ishlab chiqarilishi odatda muhandislik, materialshunoslik va ishlab chiqarish texnologiyalari sohalarida fanlararo ishlarni talab qiladi.



«O'zbekiston olimi ayollarining
mamlakat taraqqiyotiga
qo'shayotgan hissasi»

XALQARO ILMIY-AMALIY
KONFERENSIYA
NUKUS, 9–10-OKTYABR 2026

Adabiyotlar tahlili va metodologiyasi

Dielektrik materiallar elektromagnit adabiyotlarda ushbu dastur uchun ishlatilishi kerak bo'lgan materiallar sinfiga berilgan nomdir. Taklif etilayotgan materialdagi kompozitlar dielektrik materiallar sinfiga kiradi. Dielektrik o'tkazuvchanlik materialning elektr o'tkazuvchanligini o'lchaydigan parametrdir. U material ichidagi zaryadlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirni aniqlaydi. Ushbu dastur uchun yaxshi dielektrik xususiyat afzal qilinganligi sababli, past dielektrik o'tkazuvchanlikni tanlash kerak. Yo'qotish tangensi materialning dielektrik xususiyatlarini baholaydigan yana bir muhim parametrdir. Kam yo'qotish tangensi bo'lgan materiallar yaxshi dielektrik xususiyatlarga ega. Ushbu parametrlar chastotaga qarab materialning dielektrik xususiyatlari qanday o'zgarishini aniqlashga yordam beradi (Cheng, 2014: 105-111, 287-289). Elektr parametrlarining ushbu xususiyatlari muhandislik dasturlarida material tanlash va loyihalashda hal qiluvchi rol o'ynaydi. 1-jadvalda turli tolalar va qatronlarning elektr xossalari ko'rsatilgan. Ushbu materiallar qatron bilan qo'llanilganda, bu parametrlar o'zgaradi (D. J. Kozakoff, 2010: 57-79).

Natijalar

1-jadval. Har xil tolalar va qatronlarning elektr xususiyatlari

Material	ϵ_r	$\tan\delta$
Kvarts	3.8	0.0001
S-Shisha	5.2	0.002
D-Shisha	4	0.005
E-Shisha	6.06	0.004
Kevlar(para-aramid tolasi)	4.1	0.02
Polyester	2.95	0.007
Epoksid qatroni	3.6	0.04
Polyimid polimeri	3,1	0.0055

2-jadval. Qatronlar bilan quvvatlanganda tolalarning elektr energiyasi

Material	ϵ_r	$\tan\delta$
Kvarts/Epoksi	3,12	0,011
E-shisha/Epoksi	4,4	0,016
Kevlar/Polyester	3.5	0,05
D-shisha/polisiyanat	3.45	0,009
Polietilen/epoksi	2.8	0,004

Ko'p qatlamli aks ettirish tahlili – bu elektromagnit to'lqinlarning material yuzasi bilan o'zaro ta'sirini o'rganadigan usul. Ushbu tahlil usuli qatlamli tuzilmalar seriyasida aks ettirish va uzatish hodisalarini tushunish uchun ishlatiladi. Elektromagnit to'lqinlar odatda turli dielektrik koeffitsientlari va qalinligi bo'lgan qatlamlardan o'tganda aks ettirish va uzatish hodisalarini keltirib chiqaradi. Ko'p qatlamli aks ettirish tahlili ushbu murakkab o'zaro ta'sirlarni matematik modellashtirish orqali moddiy xususiyatlarni aniqlash uchun ishlatiladi. Ushbu tahlilda har bir interfeysdagi elektromagnit to'lqinlarning aks ettirish va uzatish koeffitsientlari hisoblanadi. Ushbu ma'lumot materialning xususiyatlari haqida muhim ma'lumot beradi. Ko'p qatlamli aks ettirish tahlili ko'plab amaliy sohalarida, xususan, antenna dizayni va radar tizimini ishlab chiqish kabi mikroto'lqinli va

radiochastotalarda ishlaydigan qurilmalarda qo'llaniladigan muhim tadqiqot va dizayn vositasidir (Mazlumi, 2018: 1-4). Ushbu tahlil materiallar muhandisligi va elektromagnit muhandislik kabi ko'plab fanlarda qo'llaniladi. Eng umumiy shaklda aks ettirish va uzatish koeffitsientlari quyidagi tenglamada (1) (C) N qatlam uchun o'rta impedanslarni chiziqli ravishda olish yo'li bilan hisoblanadi (Balanis, 1989: 204-220).

