

## ОПТИК СИМСИЗ АЛОҚА ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИНГ ЯНГИ АВЛОД УЙАЛИ АЛОҚА ТАРМОҚЛАРИДАГИ О‘РНИ

*Xatamova Mavluda Komiljon qizi*

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi*

*Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Urganch filiali*

*Telekommunikatsiya injiniringi kafedrasida stajor-o‘qituvchisi*

*[xatamovamavluda7@gmail.com](mailto:xatamovamavluda7@gmail.com)*

*Matsapayev Jamshidbek Sodiqjon o‘g‘li*

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi*

*Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Urganch filiali*

*Telekommunikatsiya injiniringi kafedrasida stajor-o‘qituvchisi*

*[matsapaevjamshid@gmail.com](mailto:matsapaevjamshid@gmail.com)*

*Saidmurotov Sulaymon Ollaberganovich*

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi*

*Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Urganch filiali*

*Dasturiy injiniringi yo‘nalishi talabasi*

*[sulaymon.ollaberganovich@gmail.com](mailto:sulaymon.ollaberganovich@gmail.com)*

**Abstract:** There is the possibility of transmitting information through optical space without the use of any waveguide structures. In the scientific literature, the disadvantages of using the method of transmitting data using radio waves and the impossibility of effective use of radio communication as a communication channel in 5G, 6G networks were noted. In this regard, the article describes the requirements, features for a new generation of cellular networks. Various technologies of wireless optical communication and their physical properties are considered.

**Keywords:** cellular, 5G, 6G, Internet of Things (IoT), optical communication, OWC.

**Аннотация:** есть возможность передавать информацию через оптическое пространство без использования каких-либо волноводных структур. В научной литературе отмечены недостатки использования метода передачи данных с помощью радиоволн и невозможность эффективного использования радиосвязи в качестве канала связи в сетях 5G, 6G. В связи с этим в статье описаны требования, особенности, предъявляемые к сотовым сетям нового поколения. Рассмотрены различные технологии беспроводной оптической связи и их физические свойства.

**Ключевые слова:** сотовая связь, 5G, 6G, интернет вещей (IoT), оптическая связь, OWC.

**Annatsiya:** Ma'lumotni optik bo'sh joy orqali har qanday to'lqin o'tkazuvchi tuzilmalardan foydalanmasdan uzatish imkoniyati mavjud. Ilmiy adabiyotlarda radio to'lqinlar yordamida ma'lumotlarni uzatish usulidan foydalanishning kamchiliklari va 5G, 6G tarmoqlarida aloqa kanali sifatida radioaloqadan samarali foydalanishning mumkin emasligi qayd etilgan. Shu munosabat bilan maqolada yangi avlod uyali aloqa tarmoqlariga qo'yiladigan talablar, xususiyatlar tasvirlangan. Simsiz optik aloqaning turli xil texnologiyalari va ularning fizik xususiyatlari ko'rib chiqiladi.

**Kalit so'zlar:** uyali aloqa, 5G, 6G, narsalar interneti (IoT), optik aloqa, OWC.

### Kirish.

*Uyali aloqa* - bu abonentlar tayanch stansiyalar tarmog'idan foydalangan holda bir-biri bilan aloqa o'rnatadigan radioaloqaning bir turi hisoblanadi. Ushbu stansiyalardan foydalanuvchilar signalni qabul qiladi va uzatadi.

*Radioaloqa* - bu xabarlarini radio to'lqinlari orqali masofaga uzatish usuli. Hozirgi vaqtda radioaloqa turli xil simsiz ulanishlar uchun keng qo'llaniladi, ammo radiochastotaga asoslangan aloqa bir qator cheklovlarga duch keladi, masalan

- cheklangan spektr;
- ob-havo sharoitlariga bog'liqlik;
- katta shovqin effekti;
- qat'y tartibga solish[1]

3G va 4G mobil radioaloqa texnologiyalari hamma joyda qo'llaniladi, ularning xususiyatlari ma'lumotlar uzatish kanaliga bog'liq. Biroq, radiochastotaga asoslangan simsiz aloqa texnologiyalari 5G va 6G tarmoqlarining barcha ehtiyojlarini qondirish uchun yetarli emas. Shu sababdan tadqiqotchilar aloqa tarmoqlariga nisbatan tobora ortib borayotgan talablarni qondiradigan yangi aloqa turini aniqlashga intilmoqda.

