

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 1 (2026)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

---

<https://doi.org/10.48081/BGQF1934>

**Бас редакторы – главный редактор**

Талипов О. М.

*доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)*

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындык Ә.Б., *доктор PhD*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошекков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шерьязов С. К.	<i>т.ғ.д., профессор (Российская Федерация)</i>
Искакова З. С.	<i>технический редактор</i>

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/BGQF1958>

**А. Нүсіпали<sup>1</sup>, \*К. Н. Тайсариева<sup>2</sup>,  
Н. Смайлов<sup>3</sup>, Ж. К. Аяпберген<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2452-3387>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1949-4288>

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7264-2390>

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0798-7840>

\*e-mail: [k.taisariyeva@satbayev.university](mailto:k.taisariyeva@satbayev.university)

## **5G ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНДА ОПТИКАЛЫҚ БАЙЛАНЫСТЫ ПАЙДАЛАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ**

*Бұл ғылыми мақала 5G инфрақұрылымында оптикалық байланысты пайдаланудың мүмкіндіктерін жан-жақты талқылайды. 5G ұялы байланыс желілері жоғары жылдамдықты деректер алмасу, төмен кешігу, сенімді қосылу және үлкен өткізу қабілеттілігі сияқты талаптарды қояды. Осындай сипаттамаларды толық қамтамасыз ету үшін магистралдық және қолжетімділік инфрақұрылымының қуаты, энергетикалық тиімділігі және масштабталуы шешуші маңызға ие. Оптикалық байланыс жүйелері жоғары өткізу қабілеттілігі, электромагниттік кедергілерге төзімділігі және қашықтыққа тәуелділігі төмен шығындары арқылы бұл талаптарға сәйкес келетін негізгі технология ретінде қарастырылады. Мақалада оптикалық талшық арқылы деректерді беру принциптері, радиобазалық станцияларды талшықты арналармен біріктіру тәсілдері, сондай-ақ front-haul және back-haul сегменттерін оптикалық шешімдер негізінде ұйымдастыру мысалдары сипатталады. Бұдан бөлек, 5G инфрақұрылымында қолданылатын қазіргі оптикалық архитектуралардың артықшылықтары мен шектеулері, оларды одан әрі жаңғырту бағыттары және болашақта 6G желілеріне өту контексіндегі әлеуеті қарастырылады.*

*Алынған нәтижелер оптикалық желілерді жоспарлау кезінде өткізу қабілетін болжау, ресурстарды бөлуді оңтайландыру және қашықтағы базалық станцияларды тиімді қосу үшін пайдалануға болатындығын көрсетеді, сондай-ақ желі тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: 5G инфрақұрылымы, оптикалық байланыс, жоғары жылдамдықты интернет, оптикалық талшық, 5G технологиялары, байланыс жүйелері, желілік архитектура, ақпараттық коммуникация технологиялары.*

## **Кіріспе**

Бүгінгі таңда әлемдегі ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялардың дамуы жылдам жүріп жатыр, оның ішінде 5G технологиясы ерекше маңызды орын алады. 5G желілері – бұл ақпараттық және мобильді байланыс саласындағы революциялық қадам, ол бұрынғы 4G технологиясына қарағанда жоғары жылдамдықты, төмен кідіріс уақытын, үлкен сыйымдылықты және жоғары сенімділікті қамтамасыз етеді. 5G-тің мүмкіндіктері үлкен көлемдегі деректерді жылдам және тиімді түрде өңдеуге мүмкіндік береді, бұл жаңа сандық революцияның негізін қалайды. Алайда, 5G технологиясының толық іске асуы үшін тиісті инфрақұрылым мен байланыс желілері қажет. Бұл орайда, оптикалық байланыс жүйелерінің маңызы артады, өйткені олар жоғары жылдамдықты және жоғары өнімділікті қамтамасыз етудің басты құралы болып табылады [1].

Оптикалық талшықты байланыс (OTN-Optical Transport Network) технологиясы, оның мүмкіндіктері мен артықшылықтары 5G инфрақұрылымының тиімді жұмыс істеуіне үлкен ықпал етеді. Оптикалық талшықтар арқылы ақпараттарды тасымалдау мүмкіндігі тек кең ауқымды желілер үшін ғана емес, сонымен қатар өте жоғары жылдамдықты және сапалы деректерді талап ететін қызметтер үшін де өте маңызды. 5G инфрақұрылымының қолжетімділігі мен өнімділігі оптикалық байланыс жүйелеріне тікелей байланысты болады, себебі олар төменгі кідіріс уақытын, жоғары өткізу қабілетін және тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін ең тиімді шешім болып табылады.