$$(1) \quad \Gamma \cong \Gamma_0 + \Gamma_1 e^{-j2\beta_1 d_1} + \Gamma_2 e^{-j2(\beta_1 d_1 + \beta_2 d_2)} + \dots + \Gamma_N e^{-j2(\beta_1 d_1 + \beta_2 d_2 + \dots + \beta_N d_N)}$$

$$(2) \quad \Gamma_0 = n_1 - n_0 / n_1 + n_0$$

$$(3) \quad \Gamma_1 = n_2 - n_1 / n_2 + n_1$$

$$(4) \quad \Gamma_2 = n_3 - n_2 / n_3 + n_2$$

.....

$$(5) \quad \Gamma_N = n_L - n_N / n_L + n_N$$

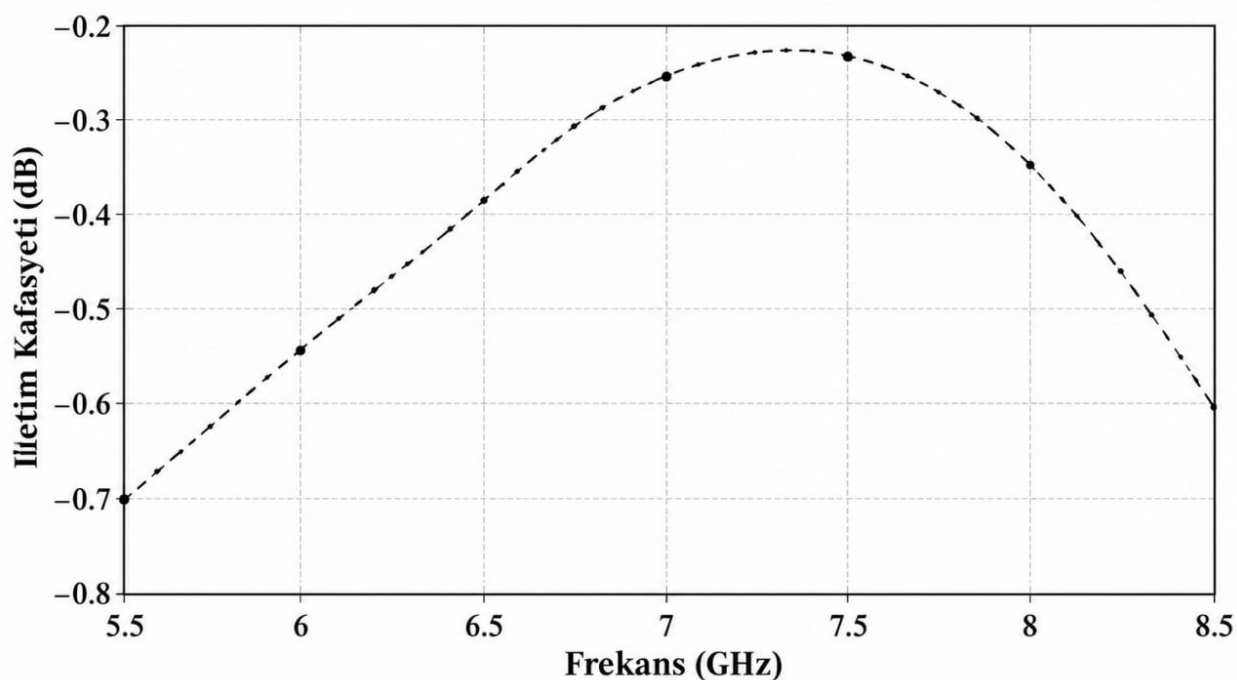
Konfiguratsiyasi ko'p qatlamli aks ettirish tahlili usuli bilan olingan gibril sendvich strukturasi matosi -18 ° C haroratda saqlanadigan muzlatgichdan chiqariladi va kesishdan oldin taxminan 8-12 soat davomida xona haroratida eritishga ruxsat beriladi. Kesish jarayoni kerakli konfiguratsiyaga va qatlamlar soniga ko'ra, "qatlam kesuvchi" deb nomlangan asbob yordamida amalga oshiriladi. Kesilgandan so'ng, birinchi tashqi plastinka uchun mog'or bo'shatuvchi vosita bilan ishlov berilgan va tozalangan qolipga 8-10 qatlam E-Glass prepreg qo'yiladi. Keyin, qattiqlashuv haroratiga qarab tanlangan yopishqoq plyonka yotqiziladi. Yuqoridan 4 mm chuqurchalar materiali yotqizilgan. Ko'plab chuqurchalar materialiga yana bir yopishqoq plyonka qo'ygandan so'ng, ikkinchi tashqi plastinka uchun 8-10 qatlamli E-Glass prepreg yotqiziladi. Keyin yotqizish yakuniy paketlash va changyutgich bilan yakunlanadi. Qism tegishli harorat, vakuum va bosim qiymatlariga muvofiq pishiriladi. Ushbu jarayondan so'ng, natijada olingan qismni tekshirish muhim, chunki u dizayn ma'lumotlariga mos kelishi kerak (SP Systems, 2021: 50-61).