Optik spektrga asoslangan simsiz aloqa kelajakdagi aloqa tarmoqlari, shu jumladan beshinchi va oltinchi avlod tarmoqlari uchun asosiy tur sifatida faol ko'rib chiqilmoqda.

*Tadqiqot vazifalari:*

- 5G, 6G tarmoqlarining asosiy xususiyatlari va talablarini tavsiflang.
- Turli xil OWC texnologiyalarini ko'rib chiqing.
- Optik aloqa texnologiyalarining fizik imkoniyatlarini ko'rsating.
- 5G, 6G tarmoqlarida OWC texnologiyalarini qo'llash imkoniyatlarini aniqlang.
- OWC ga asoslangan dolzarb ishlar va tizimlarga misol keltiring.

#### 1. **Optik simsiz aloqa** (Optical wireless communications) konsepsiyasi.

Optik simsiz aloqa (OWC- **Optical wireless communications**) – bu signalni uzatish uchun ko'rinadigan, ultrabinafsha va infraqizil nurlardan foydalanadigan optik aloqa shakli. Optik simsiz aloqa beshinchi va oltinchi avlod aloqa tarmoqlari, sun'iy intellekt, narsalar interneti zamonaviy raqamli iqtisodiyotning asosi bo'ladi. Narsalar

interneti (Internet of Things, IoT) - bu o'rnatilgan ob'ektlar bilan jihozlangan jismoniy ob'ektlar ("narsalar") o'rtasida ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining konsepsiyasi.[2]

IoT tarmog'i real vaqt rejimida turli xil tizimlarni bir qator ijtimoiy, sanoat va biznes dasturlari bilan almashtirishga imkon beradi. IoT-ga ulanadigan oxirgi foydalanuvchi qurilmalari soni doimiy ravishda o'sib bormoqda, buning natijasida IoT tarmog'ida doimiy ravishda katta miqdordagi ma'lumotlar hosil bo'ladi. OWC texnologiyasi qurilmalarning ommaviy ulanishi bilan IoT tarmoqlarida resurslarni sezish, kuzatish va almashishda muhim rol o'ynashi mumkin. OWC ning asosiy afzalligi shundaki, optik aloqa IoT tarmog'ini qurishda zarur bo'lgan kam quvvat va yuqori xavfsizlik talablariga javob beradi.

Beshinchi avlod uyali aloqa juda yuqori sifatli xizmat ko'rsatadigan yangi xizmatlarni taklif etadi (**Quality of Service QoS**). QoS ikkita eng muhim tarmoq xususiyatlarini o'z ichiga oladi.

- ishlash va ishonchlik.
- ultra yuqori tarmoqli kengligi tizimi;
- ultra past kechikish;
- ultra yuqori xavfsizlik;
- qurilmalarni ommaviy ulash;
- ultra past quvvat sarfi [3]

6G aloqa tizimining ishga tushirilishi 2027 va 2030 yillar orasida kutilmoqda. 6G spetsifikatsiyasi hali aniq aniqlanmagan, ammo tadqiqot ro'yxati allaqachon tuzilgan. Asosiy parametrlar:

- o'tkazish qobiliyatini oshirish;
- ulanishlar sonini ko'paytirish;
- kechikishni kamaytirish;
- xavfsizlikni yaxshilash;
- energiya samaradorligini oshirish;
- foydalanuvchining QoS darajasini oshirish;
- ishonchliligini oshirish[4]

Shuni ta'kidlash kerakki, aloqa tizimlarini rivojlantirish va takomillashtirishning asosiy yo'nalishlari o'xshashdir. Biroq, 6G aloqa tizimi global aloqa vositasi bo'lishi kutilmoqda va xizmat ko'rsatish darajasi 5G bilan taqqoslaganda bir necha baravar yaxshi bo'ladi. Keng optik diapazon 5G, 6G va IoT tarmoqlarini rivojlantirish uchun istiqbolli yechim hisoblanadi. OWC texnologiyasining afzalliklari radioaloqa bilan taqqoslaganda:

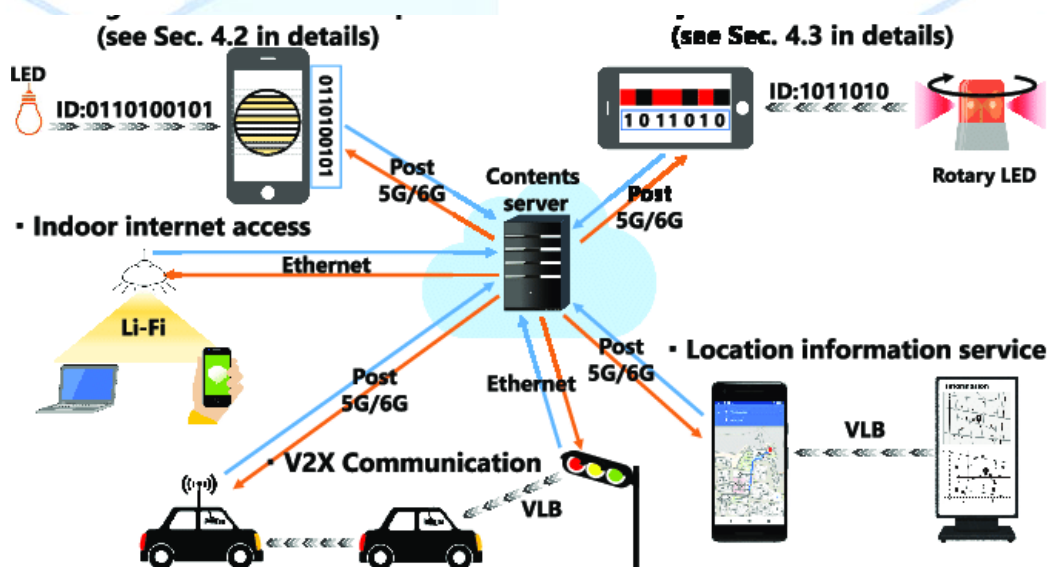
- keng spektr;
- ma'lumotlarni uzatishning yuqori tezligi;
- past kechikish;
- yuqori xavfsizlik;

- arzon narx;
- kam quvvat sarfi.

Aloqa ob'ektlari orasidagi masofa bir necha nanometrdan bir necha ming kilometr gacha o'zgarishi mumkin, bunga turli xil OWC tizimlarini joylashtirish orqali erishiladi.

OWC tizimlarining asosiy texnologiyalari:

- ko'rinadigan yorug'lik aloqasi (**Visible Light Communication, VLC**);
- Light Fidelity (Li-Fi);
- optik kamera aloqasi (**Optical Camera Communication, OCC**);
- bo'sh joydagi optik aloqa (Free-Space Optics, FSO).[5]



1-rasm. Yangi uyali aloqa tarmoqlarida qo'llaniluvchi texnologiyalar.

Yuqoridagi texnologiyalar farqlar va o'xshashliklarga ega, xususan ular turli xil nurlanish, qabul qilish va uzatish uskunalaridan foydalanadilar, shuning uchun har bir texnologiyaning afzalliklari, kamchiliklari va foydalanish cheklovlari mavjud. Shunday qilib, OWC texnologiyasi o'zining dolzarb xususiyatlari tufayli 5G, 6G va IoT tarmoqlarini rivojlantirish va amalga oshirishda muhim rol o'ynashi mumkin.

## 2. 5G, 6G va IoT tarmoq talablarini ko'rib chiqish.

Mobil aloqaning beshinchi avlodi tarmoqning ba'zi asosiy xususiyatlarini o'tgan avlodlarga nisbatan ancha yaxshilanishini ta'minlaydi. Bu zamonaviy getrogen multimedia dasturlarini samarali qo'llab-quvvatlash uchun kerak.

5G tarmoqlariga qo'yiladigan asosiy talablar quyidagilardan iborat:

- Yuqori trafik hajmi (**high traffic volume**). Birlik maydoniga to'g'ri keladigan ma'lumotlar hajmi 4G tarmoqlariga qaraganda yuzlab marta katta.
- Keng ko'lamlı ommaviy ulanish (massive connectivity). Ulangan qurilmalar soni 4G tarmoqlariga qaraganda o'n baravar ko'p.

-Foydalanuvchi ma'lumotlarining yuqori tezligi (**high user data rate link**). Ma'lumot uzatish tezligi 10 Gbit/s ga yetadi, bu 4G ga nisbatan 10-100 baravar yuqori.

- Kam quvvat sarfi (**extremely low latency**). 5G tizimlarining quvvat sarfi 4G tizimlariga qaraganda 90% kamroq bo'ladi.