Екіншіден, оптикалық байланыс жүйелері кідіріс уақытын төмендетуге, сондай-ақ қашықтыққа байланысты сигналдың жоғалуын азайтуға мүмкіндік береді. Осылайша, 5G желісінің жоғары сенімділігі мен жылдамдығының негізі оптикалық байланыс жүйелерінде жатыр.

Бұл мақалада 5G инфрақұрылымында оптикалық байланысты пайдалану мүмкіндіктері мен артықшылықтары қарастырылады. Мақсат –

5G технологиясының дамуындағы оптикалық байланыс жүйелерінің рөлін түсіну және оларды енгізудің ықтимал артықшылықтарын көрсету. Сонымен қатар, 5G желілерінің болашағын ескере отырып, оптикалық байланыс жүйелерін пайдалану арқылы осы жаңа технологияның дамуын жеделдету жолдары талқыланады[2].

5G технологиясы жоғары жылдамдықты деректерді беру, төмен кідіріс уақытын, кең ауқымды байланыс мүмкіндіктерін және үлкен сыйымдылықты қамтамасыз ету үшін жасалған. Бұл технологияның ең басты ерекшелігі – үлкен көлемдегі деректерді жылдам тасымалдау мүмкіндігі. 5G желілері осы қажеттіліктерді қанағаттандыру үшін жаңа байланыс әдістері мен архитектураларды талап етеді. 5G желісі, әсіресе, деректерді беру жылдамдығы мен кідіріс уақытын минимизациялауды көздейді, бұл өзінің құрамдас бөлігі ретінде оптикалық байланыс жүйелерін тиімді пайдалануды қажет етеді.

Оптикалық байланыс жүйелері, яғни оптикалық талшықты байланыс, ақпаратты тасымалдау үшін жарық сигналдарын қолданатын технология. Бұл жүйе жоғары өткізу қабілетімен, төменгі кідіріс уақытымен және жоғары сенімділігімен ерекшеленеді. Оптикалық талшықтар арқылы деректер өте жоғары жылдамдықпен, үлкен көлемде тасымалданады. Осы себепті оптикалық байланыс 5G инфрақұрылымында негізгі рөл атқарады. 5G желісінің тиімділігі мен жоғары өнімділігі оптикалық байланыс жүйелерінің көмегімен жүзеге асады, өйткені олар деректерді өте үлкен қашықтыққа тасымалдау кезінде деректердің жоғалуын және кідірісін минимизациялауға мүмкіндік береді.

Жоғары өткізу қабілеті: Оптикалық талшықтар кең ауқымды деректерді жоғары жылдамдықпен тасымалдауға мүмкіндік береді. 5G желісі үшін бұл өте маңызды, себебі үлкен деректер көлемін тиімді өңдеу және тасымалдау талап етіледі.

Төменгі кідіріс уақыты: Оптикалық байланыс жүйелерінің арқасында 5G желісінің кідіріс уақыты минимизацияланады. Бұл әсіресе, нақты уақыт режимінде деректерді беру және қабылдау қажет болатын жағдайларда маңызды.

Қашықтыққа байланысты шектеулердің болмауы: Оптикалық байланыс жүйелері ұзақ қашықтықтарға деректерді жоғалтусыз тасымалдауға мүмкіндік береді. Бұл 5G инфрақұрылымының ауқымын кеңейтуде шешуші рөл атқарады.

Қауіпсіздік: Оптикалық байланыс жүйелері деректерді тасымалдау кезінде олардың жоғалуы мен бұрмалануын болдырмайды. Бұл қауіпсіздік деңгейін арттырады және деректердің тұтастығын қамтамасыз етеді.

5G инфрақұрылымын толық жүзеге асыру үшін оптикалық байланыс жүйелерін тиімді біріктіру қажет. Осы жүйелерді біріктіру кезінде бірнеше аспектілер ескерілуі тиіс: 5G антенналары мен базалық станцияларын оптикалық байланыс жүйелері арқылы біріктіру, желіаралық байланыс үшін оптикалық талшықтарды қолдану, сондай-ақ жоғары өткізу қабілеті мен сенімділікке ие оптикалық маршрутизаторларды енгізу. Сонымен қатар, 5G инфрақұрылымындағы оптикалық байланыс жүйелерінің интеграциясы мобильді байланыс қызметтерін жақсартуға және қолданушылар үшін жоғары жылдамдықты интернетке қол жеткізу мүмкіндіктерін арттыруға мүмкіндік береді.