Ma'lumotlar. Ushbu materiallar muhandislik va materialshunoslik sohalarida tobora ko'proq qiziqish uyg'otmoqda. Xuddi shunday, ular odatda elektromagnit to'lqin o'tkazuvchanligi va mexanik o'zaro ta'sirlar kabi xususiyatlarda kerakli parametrlarni ta'minlagan holda turli xil ilovalarda qo'llanilishi mumkin.

3-jadval. Taklif etilayotgan sendvich materialining qatlamli tuzilishi

E-shisha
Asal
E-shisha

Ushbu tadqiqotda ishlab chiqarilgan sendvich materiali 2,5 mm E-Shisha va 4 mm materialidan iborat edi. Strukturaning mustahkamligi tufayli tashqi plitalar uchun E-Glass, ichki qismida esa Honeycomb ishlatilgan. Hisoblangan uzatish koeffitsienti 7-7,5 gigagertsli diapazonda taxminan 0,2 dB ga yetdi. Bu shuni ko'rsatadiki, bu chastotadan foydalangan holda C-band ilovalarida afzalroq tuzilma bo'lishi mumkin.



1-rasm. Sendvich materiali uzatish koefitsientining chastotaga bog'liqligi

Ushbu tuzilma metodologiya bo'limida tavsiflanganidek ishlab chiqarilgan. Ishlab chiqarish VOLO Composite kompaniyasi tomonidan amalga oshirildi va ishlab chiqarish sohasidagi muhandislik, aviatsiya standartlariga muvofiq, ekspert xodimlar tomonidan.