- Juda past kechikish (**extremely low latency**). 5G tarmog'ining kechikishi submillisekund / millisekund bo'lishi kerak[5].

6G tarmoqlariga qo'yiladigan talablar hali standartlashtirilmagan. Aloqa tarmoqlarining hozirgi rivojlanish tendensiyalarini hisobga olgan holda, qurilmaga o'nlab Gbit/s dan bir necha Tbit/s gacha bo'lgan ma'lumotlarni uzatish tezligi oltinchi avlod tarmoqlariga qo'yiladigan asosiy talablardan biri bo'ladi deb taxmin qilish mumkin.

*6G tarmoqlaridan quyidagi natijalar kutilmoqda:*

- ma'lumotlar uzatish tezligi 5G dan 1000 baravar yuqori bo'ladi;

- ultra past quvvat sarfi va 1 MS dan kam kechikish bilan Ultra uzoq aloqani tashkil qilish;

- fazoviy multiplekslashdan foydalaniladi, yuqori spektral samaradorlik (100 bit/s Hz);

- mavjud uyali avlodlarga nisbatan Ultra yuqori xavfsizlik, o'ta ishonchlilik, Ultra past quvvat sarfini ta'minlaydi.

*IoT tizimlari uchun asosiy talablar quyidagilar:*

- qurilmalarning arzonligi;
- joylashtirishning arzonligi;
- yuqori energiya samaradorligi;
- yuqori xavfsizlik va maxfiylik;
- ko'p sonli qurilmalarni qo'llab-quvvatlash.

### 3. OWC texnologiyasini ko'rib chiqish

OWC tizimlarining quyidagicha asosiy texnologiyalari mavjud va ular transmitter turi, qabul qiluvchisi, nurlanish shaklida farqlarga ega. Sxematik ravishda ular 2-rasmda keltirilgan.

-VLC transmitter sifatida yorug'lik chiqaradigan diodlardan (LED) yoki lazer diodlaridan (LD) va qabul qiluvchi sifatida fotodetektorlardan (FD) foydalanadi. VLC aloqa vositasi sifatida ko'rinadigan nurlanishdan (LV)foydalanadi.

-Li-Fi texnologiyasi simsiz ikki tomonlama optik yuqori tezlikdagi aloqa texnologiyasidir. Ushbu texnologiya uzatuvchi sifatida LED va qabul qiluvchi sifatida PD dan foydalanadi.

- OCC texnologiyasi transmitter sifatida LED matritsasi va qabul qilgich sifatida tasvir sensoridan foydalanadi. Tasvir sensori sifatida maydoniy tranzistordan tarkib topgan videokamera ishlatiladi. O'rnatilgan metall oksidli yarimo'tkazgichli

kameralar tasvir sensorlari bilan "suratga olish" ni osonlashtiradi. Aloqa vositasi sifatida OCC odatda LV yoki IQ nurlanishidan foydalanadi. Ultrabinafsha (UV) spektridan aloqa vositasi sifatida ham foydalanish mumkin.

- FSO texnologiyasi odatda LD va PD ni mos ravishda uzatuvchi va qabul qiluvchi sifatida ishlatadi.



2-rasm. 5G,6G va IoT tizimlari uchun OWC texnologiyalari

1-jadval. Turli OWC texnologiyalaridagi ishlash ko'rsatkichlarini taqqoslash va jismoniy imkoniyatlari va texnik xususiyatlari.

Parametr	VLC	Li-Fi	OCC	FSO	4G uyali aloqa
Topologiya turi	Birtomonlama yoki ikki tomonlama	Ikki tomonlama	Birtomonlama	Birtomonlama yoki ikki tomonlama	Ikkitomonlama
Uzatish buzilishlari	20 metr	10 metr	60 metr	10000 km gacha	13.4 km
Harakatchanlik	ha	ha	ha	yo'q	ha
Shovqin darajasi	past	past	Yo'q	past	O'rta
Uzatish tezligi	10 Gbit/s LED 100 Gbit/s LD	10 Gbit/s LED 100 Gbit/s LD	55 Mbit/s	40.665 Gbit/s	100 Mbit/s
Xafsizlik darajasi	yuqori	yuqori	yuqori	yuqori	o'rtacha

#### 4. Li-Fi texnologiyasi texnik xususiyatlari.

Li-Fi tarmoqlarining o'tkazish qobiliyati hozirgi vaqtda 1 Gbit/s ga yetadi. Li-Fi tarmog'ida 90 sm masofada  $2 \cdot 10^{-5}$  bit xato ehtimolligi mavjud (Bit Error Rate, BER).