### **Материалдар мен әдістері**

5G мобильді байланыс жүйелері телекоммуникация индустриясына жаңалық енгізіп, жоғары деректер жылдамдығы, аз кідіріс және құрылғылар тығыздығы секілді талаптарды алға тартты. Алайда дәстүрлі радиожилік (RF) жүйелері бұл талаптарды толық орындай алмайды. Сондықтан, 5G инфрақұрылымына қосымша ретінде OWC (Оптикалық Сымсыз Байланыс) технологиясы ұсынылуда [3]. Бұл технология қала, стадион, әуежай, өндіріс секілді орындарда жоғары жылдамдықты байланыс орнатуға қолайлы [4].

Cornel Barbut Румынияда FTTR концепциясы мен талшықты инфрақұрылымның дамуын талдап, оның урбанизацияланған аймақтардағы маңызын көрсетті [5].

2017 жылғы зерттеу оптикалық және радиоқатынас желілерін басқару арқылы 5G жүйесін бөлшектеп басқару әдісін ұсынды. Бұл тәсіл гиперкешенді шеттер мен бұлтты есептеулерге негізделген [6]. Сонымен қатар, 5G инфрақұрылымын біріктірудің экономикалық және техникалық аспектілері зерттелді [7].

FSO (еркін кеңістіктегі оптикалық байланыс) жүйелері 5G+ (Beyond 5G) шеңберінде қарастырылып, жоғары жылдамдық пен қауіпсіздік қамтамасыз етсе де, ауа райы факторларына тәуелді болып қала береді [8].

B5G жүйелері үшін VLC (видимдік жарық байланысы) мен RF технологияларын біріктіру маңызды. Бұл желілер автономды көліктер, IoT және ақылды қалалар сияқты технологияларды қолдауға бағытталған.

Fatemehsadat Tabatabaeimehr және әріптестері AI негізіндегі жүйелер арқылы көп қабатты метрополитен желілерінде ресурстарды тиімді басқару мүмкіндігін ұсынады [9].

Tomás Powell Villena Andrade зерттеуінде VLC және RF бірігуі арқылы энергия тұтынуды азайту және деректерді беру жылдамдығын арттыру көрсетілді.

Ramakrishnan Raman және т.б. B5G желілерінде оптикалық спектрді тиімді пайдалану әдісін ұсынады [10].

Anna Tzanakaki мен әріптестері деректер орталықтары, сымсыз және оптикалық инфрақұрылымдарды біріктіру арқылы сенімді байланысқа қол жеткізуге болатынын атап өтті [11].

Idris Mohammed Garba және басқалар Нигериядағы 5G енгізу тәжірибесін талдап, халықаралық стандарттардың қажеттілігіне тоқталды [12].

Chaoying Li зерттеуінде 5G мм-диапазонды байланыс технологиясының көлік және жол жүйелеріндегі қауіпсіздік пен басқаруға әсері қарастырылады [13].

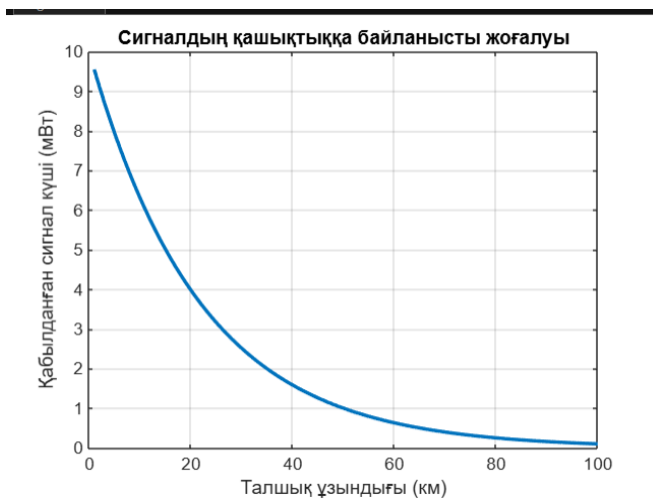
Жалпы, VLC, RF және AI технологияларының синергиясы болашақ жоғары жылдамдықты, сенімді және тиімді байланыс жүйелерін дамытуда маңызды рөл атқарады.

#### *MATLAB ортасында эксперимент және нәтиже*

Оптикалық талшықтағы сигналдың жоғалуын зерттеу үшін MATLAB ортасында тәжірибе жүргізілді. Эксперимент барысында талшық ұзындығы 1 км-ден 100 км-ге дейін өзгертіліп, сигналдың жоғалу сипаты бақыланды.

