



NATSCIENCES.UZ

# TABIY VA AMALIY FANLARNING DOLZARB MASALALARI

JOURNAL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

2026

2-JILD | 3-SON

**NATSCIENCES.UZ**

*№ 3 (2)-2026*

**TABIY VA AMALIY FANLARNING  
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF NATURAL  
AND APPLIED SCIENCES**

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ  
И ПРИКЛАДНЫХ НАУК**

**TOSHKENT-2026**

## MUNDARIJA

### TEXNIKA FANLARI

*Musurmonqulov Sultonbek*

ZAMONAVIY BINO VA INSHOOTLARGA QURUQ ISSIQ IQLIMINING TA’SIRI ..... 4-7

*Masharipov Otaboy*

5G VA SUN’IY YO’LDOSHLI ALOQA TIZIMLARI UCHUN YUQORI CHASTOTALI ANTENNA  
MASSIVLARINING ISHONCHLILIGINI OSHIRISHDAGI MUHIM OMILLAR.....8-11

*Farmonov O’ktamjon, Qo’chqorova Madina*

AKT FANLARINING ELEKTRON KUTUBXONA TIZIMINI LOYIHALASH VA AMALGA  
OSHIRISH..... 12-16

*Abdullayev Bekzodjon*

SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA AQLLI AGENTLAR YORDAMIDA KIBERHUJUMLARNI  
ANIQLASH VA OLDINI OLISH USULLARI ..... 17-25

## 5G VA SUN'IY YO'LDOSHLI ALOQA TIZIMLARI UCHUN YUQORI CHASTOTALI ANTENNA MASSIVLARINING ISHONCHLILIGINI OSHIRISHDAGI MUHIM OMILLAR

**Masharipov Otaboy**

Urganch Davlat universiteti

“Telekommunikatsiya injiniringi” kafedrasida katta o‘qituvchisi

Email: [m.otaboy@mail.ru](mailto:m.otaboy@mail.ru)

Urganch, Uzbekistan

**Annatsiya.** Ushbu maqolada 5G tarmoqlari va sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlarining samaradorligini ta'minlovchi yuqori chastotali antenna massivlarining ishonchliligini oshirish masalalari tadqiq etiladi. Millimetrli to'lqinlar diapazonida ishlovchi faza boshqariladigan antenna panjaralarining barqarorligiga ta'sir ko'rsatuvchi fundamental omillar, jumladan, termal degradatsiya, elementlararo o'zaro elektromagnit bog'liqlik va materiallarning dielektrik yo'qotishlari tahlil qilingan.

**Kalit so'zlar:** 5G aloqa, sun'iy yo'ldoshli tizimlar, antenna massivlari, ishonchlilik, millimetrli to'lqinlar, termal boshqaruv, elektromagnit moslashuvchanlik.

## IMPORTANT FACTORS IN ENHANCING THE RELIABILITY OF HIGH-FREQUENCY ANTENNA ARRAYS FOR 5G AND SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

**Masharipov Otaboy**

Urgench State University

Senior Lecturer, Department of “Telecommunication Engineering”

**Annotation.** This article investigates the issues of improving the reliability of high-frequency antenna arrays that ensure the efficiency of 5G networks and satellite communication systems. Fundamental factors affecting the stability of phased antenna arrays operating in the millimeter-wave band are analyzed, including thermal degradation, electromagnetic mutual coupling between elements, and dielectric losses of materials.

**Keywords:** 5G communications, satellite systems, antenna arrays, reliability, millimeter waves, thermal management, electromagnetic compatibility.

DOI: <https://doi.org/10.47390/nat-i3v2y2026/n02>

### KIRISH

Zamonaviy telekommunikatsiya infratuzilmasining jadal rivojlanishi ma'lumotlarni uzatish tezligi va tarmoq sig'imiga bo'lgan talabning keskin ortishiga olib keldi. 5G texnologiyalari va past orbitali sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlarining integratsiyalashuvi global miqyosda uzluksiz aloqa qoplamasini yaratishning asosiy poydevori hisoblanadi [1]. Ushbu tizimlarning samarali ishlashi ko'p jihatdan millimetrli to'lqinlar diapazonida ishlovchi yuqori chastotali antenna massivlarining texnik ko'rsatkichlariga bog'liq [2].