Muhokama

Materiallarning elektromagnit xususiyatlari o'rganildi va tadqiqot natijalari o'rtoqlashdi. Materiallarni elektromagnit nuqtai nazardan turli usullar bilan tekshirish mumkin. Raqamli usullar bilan material dizayni bu jihatdan muhimdir. Bu yerda aks ettirish va uzatish koefitsientlariga qarab materialning xatti-harakati haqida xulosalar chiqarildi. Ushbu gibril kompozit materiallar VOLO doirasida aviatsiya standartlariga muvofiq ishlab chiqarilgan va tekshirilgan. Adabiyotdagi ilovalarni ko'rib chiqayotganda, tadqiqotda materiallar, elektromagnit va mashinasozlik bilan bog'liq topilmalar mavjud. Bu fanlararo mavzu bo'lib, bilimlarning integral birligini o'z ichiga oladi. Muhandislik ilovasi sifatida u foydalanish sohasiga qarab dizayn nuqtai nazaridan qiyin ish sifatida namoyon bo'ladi. Samolyot tuzilmalaridan tortib radar va aloqa tizimlarigacha bo'lgan ko'plab ilovalarni ishlatish uchun ro'yxatga olish mumkin. Tadqiqotda C diapazoni ichida 7-7,5 gigagertsli chastotada taxminan 0,2 dB uzatish koefitsienti olindi. Tegishli analitik yondashuv tushuntiriladi. Kompozit ishlab chiqarish amalga oshirildi, bosqichma-bosqich va tafsilotlar almashildi. VOLO Composite and Engineering aviatsiya, aloqa va radar ilovalari uchun elektromagnit o'tkazuvchan materiallarni faol ravishda loyihalashtiradi va ishlab chiqaradi. Shu munosabat bilan, kompozit ilovalar fanlararo yondashuv orqali muhandislik bilan birlashtiriladi. Taqdim etilgan bo'limlarda ma'ruzalar tayyorlandi va turli sohalardagi turli akademik tadqiqotlar va ilovalar bilan o'rtoqlashdi. Tadqiqotning maqsadi adabiyot va sanoatga tasdiqlangan materialni taqdim etishdir.

Xulosa

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi taklif etilayotgan materialni loyihalash va ishlab chiqarishga e'tibor qaratish va original yechimlarni taklif qilish orqali sanoat dasturlarida, xususan, ushbu ikki fan nuqtai nazaridan yanada samarali foydalanish potentsialini yaratishdir. Elektromagnit o'tkazuvchanlik va mexanik kuch kabi asosiy xususiyatlarni optimallashtiradigan ushbu materiallar simsiz aloqa tizimlari, elektron qurilmalar va ilovalar kabi ko'plab sohalarda keng qo'llanilishiga ega (Li va boshq., 2020: 1-8). Ushbu tadqiqot, ayniqsa, muhandislik istiqbollari e'tibor qaratgan holda, material dizayni va ishlab chiqarishni samarali birlashtirishga qaratilgan. Shu nuqtai nazardan, elektromagnit loyihalash muhandisligining analitik jarayonlari va ishlab chiqarish muhandisligi bosqichlari tushuntiriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Muhammad Talha Aamir, Muhammad Ali Nasir, Zafar Iqbal, Haris Ali Khan, Zhaib Muneer, (2023). Multi-disciplinary optimization of hybrid composite radomes for enhanced performance, Results in Engineering, Volume <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101547>. 20, ISSN 2590-1230
2. NADCAP (National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program), (2022). AC7118 Composites Audit Handbook. Warrendale, Pennsylvania.
3. I. -G. Lee, W. -S. Oh, Y. J. Kim and I. -P. Hong, (2020). "Design and Fabrication of Absorptive/Transmissive Radome Based on Lumped Elements Composed of Hybrid Composite Materials," in IEEE Access, vol. 8, pp. 129576-129585, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3009486.
4. D. K. Cheng, "Field and Wave Electromagnetics," (2014). 2nd Edition, Pearson Education Limited, London, England.
5. D. J. Kozakoff, Analysis of Radome-enclosed Antennas, (2010). 2nd Edition, Artech House, Boston.
6. Mazlumi, Farhad., (2018). "Analysis and design of flat asymmetrical a-sandwich radomes." Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC).
7. C. Balanis, (1989). "Advanced Engineering Electromagnetics," John Wiley & Sons, Hoboken. SP Systems Composite Engineering Materials, (2021). "SP Guide to Composites Book", England.
8. Burak Can KIŞLA1, Yusuf Engin YÖRÜK1 1VOLO Kompozit ve Mühendislik, Ar-Ge Birimi Ankara / Türkiye. ELEKTROMANYETİK GEÇİRGEN KOMPOZİT HİBRİT MALZEMELERİN TASARIMI VE ÜRETİMİ