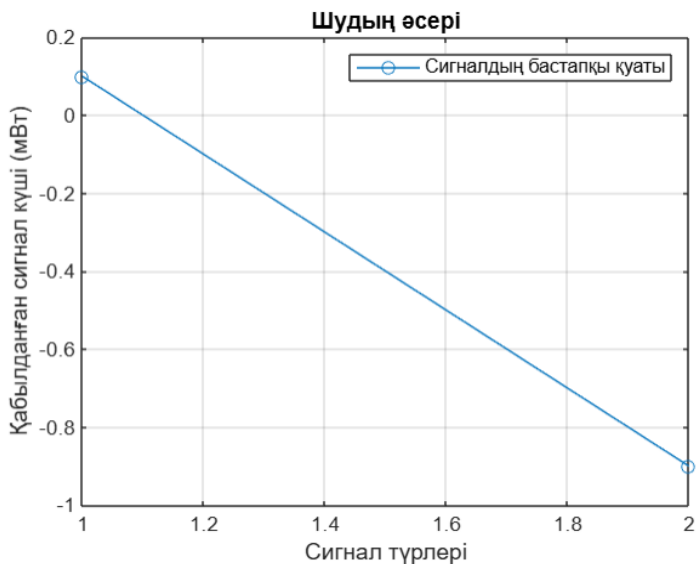
Эксперименттің бастапқы параметрлері төмендегідей болды:

- Талшық ұзындығы: 1 км-ден 100 км-ге дейін,
- Талшықтағы жоғалу: 0.2 дБ/км,
- Модемнің бастапқы шығару қуаты: 10 мВт.



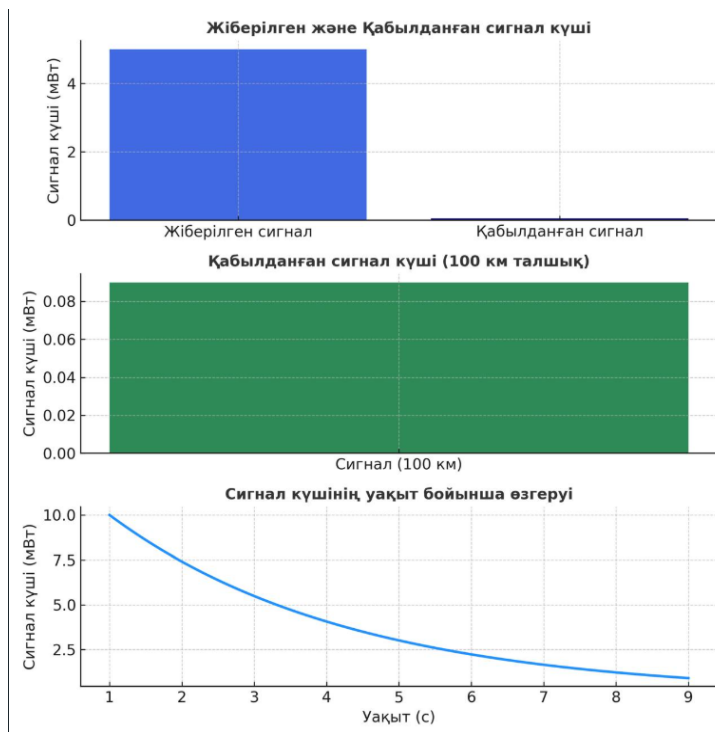
1-сурет – Сигналдың қашықтыққа байланысты жоғалуы

Оптикалық талшықтағы сигналдың шулы ортада қалай өзгеретінін зерттеу үшін қосымша тәжірибе жүргізілді. Бұл тәжірибеде талшық ұзындығы 100 км-ге тең болды, ал шу деңгейі 1 мВт деп алынды. Бастапқы сигналдың қуаты талшықтағы жоғалтуға байланысты төмендеп, кейін оған шудың әсері ескерілді.



2-сурет – Шудың әсері

Талшық арқылы сигналдың берілуінде қашықтықтың әсерін зерттеу үшін тәжірибе жүргізілді. Бұл тәжірибеде талшықтың ұзындығы 100 км, ал жоғалту коэффициенті 0.2 дБ/км деп алынды. Бастапқы модемнің шығару қуаты 10 мВт болды.