Li-Fi tarmoqlarining diapazoni 10-20 m<sup>2</sup> maydonni signal bilan to‘liq qoplashga imkon beradi.

Li-Fi tarmoqlarida ma'lumotlar xavfsizligi oshadi, chunki LV xonadan tashqariga chiqmaydi.

Li-Fi tarmoqlari signallarning bir-biriga salbiy ta'sir ko'rsatmasdan cheksiz ko'p foydalanuvchilarga xizmat ko'rsatishi mumkin. Qo'shimcha chastota diapazonini ajratish bepul va litsenziyalash tartibini talab qilmaydi.

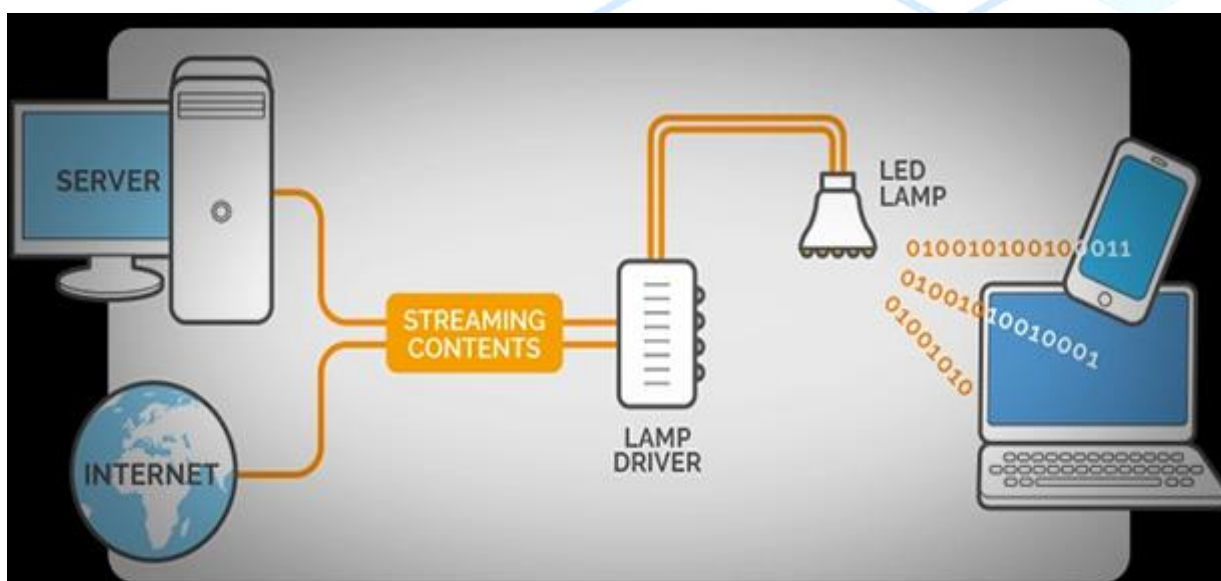
Ko'pincha binolarga o'rnatilgan energiya tejaydigan LED lampalardan foydalanish energiya xarajatlarini kamaytirishga imkon beradi. Ularni modernizatsiya qilish va Li-Fi tarmog'iga ulanish uchun bir nechta qo'shimcha komponentlarni o'rnatish kifoya.

*Li-Fi texnologiyasiga asoslangan tizimlarning afzalliklari:*

- keng chastota diapazoni;
- yuqori tarmoqli kengligi;
- amalga oshirishning soddaligi va arzonligi;
- foydalanish uchun litsenziyalar talab qilinmaydi;
- radio diapazoni ishlatilmaydi;
- ko'rinadigan yorug'lik boshqa chastotalarning elektromagnit to'lqinlari bilan o'zaro ta'sirlashganda shovqin hosil bo'lmaydi.

*Kamchiliklari:*

- qabul qilgich va transmitter o'rtasida ko'rish chizig'i zarur;
- fotodetektorni yoritishda nosozliklar va xatolar bo'lishi mumkin;
- Li-Fi faqat yorug'lik konuslari ichida ishlaydi.



3-rasm. Mahalliy Li-Fi tarmog'ining sxematik ko'rinishi.