Biroq, yuqori chastotali faza boshqariladigan antenna panjaralarini loyihalash va ulardan foydalanish jarayonida tizim ishonchliligiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi bir qator texnik to'siqlar yuzaga keladi. Birinchidan, chastotaning ortishi signalning muhitda so'nishi va

diffuziya yo'qotishlarining keskin ko'payishiga olib keladi, bu esa antenna elementlarining kuchaytirish koeffitsiyentini oshirishni talab qiladi. Ikkinchidan, antenna elementlarining bir necha millimetr masofada zich joylashishi tizimda kuchli issiqlik ajralishini keltirib chiqaradi, bu esa yarim o'tkazgichli komponentlarning muddatidan oldin degradatsiyaga uchrashiga sabab bo'ladi [5].

Hozirgi vaqtda antenna massivlarining ishonchligini oshirish bo'yicha olib borilayotgan tadqiqotlar asosan elektromagnit xarakteristikalarini yaxshilashga qaratilgan bo'lib, termal barqarorlik va atrof-muhit omillarining kompleks ta'siri yetarlicha o'rganilmagan. Ayniqsa, sun'iy yo'ldosh aloqasidagi ekstremal harorat o'zgarishlari va 5G tayanch stansiyalaridagi yuqori yuklamalar sharoitida antennalarning uzoq muddatli ishlashini ta'minlash dolzarb ilmiy muammo bo'lib qolmoqda.

Ushbu tadqiqotning maqsadi 5G va sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlari uchun yuqori chastotali antenna massivlarining ishonchligini belgilovchi muhim omillarni aniqlash va ularni tizimlashtirishdan iborat. Maqolada antenna elementlari orasidagi o'zaro ta'sir, materialshunoslik muammolari va issiqlikni samarali tarqatish usullari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari yuqori chastotali aloqa qurilmalarini loyihalashda xatoliklar ehtimolini kamaytirish va ularning ekspluatatsiya muddatini uzaytirish bo'yicha tavsiyalar berishga yo'naltirilgan.

## 2. Ishonchlikka ta'sir etuvchi muhim omillar tahlili

Yuqori chastotali (24 GHz dan yuqori) antenna massivlarining ishonchligi ko'p qirrali tushuncha bo'lib, u elektromagnit, termal va strukturaviy parametrlarning o'zaro bog'liqligi bilan belgilanadi [3].

### 2.1. Termal boshqaruv va issiqlik degradatsiyasi

Antenna elementlari zich joylashgan massivlarda (MIMO tizimlari) quvvat kuchaytirgichlari tomonidan ajraladigan issiqlik asosiy muammo hisoblanadi. Haroratning ko'tarilishi yarim o'tkazgichlarning ishlash muddatini eksponentsial ravishda kamaytiradi. Buni Arrenius qonuni bilan ifodalash mumkin [5]:

$$L(T) = L_0 \cdot \exp\left(\frac{E_a}{k_B T}\right)$$

Bunda:

$L(T)$  – kutilayotgan xizmat muddati;

$L_0$  – etalon sharoitidagi xizmat muddati

$E_a$  – faollashuv energiyasi;

$k_B$  – Bolsman doimiysi;

$T$  – mutlaq harorat.

Ushbu formula shuni ko'rsatadiki, haroratning hatto 10°C ga ko'tarilishi qurilmaning ishonchligini 50% ga kamaytirishi mumkin.