3-сурет – Сигналдың оптикалық талшық арқылы таралуы және жоғалуы

5G желісінде қолданылатын оптикалық байланыс жүйесінің параметрлерін ескере отырып, тәжірибе жүргізілді. Бұл тәжірибеде талшықтың ұзындығы 50 км, жоғалту коэффициенті 0.2 дБ/км деп алынды. Модемнің шығару қуаты 10 мВт, ал модемдегі шу деңгейі 0.5 мВт болды.

#### Нәтижелер және талқылау

Бұл зерттеуде оптикалық талшық арқылы сигналдың жоғалуына әсер ететін факторлар MATLAB ортасында зерттеліп, талшық ұзындығының және жоғалту коэффициентінің сигналдың сапасына әсері жан-жақты талданды. Эксперименттің мақсаты – сигналдың берілуі мен жоғалуы арасындағы байланыс пен ықпал ететін параметрлерді анықтау болды.

Сигналдың жоғалуының талшық ұзындығына тәуелділігі:

Ең алдымен, эксперимент барысында талшықтың ұзындығы 1 км-ден 100 км-ге дейін өзгертілгенде, сигналдың қуатының экспоненциалды түрде төмендейтіні анықталды. Бұл құбылыс оптикалық талшықтардағы энергия

жоғалуын көрсетеді. Сигналдың қуатының төмендеуі талшық ұзындығының артуымен бірге байқалады, бұл оптикалық жүйелерде байланыс сапасын қамтамасыз ету үшін күшейткіштерді қолданудың қажеттілігін айқын дәлелдейді. Эксперименттің негізгі нәтижесі ретінде сигналдың қуатының шұғыл төмендеуі байқалды, бұл жоғары қашықтықтардағы сигналды тарату үшін қосымша күш-жігер мен арнайы техникалық шешімдерді қажет ететінін көрсетеді.

Эксперимент кезінде есептелген сигнал жоғалуының мәндері төмендегі формуламен берілді:

$$P_{signal} = P_{modem} \times 10^{-\alpha L} \quad (1)$$

Мұндағы:

$P_{signal}$  – қабылданған сигнал қуаты (мВт)

$P_{modem}$  – бастапқы шығару қуаты (мВт)

$\alpha$  – талшықтағы жоғалту коэффициенті (дБ/км)

$L$  – талшық ұзындығы (км)

Сигналдың жоғалуының тәжірибелік нәтижелері көрсеткендей, ұзақ қашықтықтарда сигналдың әлсіреуі экспоненциалды түрде байқалады, яғни, бұл жүйелердің тиімділігі мен сенімділігін арттыру үшін күшейткіштерді қолдану қажеттілігін растайды.

Шу Әсерінің Сигнал Қуатына Тәуелділігі:

Екінші эксперимент шу деңгейінің сигналдың қабылданған қуатына қалай әсер ететінін зерттеуге арналған. Талшық ұзындығы 100 км деп алынған жағдайда, шу деңгейінің әсері байқалды. Шу әсері сигналдың қабылданған қуатын төмендететінін және оның сапасына айтарлықтай теріс әсер ететінін көрсетті. Шу мен сигналдың қуатының арасындағы байланыс келесі формуламен анықталды:

$$P_{received} = P_{signal} - P_{noise} \quad (2)$$

Мұндағы:

$P_{received}$  – шу ескерілген қабылданған сигнал қуаты (мВт)

$P_{noise}$  – шудың қуаты (мВт)

2-суретте шу әсерінен қабылданған сигнал қуатының айтарлықтай төмендегені көрінеді. Бұл тәжірибе нәтижесі оптикалық байланыс жүйелерінде шудан қорғау мен сигналды күшейту үшін арнайы әдістер мен

технологияларды қолданудың маңыздылығын көрсетеді. Шу деңгейін азайту және сигналды күшейту әдістері сигнал сапасын жоғарылатып, жүйенің сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Сигнал Жоғалуының Қашықтыққа Тәуелділігі:

Талшық арқылы сигналдың берілуіндегі қашықтықтың әсері де зерттелді. Эксперимент нәтижелері бойынша сигналдың қуатының қашықтыққа байланысты төмендейтіні айқын көрінді. Бұл талшық арқылы сигналдың берілуі кезінде энергияның жоғалуы мен қашықтықтың артуына байланысты мәліметтердің жоғалуын көрсетеді. Бұл нәтижелер талшықтың ұзындығы мен жоғалту коэффициентінің байланысты болатынын, және олардың жүйенің тиімділігіне үлкен әсер ететінін дәлелдейді.