## 5. OWC texnologiyasiga asoslangan 5G, 6G va IoT tarmoqlari

Radioaloqa kanalini tashkil qilishda 3 kHz dan 3000 GHz gacha bo'lgan chastotalar qo'llaniladi. Radiochastota diapazonining bir qismi (3 kHz – 10 GHz) qulay aloqa xususiyatlari tufayli mavjud simsiz texnologiyalar tomonidan keng qo'llaniladi. Diapazonning bu qismi deyarli tugadi, qolganlari 5G, 6G va IoT tarmoqlarining yuqori talablariga javob bermaydi.

OWC texnologiyalari 5G, 6G va IoT tarmoqlarida aloqa kanallarini yaratish uchun ajoyib xususiyatlarga ega. OWC turli xil dasturlar uchun ishlatilishi mumkin, masalan, bir necha aloqa turlarini amalga oshirish:

- mashinalararo o'zaro ta'sir (**machine-to-machine**);
- qurilmalar o'rtasidagi o'zaro ta'sir (**device-to-device**);
- chiplar orasidagi o'zaro ta'sir (chip-to-chip);
- transport vositalarining o'zaro ta'siri (vehicle-to-vehicle);
- turli infratuzilmalarning o'zaro ta'siri.

Optik aloqa qurilmalarni bir necha nanometr dan ortiq masofada almashtirishga imkon beradi.

*OWC texnologiyasi quyidagilarni ta'minlaydi:*

- ma'lumotlarni uzatishning yuqori tezligi (100 Gbit/s gacha);
- yuqori tarmoqli kengligi;
- yuqori darajadagi xavfsizlik;
- kam quvvat sarfi;
- infratuzilma va qurilmalarning arzonligi;
- shovqin yo'qligi;
- qurilmalarga integratsiya qilish qulayligi;
- ruxsat etilgan chastota diapazonini litsenziyalashning hojati yo'qligi.

### Xulosa

Ushbu tadqiqotdan shuni xulosa qilish mumkinki Radiochastotaga asoslangan tizimlar kelajakdagi 5G/6G va IoT tarmoqlarining yuqori talablariga javob bera olmaydi. OWC texnologiyasining jismoniy imkoniyatlari radioaloqaning barcha kamchiliklarini qoplaydi, shuningdek, bir qator parametrlar bo'yicha radiochastotalarga asoslangan simsiz aloqadan ustun turadi.

Shunday qilib, yangi avlod uyali aloqa tarmoqlarini qurish uchun OWC texnologiyalaridan foydalanish radiochastotalarga asoslangan aloqa tizimlariga xos muammolarni hal qiladi. OWC 5G, 6G tarmoqlari va IOT lar uchun samarali aloqa kanallarini taqdim etadi.



**Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Петрусь И. П. Перспективы развития беспроводных технологий передачи данных // Технические науки – от теории к практике. № 10 (23). Ч. I: сб. статей по материалам XXVII международной научно-практической конференции. Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. С. 30–34.
2. Zaman M., Shahjalal M., Khalid M., Min Y. The Role of Optical Wireless Communication Technologies in 5G/6G and IoT Solutions: Prospects, Directions, and Challenges // Applied Sciences. 2019. Vol. 9, Iss. 20. 4367. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/20/4367> (дата обращения 23.03.2022).
3. Мухизи С., Киричек Р. В. Анализ технологии слайсинга в сетях связи пятого поколения // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Том 5. № 4. С. 57–63. URL: <http://www.sut.ru/doci/nauka/review/20174/57-63.pdf> (дата обращения 23.03.2022).
4. Мусалитин А. А. К вопросу об атмосферных линиях связи // Направления совершенствования автоматизированных систем управления: сборник статей Молодежной научно-технической конференции, Ульяновск, 19–20 марта 2014 г. / под общ. ред. Э. Д. Павлыгина. Ульяновск: ФНПЦ ОАО «НПО «Марс», 2014. С. 158–164. URL: [http://www.npomars.com/db/ru/news/ofic\\_inf/178-2014-04-07/sec1/19.pdf](http://www.npomars.com/db/ru/news/ofic_inf/178-2014-04-07/sec1/19.pdf) (дата обращения 23.03.2022).
5. Xatamova, M. K., & Matsarayev, J. S. (2023). 5G MOBIL QURILMALARI UCHUN MICROSTRIP PANJARALI ANTENNA QATORI. *Innovations in Technology and Science Education*, 2(8), 1311-1322.