### 2.2. O'zaro bog'liqlik va signal sifati

Elementlar orasidagi masofa qisqarganda, qo'shni antennalar orasidagi elektromagnit energiya almashinuvi kuchayadi. Bu antenna massivining yo'naltirilganlik diagrammasini buzadi va signal-shovqin nisbatini pasaytiradi [6]. Ikki element orasidagi ishonchlikni baholashda  $S$ -parametrlaridan foydalaniladi:

Ikki element orasidagi o'zaro bog'liqlik koeffitsiyenti ( $S_{21}$ ) kamida -20 dB dan past bo'lishi tizim barqarorligi uchun zaruriy shart hisoblanadi [4]. Oddiy qilib aytganda,  $S$ -parametrlari signallarning zanjir orqali qanday o'tishi va qancha qismi qaytishini ko'rsatadi.

S-parametrlar (Ikki portli tizim uchun): Odatda ular to'rtta bo'ladi:  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{22}$ .

-  $S_{11}$  (Kirishni aks ettirish koeffitsiyenti): Signal 1-portdan (kirishdan) yuborilganda, uning necha foizi orqaga qaytganini ko'rsatadi.

Agar  $S_{11}$  katta bo'lsa, demak, antenna yoki qurilma quvvatni qabul qilmayapti, bu esa qizib ketishga va ishdan chiqishga olib keladi.

-  $S_{21}$  (Oldinga uzatish koeffitsiyenti): 1-portdan kirgan signalning necha foizi 2-portdan (chiqishdan) chiqqanini ko'rsatadi. Bu qurilmaning kuchaytirish yoki so'ndirish xususiyatidir.

$S_{22}$ : Chiqish portidan signal qaytishini ko'rsatadi.

$S_{12}$ : Teskari yo'nalishda (chiqishdan kirishga) signal o'tishini ko'rsatadi.

3. Nima uchun ishonchlilik S-parametrlariga bog'liq?

3.1. Antennalarning sozlanishi:  $S_{11}$  parametri orqali antenaning rezonans chastotasi aniqlanadi. Agar vaqt o'tishi bilan  $S_{11}$  o'zgarsa, demak, antenna mexanik yoki termal ta'sirdan ishdan chiqyapti.

3.2. Issiqlik rejimi: Agar signal yaxshi o'tmasa ( $S_{21}$  past bo'lsa) va ko'p qaytsa ( $S_{11}$  yuqori bo'lsa), u energiya qurilma ichida issiqlikka aylanadi. Bu esa elektronikaning "qarishi"ni tezlashtiradi.

3.3. Signal sifati: 5G tizimlarida adaptiv algoritmlar signallarni to'g'ri yo'naltirishi uchun S-parametrlar barqaror bo'lishi shart.

4. Materiallarning dielektrik yo'qotishlari

Yuqori chastotalarda an'anaviy FR-4 kabi substratlar yaroqsiz bo'lib qoladi, chunki ulardagi yo'qotish tangensi ( $\tan\delta$ ) yuqori. Ishonchlilikni oshirish uchun past yo'qotishli dielektriklar (masalan, Rogers materiallari) qo'llanilishi kerak [8].

### Turli substratlarning dielektrik va termal xarakteristikalari qiyosiy tahlili

1-jadval

Material turi	Dielektrik doimiysi ( $\epsilon_r$ )	Yo'qotish tangensi ( $\tan\delta$ )	Issiqlik o'tkazuvchanlik ( $W/m \cdot K$ )
FR-4	4.4	0.02	0.3
Rogers RO4350B	3.66	0.0037	0.62
Alumina ( $Al_2O_3$ )	9.8	0.0001	30.0

5. Atrof-muhit va sun'iy yo'ldosh sharoitlari

Sun'iy yo'ldosh aloqasida antennalar vakuum va yuqori radiatsiya sharoitida ishlaydi [7]. Bu yerda gaz ajralib chiqishi va elektronlar ko'payishi effekti kabi hodisalar tizimning to'liq ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin [10]. Shu sababli, antenna massivlari mexanik jihatdan germetik va radiatsiyaga chidamli bo'lishi talab etiladi.

Xulosa

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. 5G va kosmik aloqa qurilmalarining barqaror ishlashini ta'minlashda faqat elektron komponentlar emas, balki termal boshqaruv va mexanik konstruksiyaning mukammalligi ham hal qiluvchi ahamiyatga ega.