3-суретте талшық бойымен сигналдың әлсіреуінің графикалық бейнесі берілген. Бұл графиктен сигналдың қабылданған қуатының қашықтыққа қарай төмендейтінін анық байқауға болады, және ол талшық ұзындығының өсуіне байланысты қатаң түрде әлсірейді. Бұл нәтижелерді ескере отырып, ұзақ қашықтықтарға сигналды тиімді жеткізу үшін күшейткіштер мен сигналды қорғау шараларының маңыздылығы айқындала түседі.

5G желісінде қолданылатын оптикалық байланыс жүйесінің параметрлерін зерттеу мақсатында жүргізілген тәжірибеде талшықтың ұзындығы 50 км, жоғалту коэффициенті 0.2 дБ/км және модемнің шығару қуаты 10 мВт болды. Модемдегі шу деңгейі 0.5 мВт деп алынды. Нәтижелер көрсеткендей, 5G жүйесіндегі оптикалық байланыс жүйесінде ұзақ қашықтықтарда сигналдың қуаты айтарлықтай төмендеді. Сонымен қатар, шу деңгейі де сигнал сапасына теріс әсер ететінін көрсетті. Осылайша, зерттеу нәтижелері 5G жүйелерінде сигналды қорғау және күшейту әдістерін қолдану қажеттілігін растайды.

Зерттеу нәтижелері оптикалық талшық арқылы сигналдың берілуіндегі жоғалуды, қашықтықтың әсерін және шу деңгейінің маңыздылығын көрсетті. Талшық ұзындығының өсуі мен шу деңгейінің артуы сигналдың сапасына айтарлықтай теріс әсер етеді. Сондықтан ұзақ қашықтықтарға сигналды тиімді жеткізу үшін күшейткіштер мен шудан қорғау әдістерін қолдану өте маңызды. Бұл зерттеу нәтижелері оптикалық байланыс жүйелерін жобалау мен 5G желілерінде қолданылатын байланыс инфрақұрылымын жақсарту үшін негіз бола алады.

### **Қорытынды**

Бұл жұмыста 5G байланыс жүйелеріндегі оптикалық талшық арқылы сигналдың таралу ерекшеліктері зерттелді. Эксперименттер арқылы талшық ұзындығының, жоғалту коэффициентінің, шу деңгейінің және модем қуатының қабылданған сигнал сапасына қалай әсер ететіні қарастырылды.

Алдымен, оптикалық талшықтың ұзындығы артқан сайын сигнал қуатының экспоненциалды түрде төмендейтіні анықталды. Өртүрлі жағдайларда (талшық ұзындығы 1 км-ден 100 км-ге дейін) сигнал күші графиктері салынды. Талшықтың жоғалту коэффициенті 0.2 дБ/км болғанда да, үлкен қашықтықтарда сигналдың айтарлықтай әлсірейтіні байқалды. Бұл нәтиже теориялық тұрғыдан белгілі болғанымен, тәжірибелік модельдеу арқылы оның нақты көрсеткіштері нақтыланды.

Сигнал мен шу арасындағы қатынас (SNR) факторына да ерекше назар аударылды. Шудың болуы қабылданған сигналдың сапасына үлкен әсер етеді. Шу деңгейі жоғары болған сайын қабылданған сигнал күші азаяды және байланыс сапасы нашарлайды. Эксперименттерде шу деңгейінің (мысалы, 0.5 мВт) сигналға әсері нақты есептелді және график түрінде көрсетілді.

Сонымен бірге сигналдың уақыт бойынша азаюы да модельденді. Мұнда талшықтағы жоғалту факторын ескере отырып, сигналдың уақытқа тәуелді экспоненциалды әлсіреуі бақыланды. Бұл әсіресе ұзақ уақыт бойы тұрақты сапалы байланыс қамтамасыз етуде маңызды. Графиктер арқылы сигналдың уақыт ішінде біртіндеп әлсірейтіні дәлелденді.

Бұдан бөлек, модемнің бастапқы қуаты мен қабылданған сигнал қуаты салыстырылды. Бастапқы қуат (5 мВт, 10 мВт сияқты) белгілі бір қашықтық өткеннен кейін қатты төмендейтіні байқалды. Бұл да оптикалық байланыс желілерінің жобалау кезеңінде өте маңызды параметр екенін көрсетті.

Жалпы зерттеу нәтижелері төмендегідей негізгі қорытындылар жасауға мүмкіндік береді:

Оптикалық талшық арқылы берілетін сигналдың әлсіреуі негізінен жоғалту коэффициентіне және қашықтыққа байланысты. Шу деңгейінің артуы қабылданған сигнал сапасын едәуір нашарлатады, сондықтан байланыс жүйелерінде шуға қарсы шаралар қолдану қажет. Модемнің бастапқы қуаты жоғары болғанымен, ұзақ қашықтықтарда сигналды күшейту құрылғылары қолданылмаса, сигнал сапасы төмендейді. Уақыт өте келе сигнал әлсіреуі де маңызды фактор, әсіресе ұзақ мерзімді тұрақты байланыстар үшін. 5G сияқты жоғары жылдамдықты және төмен кідірісті байланыс жүйелері үшін оптикалық желілердің параметрлерін мұқият есептеу, жоғалтуларды азайту, қажет жерде күшейткіштер орнату өте маңызды. Алынған нәтижелер болашақта 5G және басқа заманауи байланыс желілерін тиімді жобалауға және оңтайландыруға негіз бола алады.

**Пайдаланылған деректер тізімі**

1 «Optical network problems in 5G Radio Access Networks» Péter János Varga, Dávid Óhegyi, Sándor Gyányi, Tibor Wüthl SACI 2023 • IEEE 17th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics • May 23-26, 2023 • Timișoara, Romania – <https://doi.org/10.1109/SACI58269.2023.10158626>

2 «Fiber Optic Deployments in Romania between Metropolitan Fiber Optic Networks and Indoor Fiber Optic Infrastructure» Cornel Barbut AFOR - Association of Fiber Optic from Romania Bucharest, Romania cornel.barbut@afor.ro, ECAI 2018 - International Conference – 10th Edition Electronics, Computers and Artificial Intelligence 28 June -30 June, 2018, Iasi, ROMÂNIA – <https://doi.org/10.1109/ECAI.2018.8679021>

3 «Integration of Optical Wireless Communication with 5G Systems» IEEE GLOBECOM Workshop on Optical Wireless Communications (OWC), Taipei, Taiwan, 7-11 December 2020 Taner Metin , Marc Emmelmann , Marius Corici , Volker Jungnickel , Christoph Kottke , Marcel Müller DOI: 10.1109/GCWkshps50303.2020.9367502. URL: <https://www.eliot-h2020.eu/integration-of-optical-wireless-communication-with-5g-systems/>

4 «Latency Analysis for 5G Optical Transport Network» Stela Kostadinova, Valentina Markova, Nikolay Kostov, Ivelina Balabanova, Georgi Georgiev. 2021 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA) | 978-1-6654-4581-8/22/\$31.00©2022 IEEE | – <https://doi.org/10.1109/BIA52594.2022.9831249>

5 «An optical and radio access network resource management scheme based on hierarchical edge cloud and baseband function split for 5G network slicing» Wei Liu<sup>1</sup>, Min Zhang<sup>1\*</sup>, Chuang Song<sup>1</sup>, Yueying Zhan<sup>2</sup>, Danshi Wang<sup>1</sup>, Shanyi Guo<sup>1</sup>, Lin Zhang<sup>1</sup>, Xue Chen<sup>1</sup> State Key Laboratory of Information Photonics and Optical Communications, Beijing University of Posts and Telecommunications (BUPT), Beijing, 100876, China, 2017 – <https://doi.org/10.1364/ACPC.2017.Su2A.62>

6 «Revolutionizing Free-Space Optics: A Survey of Enabling Technologies, Challenges, Trends, and Prospects of Beyond 5G Free-Space Optical (FSO) Communication Systems» Isiaka A. Alimi I,\*, and Paulo P. Monteiro I, 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – <https://doi.org/10.3390/s24248036>

7 «Techno-Economic Analysis of Deployment Options for Converged 5G Wireless-Optical Access Networks» Maurice Bongard, Kai Grunert and Slavisa Aleksic MIPRO 2020, September 28 - October 02, 2020, Opatija, Croatia – <https://doi.org/10.23919/MIPRO48935.2020.9245174>

8 «Trusted distributed marketplace for virtual passive optical network sharing» Nima Afraz, ANDMarcoRuffini Vol. 14, No. 5 / May 2022 / Journal of Optical Communications and Networking

9 «Supporting Beyond 5G Applications by Coordinating AI-based Intent Operation. An Example for Multilayer Metro Networks» Fatemehsadat Tabatabaeimehr, Marc Ruiz and Luis Velasco 2020 European Conference on Optical Communications (ECOC) | 978-1-7281-7361-0/20/\$31.00 ©2020 IEEE. – <https://doi.org/10.1109/ECOC48923.2020.9333357>