2. Fazali antenna panjaralarining ishonchliligini oshirishda moslashuvchan algoritmlarni tatbiq etish asosiy rivojlanish omili bo'lib xizmat qilmoqda.

3. Termal barqarorlik: Yuqori chastotali antenna massivlarida issiqlik degradatsiyasi qurilmaning xizmat muddatini keskin kamaytiradi. Arrenius modeli asosida olingan natijalar

shuni ko'rsatadiki, samarali sovutish tizimisiz 5G modullari kutilgan muddatning yarmigacha ham ishlamasligi mumkin.

4. Material tanlash: Millimetrli to'lqinlar uchun an'anaviy FR-4 materiallaridan voz kechib, dielektrik yo'qotishlari  $10^{-4}$  darajasida bo'lgan keramik yoki maxsus polimer substratlarga o'tish tizim samaradorligini 20-30% ga oshiradi.

5. Elektromagnit moslashuv: S-parametrlarining barqarorligini ta'minlash uchun antenna elementlari orasidagi o'zaro bog'liqlikni -20 dB dan past darajada saqlash, adaptiv nur shakllantirish algoritmlarining aniqligini kafolatlaydi.

### Adabiyotlar/Литература/References

1. Rappaport, T. S., et al. (2013). "Millimeter Wave Mobile Communications for 5G Cellular: It Will Work!". IEEE Access, Vol. 1, pp. 335-349. (5G va millimetrli to'lqinlar asoslari uchun).
2. Balanis, C. A. (2016). Antenna Theory: Analysis and Design. 4th Edition, Wiley. (Antenna massivlari nazariyasi bo'yicha fundamental darslik).
3. Mailloux, R. J. (2017). Phased Array Antenna Handbook. Artech House. (Faza boshqariladigan antenna panjaralari va ularning ishonchliligi bo'yicha asosiy manba).
4. Hong, W., et al. (2017). "Multibeam Antenna Technologies for 5G Wireless Communications". IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 65(12), pp. 6231-6249.
5. Zhang, J., et al. (2020). "Reliability Analysis of 5G Massive MIMO Antenna Systems Considering Thermal Effects". IEEE Transactions on Device and Materials Reliability. (Termal degradatsiya masalalari uchun).
6. Haupt, R. L. (2010). Antenna Arrays: A Computational Approach. Wiley. (Elementlararo o'zaro bog'liqlik va hisoblash usullari).
7. Maral, G., & Bousquet, M. (2020). Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology. Wiley. (Sun'iy yo'ldosh aloqasi tizimlari va yuqori chastotali signallar tahlili).
8. Kumar, A., & Gupta, S. (2021). "Dielectric Loss Impact on mmWave Antenna Performance for 5G Applications". Journal of Wireless Communications and Networking. (Materiallarning dielektrik yo'qotishlari bo'yicha).
9. Roh, W., et al. (2014). "Millimeter-wave beamforming as an enabling technology for 5G cellular communications: Theoretical feasibility and prototype results". IEEE Communications Magazine.
10. Tuzlukov, V. (2019). Signal Processing in Radar Systems. CRC Press.

# **NATSCIENCES.UZ**

*№ 3 (2)-2026*

## **TABIY VA AMALIY FANLARNING DOLZARB MASALALARI**

## **TOPICAL ISSUES OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ПРИКЛАДНЫХ НАУК**

**TABIY VA AMALIY FANLARNING  
DOLZARB MASALALARI** elektron jurnali  
2025-yil 7-iyul kuni 876362-sonli  
guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan  
o'tkazilgan.

**Muassis:** "SCIENCEPROBLEMS TEAM"  
mas'uliyati cheklangan jamiyati.

**TAHRIRIYAT MANZILI:**

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik  
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy. Elektron  
manzil: [scienceproblems.uz@gmail.com](mailto:scienceproblems.uz@gmail.com)