10 «A 5G MmWave Communication Framework in Vehicle-road Cooperative System» Chaoying Li, Yuanfei Fang, Liangjie Yu, Chaozhe Han 2022 8th Annual International Conference on Network and Information Systems for Computers (ICNISC) 978-1-6654-5351-6/22/\$31.00 ©2022 IEEE. – <https://doi.org/10.1109/ICNISC57059.2022.00019>

11 «A New Method of Optical Spectrum Analysis for Advanced Wireless Communications» Dr. Ramakrishnan Raman, Rotash kumar, Mr. Sachin Ghai, Anita Gehlot, Dr. Adusupalle Muni Raju, DR. AMIT BARVE, 2023 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE) 979-8-3503-9926-4/23/\$31.00 ©2023 IEEE. – <https://doi.org/10.1109/ICACITE57410.2023.10182414>

12 «Demonstration of a Hybrid B5G System Integrating VLC and RF-Based Technologies with Access Networks» Tomás Powell Villena Andrade \*, Celso Henrique de Souza Lopes Arismar Cerqueira Sodré Junior © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – <https://doi.org/10.3390/app15020955>

13 «Converged Optical, Wireless, and Data Center Network Infrastructures for 5G Services» Anna Tzanakaki, Markos P. Anastasopoulos, and Dimitra Simeonidou Vol. 11. – № 2. – February, 2019/J. OPT. COMMUN. NETW. A111 – <https://doi.org/10.1364/JOCN.11.00A111>

15.05.25 ж. баспаға түсті.

17.12.25 ж. түзетулерімен түсті.

27.02.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

А. Нусінали<sup>1</sup>, \*К. Н. Тайсариева<sup>2</sup>, Н. Смайлов<sup>3</sup>, Ж. К. Аяпберген<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Казахский национальный исследовательский

технический университет имени К. И. Сатпаева,

Республика Казахстан, г. Алматы.

Поступило в редакцию 15.05.25.

Поступило с исправлениями 17.12.25.

Принято в печать 27.02.26.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В ИНФРАСТРУКТУРЕ 5G**

*В данной научной статье рассматриваются возможности применения оптической связи в инфраструктуре сетей 5G. Сети мобильной связи пятого поколения обеспечивают высокую скорость передачи данных, низкую задержку и большую пропускную способность. Однако для полноценной реализации этих требований важную роль играет мощность и эффективность инфраструктуры. Оптические системы связи, обладая высокой пропускной способностью и надежностью, способны решить указанные задачи. В статье рассматриваются технологии передачи данных по оптоволоконным линиям, их интеграция в сеть 5G, а также преимущества и перспективы использования оптической связи. Развитие оптических технологий связи с целью обеспечения высокой пропускной способности и минимальной задержки способствует созданию более эффективной и устойчивой инфраструктуры 5G. Кроме того, в статье приводятся сведения о существующих решениях в области оптической связи и тенденциях их развития в будущем.*

*Ключевые слова: Инфраструктура 5G, оптическая связь, высокоскоростной интернет, оптическое волокно, технологии 5G, системы связи, сетевая архитектура, технологии информационных коммуникаций.*

*A. Nussipali*<sup>1</sup>, \**K. N. Taissariyeva*<sup>2</sup>, *N. Smailov*<sup>3</sup>, *Z. K. Ayapbergen*<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>К. Satpayev Kazakh National Research Technical University,

Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 15.05.25.

Received in revised form 17.12.25.

Accepted for publication 27.02.26.

## **THE POSSIBILITIES OF USING OPTICAL COMMUNICATION IN THE 5G INFRASTRUCTURE**

*This scientific paper discusses the potential application of optical communication in the infrastructure of 5G networks. Fifth-generation mobile communication networks provide high data transmission speeds, low latency, and high capacity. However, to fully meet these requirements, the power and efficiency of the infrastructure play a crucial role. Optical communication systems, with their high capacity and reliability, can solve these challenges. The paper explores fiber-optic data transmission technologies, their integration into the 5G network, as well as the advantages and prospects of optical communication. The development of optical communication technologies aimed at ensuring high capacity and minimal latency helps to create a more efficient and resilient 5G infrastructure. Additionally, the paper provides information about existing optical communication solutions and trends in their future development.*

*Keywords: 5G infrastructure, optical communications, high-speed Internet, optical fiber, 5G technologies, communication systems, network architecture, information communication technologies.*

Теруге 13.03.2026 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2026 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

28.54 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. Ж. Шокубаева

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4523

Сдано в набор 13.03.2026 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

28.54 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. Ж. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4523

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz