

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Жангелді Жанаргул

Тақырыбы: «Деректерді беру үшін төрт өзекті талшық зерттеу»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B06201 – Телекоммуникация

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты  
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн.ғыл.кандидаты

*Е.Танғай* Е.Танғай

« 31 » 05 2023 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Деректерді беру үшін төрт өзекті талшық зерттеу»

6B06201 – Телекоммуникациялар

Орындаған:

*Маш*

Ж.Жангелді

Рецензент

Ғ.Дәукеев ат.АЭЖБУ доценті,

PhD докторы

*Ә.Ержан* Ә.Ержан

« 30 » 05 2023 ж.

Ғылыми жетекші

техн.ғыл.канд., аға

оқытушы

*М.М.Ермекбаев* М.М.Ермекбаев

« 30 » 05 2023 ж.

Қолтаңбаны растаймын  
Подпись заверяю

*Видеова* Чошбаева *К.А.*

Алматы 2023 « 30 » 05





ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 – Телекоммуникация

**БЕКІТЕМІН**  
Кафедра меңгерушісі  
техн. ғыл. кандидаты  
*Е.Таштай*  
« 20 » *сәуір* 2022 ж.



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Жангелді Жанаргул  
Тақырыбы «Деректерді беру үшін төрт өзекті талшық зерттеу».  
Университет ректорының «23» қараша 2022 ж. № 408 П/Ө бұйрығымен  
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «20» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- а) Көп өзекті оптикалық кабельдер тізімі, құралдар;
- б) Бір модальды кабель 1590 нм, толқын ұзындығы 1310 нм, 1550 нм;
- в) MCF компоненттері, таратқыштар, қабылдағыштар, оптикалық күшейткіштер.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) Төрт өзекті;
- 2) Өткізу жолағын, дисперсиясын есептеу;
- 3) Оптикалық кабель өшуліктері параметрлерін есептеу.

Сызба материалдары \_\_\_ слайдта көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 6 атау

1 Алексеев Е.Б. Оптические сети доступа. Учебное пособие - М: ИПК при МТУ СИ, . - 140 с.2005 г

2 Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998. – 246 с.



дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Оптикалық желі	1.02.2023 - 21.02.2023	орындалды
Көпөзекті талшықты оптикалық кабель, құрылғыларды таңдау	21.02.2023 - 01.03.2023	орындалды
Диплом тақырыбы бойынша есептеулер	01.03.2023 - 14.05.2023	орындалды

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

**қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Техн.ғыл.канд., ЭТЖҒТ каф. ассоц.профессоры Дараев А.М.	25.05.23	<i>Dar</i>
Теориялық ақпарат	Техн.ғыл.канд., ЭТЖҒТ каф. ассоц.профессоры Дараев А.М.	25.05.23	<i>Dar</i>
Норма бақылау	Техн.ғыл.маг, ЭТЖҒТ каф. аға оқынушысы Досбаев Ж.М.	25.05.23	<i>Dosbaev</i>

Ғылыми жетекшісі *Dar* А.М.Дараев  
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы *Mom* Ж.Жангелді

Күні “25” 05 2023 ж.

## АНДАПТА

Бұл дипломдық жұмыста «Жеке өзекшелермен тәуелсіз арналарды тарату үшін төрт өзекшесі бар талшықты зерттеу» тақырыбы қарастырылды. Салыстырмалы талдау жүргізілді, сонымен қатар көптеген өзекшелері бар талшықты жарық өткізгіштердің сипаттамалары ұсынылды. Сондай-ақ, желінің өткізу қабілетін едәуір арттыруға болатын нұсқалар ұсынылды. Өзекшелердің арасындағы өзара әсерлер және бөгеуілдер қарастырылады. Көп өзекше талшықтарына арналған құрылымдық сұлбасы ұсынылған.

Техникалық бөлімде MCF көп өзекшелі талшықты оптикалық күшейткіштер, өзектерді оқшаулау/ енгізу және оларды ауыстыру үшін MCF компоненттері, сондай-ақ MCF коннекторлары таңдалған.

Есептеу бөлігінде көптеген өзекшелері бар оптикалық кабельдердің негізгі параметрлері есептелген.

## АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе была рассмотрена тема: «Исследование оптоволокно с четырьмя сердцевинами для передачи независимых каналов по отдельным сердцевинам». Был проведен сравнительный анализ, а также представлены характеристики волоконных световодов с множеством сердцевинок. А также были предложены варианты, с помощью которых можно значительно увеличить пропускную способность сети. Рассмотрены помехи и взаимные влияния между сердцевинами. Представлена структурная схема для многосердцевинных волокон.

В технической части выбраны оптические усилители многосердцевинных волокон MCF, компоненты MCF для выделения/ ввода сердцевинок и их коммутации, а также соединители MCF.

В расчетной части рассчитаны основные параметры оптических кабелей с множеством сердцевинок.

## ANNOTATION

In this thesis, the topic was considered: "A study of four-core optical fiber for transmitting independent channels over individual cores." A comparative analysis was carried out, and the characteristics of fiber fibers with multiple cores were presented. And there were also suggested options with which you can significantly increase the network bandwidth. Interference and mutual influences between the cores are considered. A block diagram for multi-core fibers is presented.

In the calculation part, the main parameters of optical cables with multiple cores are calculated.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Көптеген өзекшелері бар заманауи талшықты жарық өткізгіштерді талдау	8
1.1 Көптеген өзекшелері бар жарық өткізгіштердің сипаттамалары	8
1.2 MCF көп өзекті жарық бағыттағыштарының түрлері, конструкциялары	16
1.3 Оларды беру үшін талшықты-оптикалық орта	16
1.4 Төрт өзекшелі талшық	19
1.5 Тарсырманың қойылымы	21
2 Жабдықты таңдау, төрт өз, төрт өзекті кабельдерді зерттеу	22
2.1 Оптикалық таратқыштар, қабылдағыштар, оптикалық күшейткіштер	22
2.2 Оптикалық бөлу/енгізу мультиплексорлары және оптикалық желідегі қосқыштар	24
2.3 MCF қосқыштары	25
2.4 MCF көп ядролы талшықты оптикалық күшейткіштер	27
2.5 Өзектерді бөлектеу/енгізу және оларды ауыстыру үшін MCF компоненттері	27
3 Көптеген өзектері бар оптикалық кабельдердің негізгі параметрлерін есептеу	29
3.1 Кабель параметрлерін есептеу	29
3.2 Регенерация учаскесін есептеу	31
3.3 Кабельдік желілердегі бір модты талшықтардың дисперсиясын есептеу	35
3.4 Талшықты-оптикалық беріліс жүйелерінің сенімділігі	36
Қорытынды	38
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	39
Қосымша 1	

## КІРІСПЕ

Соңғы онжылдықтарда әлем бір режимді SMF талшықтарын өндіруде айтарлықтай нәтижелерге қол жеткізді, соның ішінде сызықтық емес минимумға арналған үлкен аумақты талшықтар, гидроксил топтары аз талшықтар және 0,150 дБ/км-ден аз әлсіреу коэффициенті (толқын ұзындығы 1550 нм) бар мөлдір талшықтар. сонымен қатар, бір режимді SMF жасау әдістерінде үлкен жетістіктерге қол жеткізілді талшықтар. Осы жақсартуларға қарамастан, бір режимді талшық параметрлерінің жаңа модификациялары соңғы жылдары конструктивті өзгерістерге ұшыраған жоқ. Қолданылатын талшық конструкциясы желілердің жұмысын одан әрі оңтайландыру үшін минус болып табылады.

Стандартты талшықтардың жиілік диапазонын кеңейту өткізу қабілеттілігін 5 еседен артық емес арттыра алады. Бірге, ең аз ыдырайтын, кеңірек жиілік диапазоны бар талшықтарды пайдалану трафик көлемінің жылдам өсуі мәселелерін шешуде шағын соққылар бере алады.

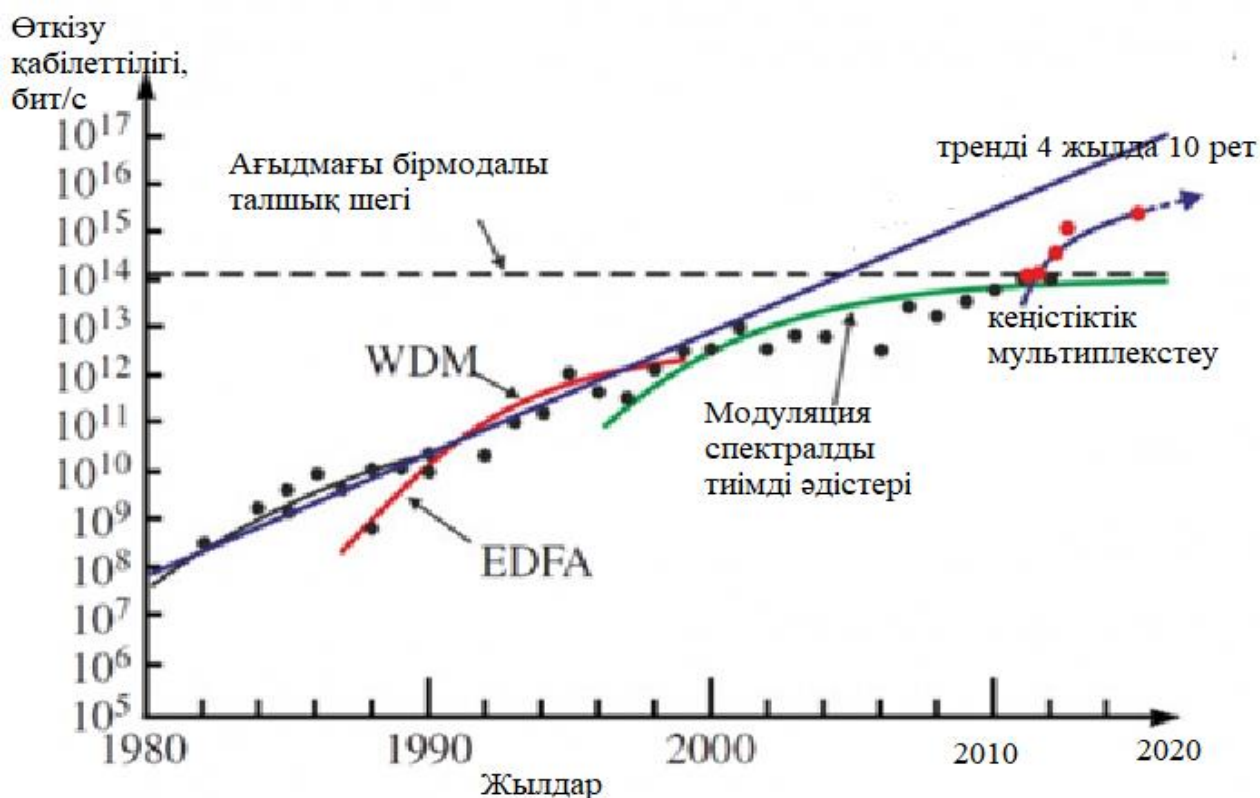
Барлық тәсілдер өткізу қабілеттілігін арттыру жолдарын көрсете алмайды, яғни оптикалық желілердің ұзақ мерзімді сыйымдылығын дұрыс қамтамасыз етеді.

Негізінде мультиплекстеу идеясын өте қарапайым деп атауға болмайды. Әркім өзінің айқын шешімін ұсына алады: желінің өткізу қабілеттілігін бірнеше рет арттыру тарату жүйелерінің санын 1 тарату ортасына, 1 кабельге көбейтеді. Қазіргі сымсыз байланыста бұл тәсіл *time* технологиясының көмегімен жүзеге асырылады. ТОВЖ - да мұндай тегін тарату ортасы жоқ, сондықтан бұл тәсілді қолдану біршама қиын және қымбатырақ. Дегенмен, олар бір қабықта көптеген өзектері бар микроскопиялық оптикалық талшықтарды жасауды үйренді. Дәл осындай талшықтар қазірдің өзінде көп ядролы деп аталады. Негізгі өзек талшығының міндеті-бір-біріне тәуелді емес өзектердің санын көбейту.

# 1 Көптеген өзекшелері бар заманауи талшықты жарық өткізгіштерді талдау

## 1.1 Көптеген өзекшелері бар жарық өткізгіштердің сипаттамалары

Жоғарыда айтылғандай, ТОВЖ өткізу қабілеттілігін 100,0 Тбит/сек-тен жоғары арттыру қазіргі уақытта қолданылған ТОВЖ барлық мүмкіндіктерінен жоғары. Бұл сигналдардың үлкен көлемінің қажеттіліктерін қанағаттандыратын конструктивті (бір-бірінен) ерекшеленетін оптикалық талшықтардың дамуына, қолданылуына әкеледі. 1.1- сурет мыналарды көрсетеді: кеңістіктік емес мультиплекстеуге негізделген эксперименттердің нәтижелері (қызыл нүктелер). 1.1 - суреттен ТОВЖ сыйымдылығы әр төрт жыл сайын шамамен он есе немесе одан да көп көтерілетінін көруге болады!



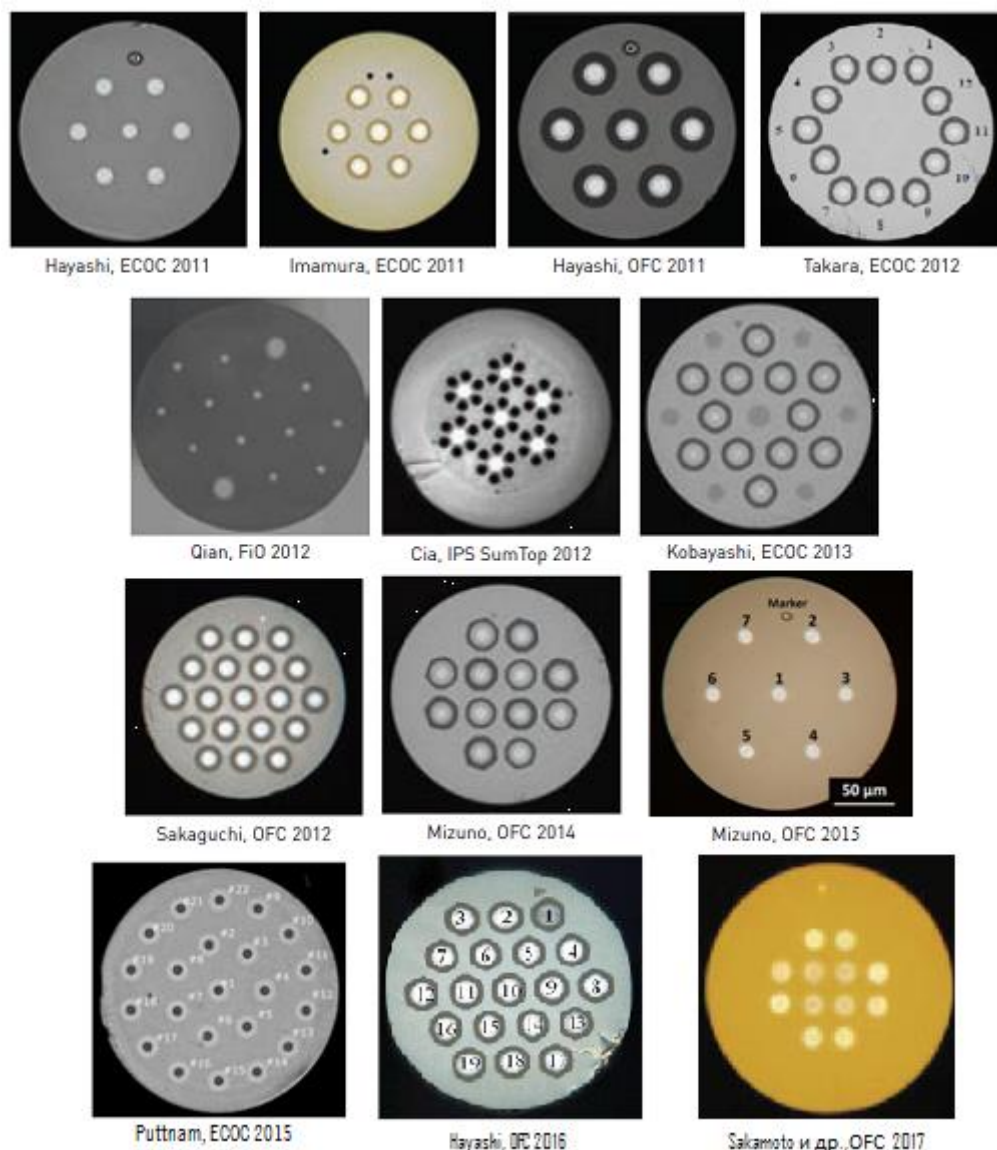
1.1 - сурет – ТОВЖ өткізу жолағының өсу темпы

Оптикалық талшықтың дизайны, өзектер арасындағы аралықтар таңдалады кросс-кедергілерді азайту және талшық өлшемдерін сақтау. Егер кросс-кедергілер біршама маңызды болса, онда ақпаратты берудің әртүрлі арналары ұйымдастырылады. Сигналдарды (деректерді) ядро арқылы жоғары жылдамдықпен жіберу үшін модуляция-демодуляция форматтары, DWDM және поляризацияланған мультиплекстеу қолданылады, содан кейін жоғары жылдамдыққа қол жеткізіледі (1 талшықтан астам терабит).

Өзекті талшықты жарық өткізгіштерді алуда жетістіктерге қол жеткізілді. Нәтижелер бір-біріне тәуелді емес ең үлкен санды 12,0-ден 32,0-ге дейін



ақпаратты алыс қашықтыққа беру үшін іске асыру қажет екенін көрсетті. Айта кету керек, кішігірім желілер үшін өзектер әлі де көп болуы мүмкін.



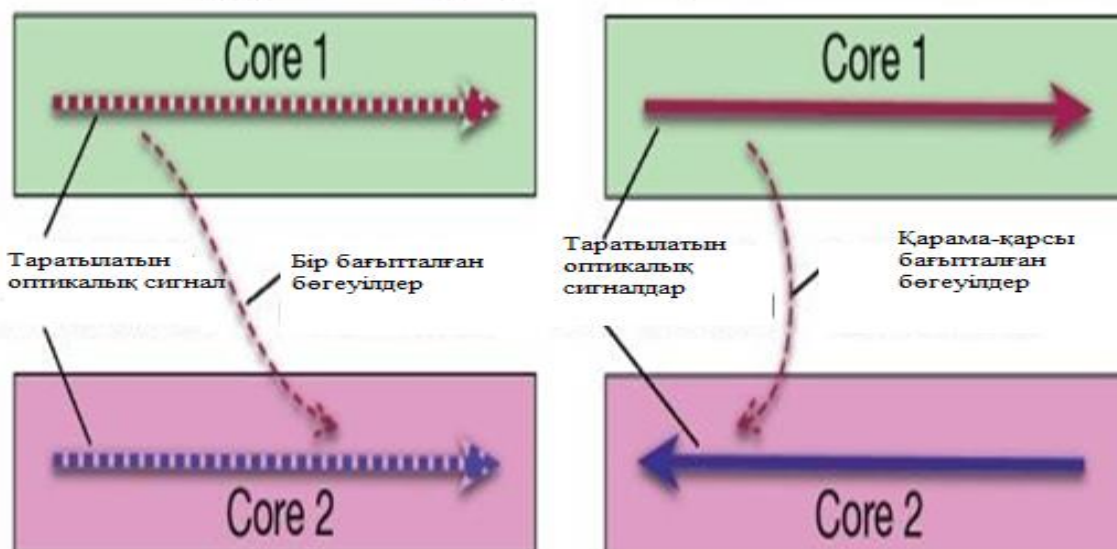
1.2-сурет – Жаңа өзекшелі талшықтар

Бұл бірінші рет жаңа өзек талшықтары бар сызықтар (оның жылдамдығы 100,0 Тера бит/сек 2011 жылы жүзеге асырылды (7 дана болды). Эксперименттер жылдамдық мультиплекстеу арқылы Мбит/с 2012 жылы он екі заманауи өзек талшықтарында жүзеге асырылды.

МСF талшық өзектері арасындағы кедергі

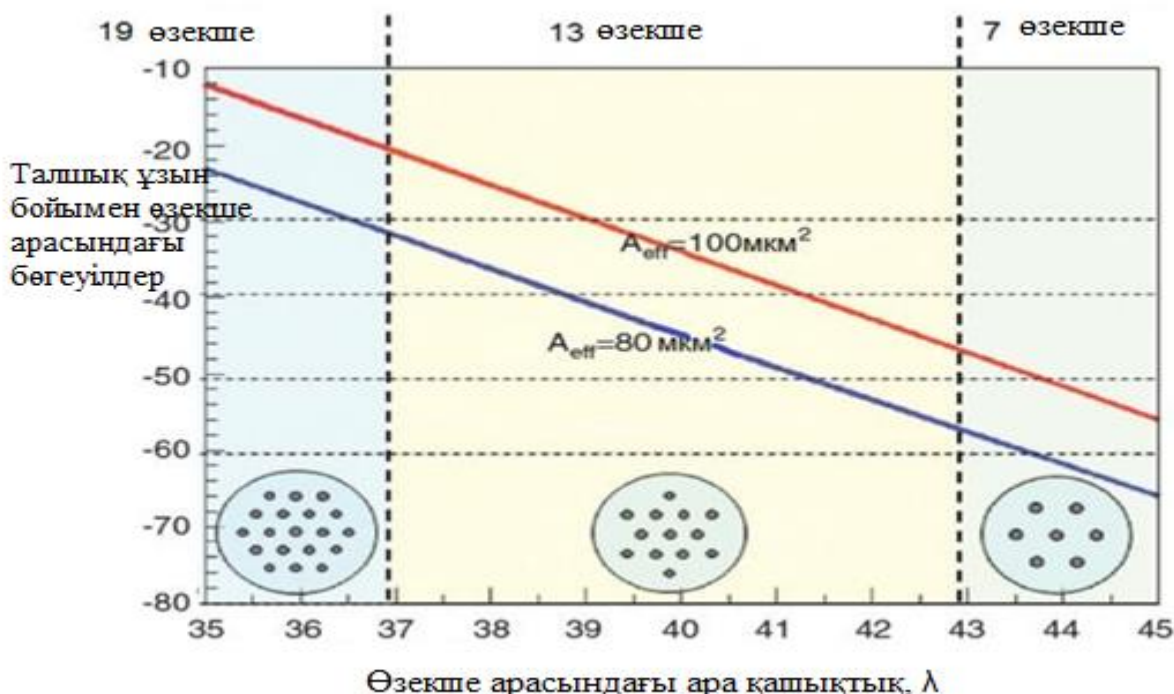
Сигналдардың бір бағыттағы, қарсы бағыттағы берілісімен (1.3 - сурет) іргелес жатқан талшықты-оптикалық өзектер жұбының ішінде айқаспалы байланыс (intercore crosstalk) қалыптасады. Кедергі шамасы ақпараттық сигналдар үшін маңызды болуы мүмкін, сондықтан кедергі деңгейлерін бағалаумен, арналардағы OSNR өзгеруімен зерттеуге жатады.

Өзекшелер арасындағы бөгеуілдердің пайда болуы



1.3-сурет – MCF оптикалық талшық өзектері арасындағы кедергілерді қалыптастыру схемалары

MCF өзектері арасындағы кедергілерді олардың әр түрлі мөлшерімен, бағытталған сигнал беруімен зерттеудің мысалы 1.4 - суретте келтірілген, мұнда  $A_{eff}$  оның дизайнына байланысты бір ядроның ауданы болып табылады.

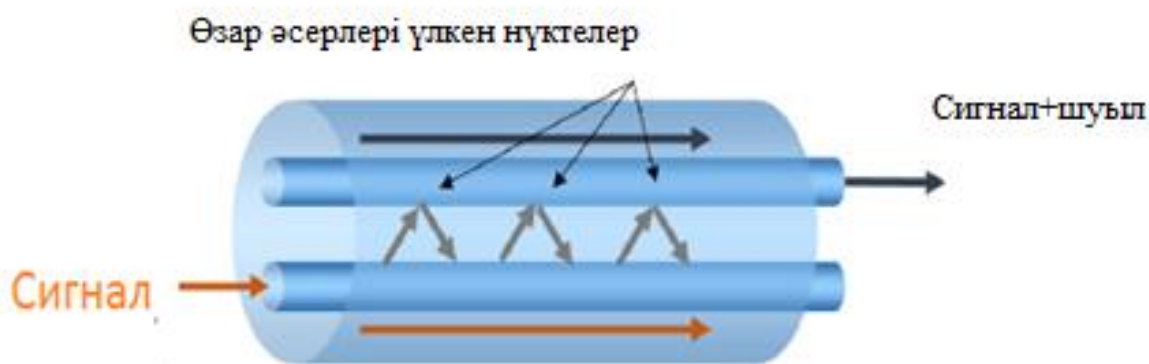


1.4-сурет – MCF ОВ өзектері арасындағы өтпелі кедергі шамаларына шешімдердің әсер етуінің мысалы

Өзектер мен кедергі мөлшері арасындағы байланыс. Оптикалық беру жүйесін іске асыру үшін кедергілерді нормалау, беру ұзақтығына байланысты есепке алу маңызды.

MCF тарату жүйелерін жобалау үшін оптикалық талшық құрылымдарындағы өзектердің көптеген сипаттамаларын білу қажет.

Көп ядролы талшықтардың проблемаларының бірі - сигналдың бірінен екіншісіне байқаусызда ауысуы нәтижесінде пайда болатын өзара әсер (1.5 - сурет). Кедергілердің жиналуы негізгі оптикалық талшықтармен шектелетін кедергі болуы мүмкін, жүйенің жұмысының төмендеуі мүмкін.



1.5-сурет – Өзара әсерлер

Зерттеулер көрсеткендей, өзектер арасындағы әсерлер-талшық нүктелерінде, оптикалық талшықтың дискретті нүктелерінде әсер етуі мүмкін, келісу шарты орындалады. Мұндай нүктелердің позициялары кездейсоқ өзгеруі мүмкін. Талшық өзектері арасындағы әсерлер кездейсоқ.

Көптеген оптикалық талшықтар оптикалық өзектердің алтыбұрышты орналасуына ие. Орталық ядро кедергілердің жоғары деңгейі бар, ол 6 өзекке іргелес, басқа өзектің шекарасы бар. 12 өзекті оптикалық талшықтар, шеңбер бойымен, тек 2 жарық өткізгіш тамырлардың жанында өзек жасалады.

Егер талшықтар арасындағы қашықтық 40,0 мкм-ден асса, онда өзектердің әсерін шектеуге болады.

Бұл мыңдаған шақырымға оптикалық берілісті ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Диаметрі 200,0 немесе одан да көп мкм болатын көп ядролы талшықтар практикалық болмайды.

Нарықта оптикалық сигналдарды талшық арқылы беру үшін бірнеше көздерді, бірнеше фотодетекторларды қолданатын мультиплекстелген когерентті тарату жүйелері бар.

Мұнда ең аз шығынды, жоғары қуатты DSP процессорлары қатысады. Компоненттер - бұл қуат тұтыну. Мультиплекстеу жүйелерінің дамуы оптоэлектрондық базаның тепе-теңдігіне және өңдеу әдістеріне байланысты.

Негізгі оптикалық талшықтардың басты кемшілігі - санамау.

Ресурстарды жаңартуды қамтамасыз ететін технологиялар іске асырылуы мүмкін. Операторлар шешім қабылдамайды.

Талшықты-оптикалық кабельдер басқа кабельдермен жылдамдықты арттыруға кепілдік береді. Талшықтар мыс тамырларына қарағанда 9,0-10,0 есе аз, 100,0 есе жеңіл, ұзындығын 10,0 есе арттыруға мүмкіндік берді. Жағдайда, талшықтар секундына өткізу қабілеттілігін (мың петабиттен астам) арттыра отырып, ұзындығы 1000,0 шақырым учаскелерде секундына петабитке берілу жылдамдығын қолдайды.

Егер біз тарихи тәжірибені алсақ, бір режимді талшықтардың орналасу уақытын қарастыратын болсақ, зерттеулерден бастап коммерцияландыруға дейін көп ядролы оптикалық талшықтар 2025 жылы қолданыла бастайды. Технологиялық пайдалану мерзімі 60-70 жылға дейін созылады.

Жапонияның компаниялар тобы, институттары: KDDI Research, Fujikura, Sumitomo, Furukawa, әртүрлі өлшемдегі талшықтарды бірлесіп әзірледі.

Мұндай талшықтарды жобалау принциптері 125,0 мкм қабық өлшемімен (стандарт) және диаметрі 250,0 мкм болатын талшықтармен анықталады. Талшықтардың мұндай сипаттамалары - ішінара талшықты компоненттермен бірге қолдануға болады. Қазіргі уақытта 4-5 өзекті оптикалық талшықтар диаметрі 125,0 мкм (қабық) өндіріледі. Бұл қазірдің өзінде стандарт. NTT, KDDI Research компаниясы өзек (бірнеше) талшықтар жасаған. Жапондық компаниялар да фуджикүра, Фурукава Сумитомо бірнеше салынды сызықтар (316,0 км). Олардың өткізу қабілеті 118,50 Тетрабит / сек, әрине, күшейткіштің бірнеше өзегі бар. Олар SC, SF, MU типті оптикалық қосқыштарды ұсынады.

Айналу үшін барлық қондырмалар туралануы керек.

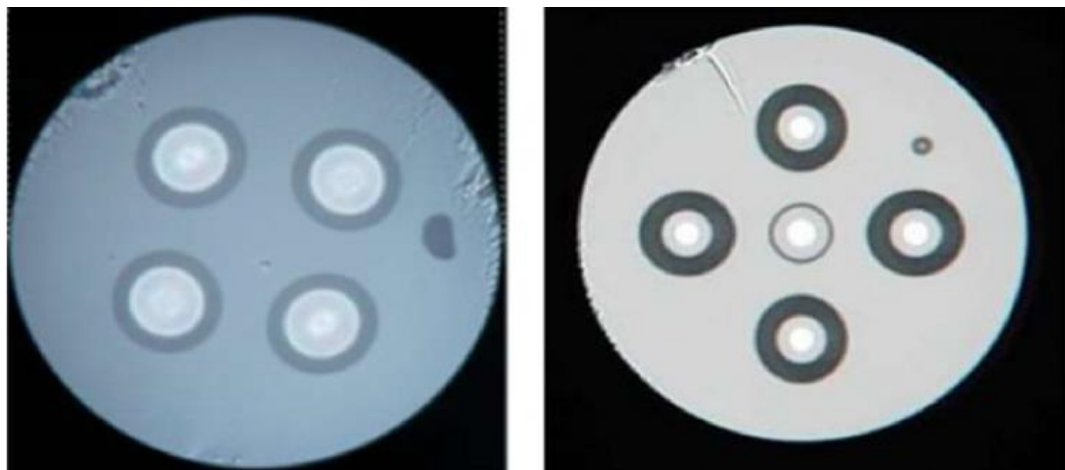


1.6-сурет – MU (жоғарғы), SC (төменгі) типті қосқыштар



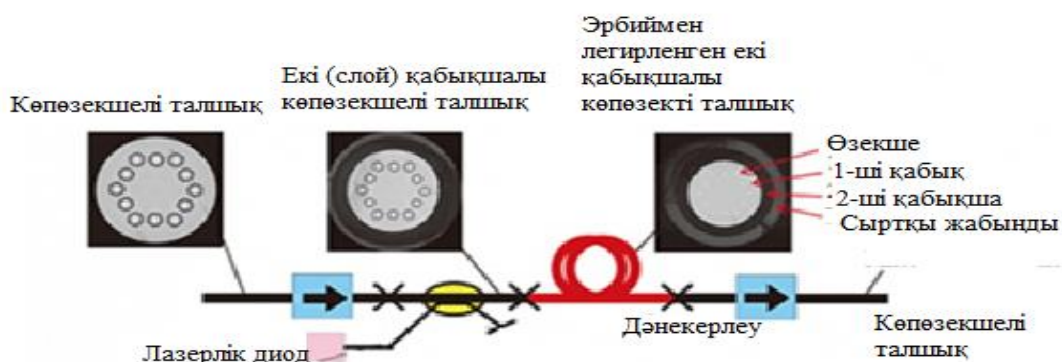
Параметрлері стандартты: диапазоны 1260,0 – 1625,0 нм, сөну коэффициенті 0,210 дБ/км болды.

3 аралық және олардың ұзындығы 104,0-107,0 км, мұнда бірнеше өзегі бар талшық бар.



1.7-сурет – Өзек (бірнеше) талшықтар (сыртқы қабықтың диаметрі 125,0 мкм) (NTT, KDDI Research)

Өзек (бірнеше дана) талшықтар үшін ғалымдар осындай компоненттерді жасады коннекторлар, муфталар, оптикалық күшейткіштер, және осындай талшықтарды оптикалық бөлуге немесе біріктіруге арналған басқа блоктар. Мұнда әр өзектен ақпаратты енгізу немесе шығару мақсаттары қарастырылуы керек (олардың көпшілігі бар).



Күшейткіш сыртқы түрі 430x350x132,5 мм

1.8-сурет – Көп ядролы талшықтарға арналған құрылымдық схема

Бүгінгі күні көп ядролы талшықтардың бірнеше түрі бар. Көптеген өзектері бар талшықтарды алғашқы зерттеу 1980-1990 жылдары Franc - telecom компаниясында болды. Әр түрлі типтегі көптеген өзектері бар талшықтарды құру бағыттары анықталды:

- қуыс аймақтардағы өзектер саны әртүрлі PCF фотонды кристалдарындағы оптикалық талшықтар (3.1 - сурет);

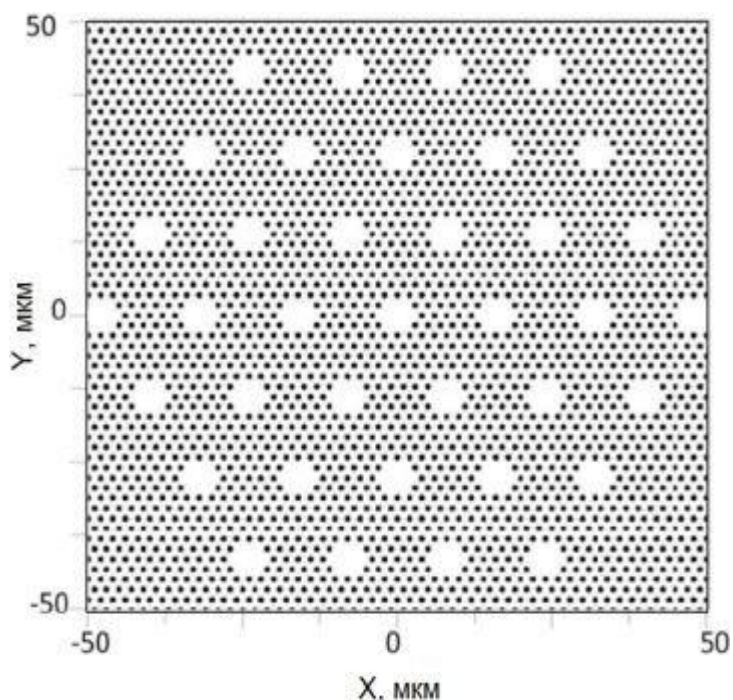
- көп өзек талшықтары 3,0 , 5,0 , 7,0-ден бірнеше ондағанға дейінгі саны бар MCF (multi core fiber) қабығымен;

- 1 ядросы бар төмен режимді Fmf (few mode fiber) талшықтары, бірақ 2,0, 3,0, 4,0 және одан да көп беріліс режимдерінің саны, сонымен қатар көптеген өзектері бар.

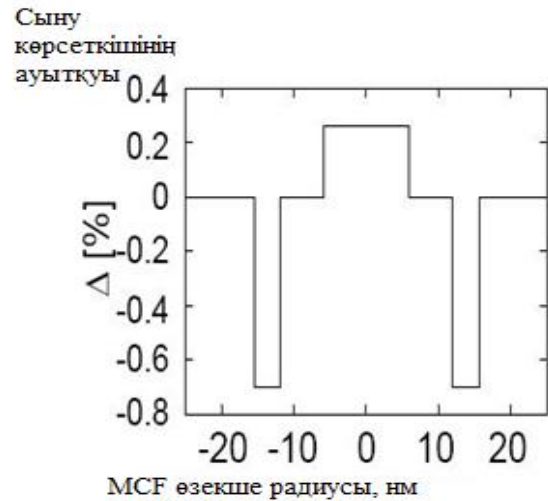
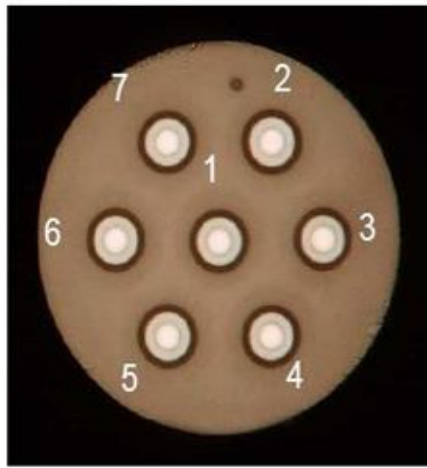
Талшықтың ұзындығы, Вольфтың өткізу қабілеттілігі, мүмкін болатын қосымшалары (датчиктер ретінде, сәуле шығаруға арналған аспаптар ретінде – лазерлер, жиілік торының генераторлары) бойынша ұйымдастыру үшін талшықтарды қолдану мүмкіндіктерін бағалауға арналған сипаттамалар жиынтығы бар.

Оптикалық қуаттың салыстырмалы жоғалуына байланысты (0,160-0,220 ДБ/км), хроматикалық және поляризациялық дисперсияға байланысты MCF, FMF типті талшықтарға артықшылық беріледі.

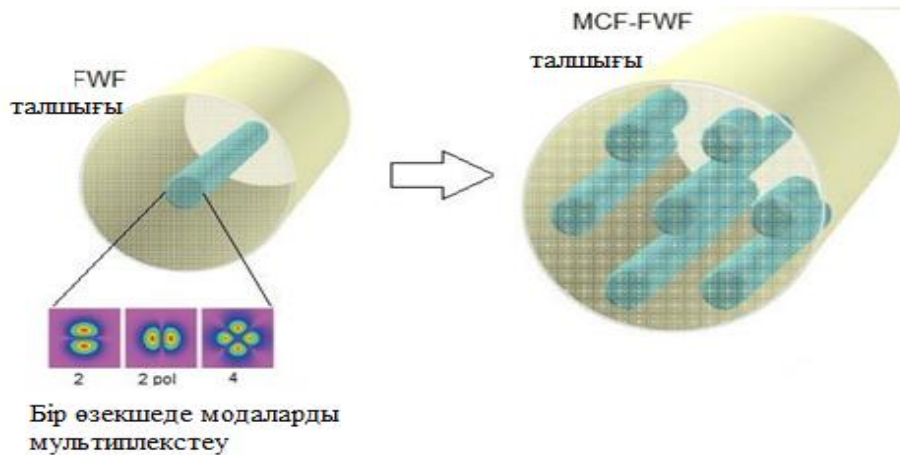
Сән термині талшықты жарық өткізгіштерге қатысты.



1.9-сурет – Талшықтың Фото-кристалды құрылымы (37 қуыс өзектер)



1.10-сурет – MCF талшығының құрылымы (7-өзек), 1 өзек үшін сыну көрсеткіші






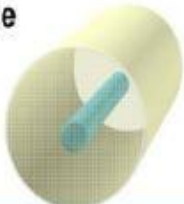





1.11-сурет – FWF және MCF-FWF/M талшық құрылымы

WCF, WF бойынша әзірлемелерге, зерттеулерге деген сұраныс осы ғасырдың 2-онжылдығында басқа өзегі бар мод талшықтарының өткізу қабілеттілігінің ресурсы таусылған кезде хабарлама көлемін тасымалдау қажеттілігінің артуына байланысты басталды. Кабель өнімдерінің көлемі күрт өсті, пайдалану күрделене түсті, яғни кабельдерді белгілеу, ОВ ауыстыру қиындығы, ОВ түйіспелерінің сенімділігі және т. б.

## 1.2 MCF көп өзекті жарық бағыттағыштарының түрлері, конструкциялары

1.12 - суретте негізгі типтері бар SCF, SCF гүл өсірушілеріне арналған шешімдер (single mode SM, төмен режимді FM, және M MM) және талшықтағы өзектерді біріктіру.

Coupled өзектерінің белгілі бір конфигурациясы бар-алты бұрышты HCPs құрылымы, бір сақиналы ORS құрылымы. Uncoupled өзектері, екі TPS өзек сақинасы бар өзгермелі конфигурацияға ие.

Single-Core Fiber (SCF)	Multi-Core Fiber (MCF)	
	Uncoupled MCF	Coupled MCF
<b>Single-Mode (SM)</b> 		
<b>Few-Mode (FM)</b> 		
<b>Multi-Mode (MM)</b> 		

1.12-сурет – 1 өзекті, көп өзекті талшықтардың түрлері

Байланысты, байланыссыз өзектерді орналастыру екі бағытта да сигнал беру сипаттамаларының жиынтығын, көздермен, сәулелену қабылдағыштарымен, мультиплексорлармен/демультиплексорлармен, күшейткіштермен, коммутаторлармен, оптикалық компоненттермен сәйкестендіру нұсқаларын анықтайды.

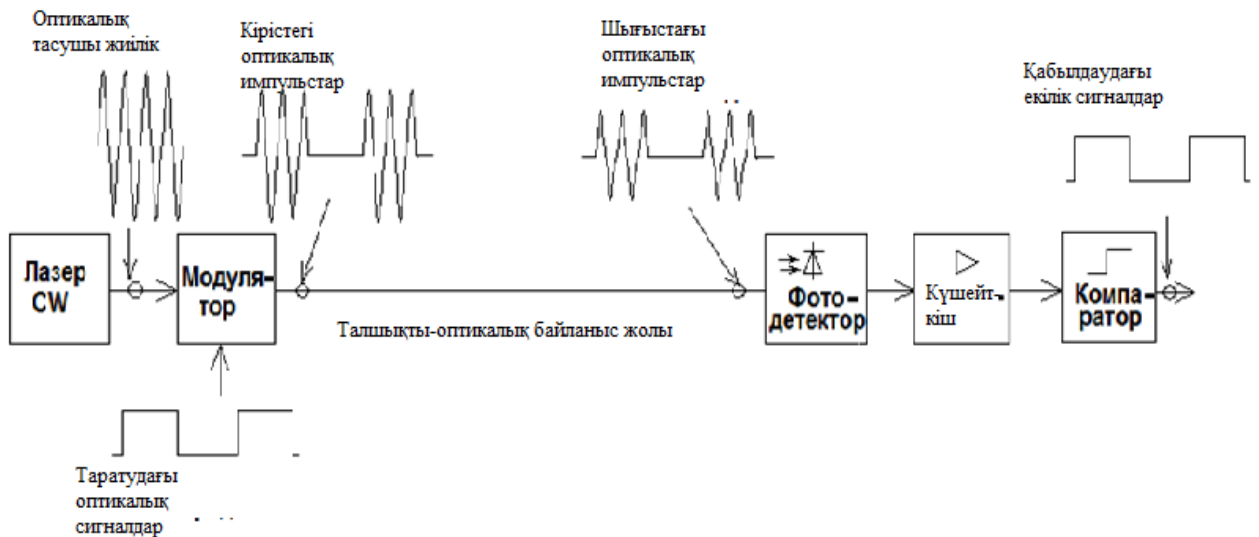
### 1.3 Оларды беру үшін талшықты-оптикалық орта

Оптикалық жиіліктер, жарық диодтары, лазерлер сигналдарды беру үшін қолданылады. Сигналдарды анықтау үшін жартылай өткізгіш фотодетекторлар қолданылады.

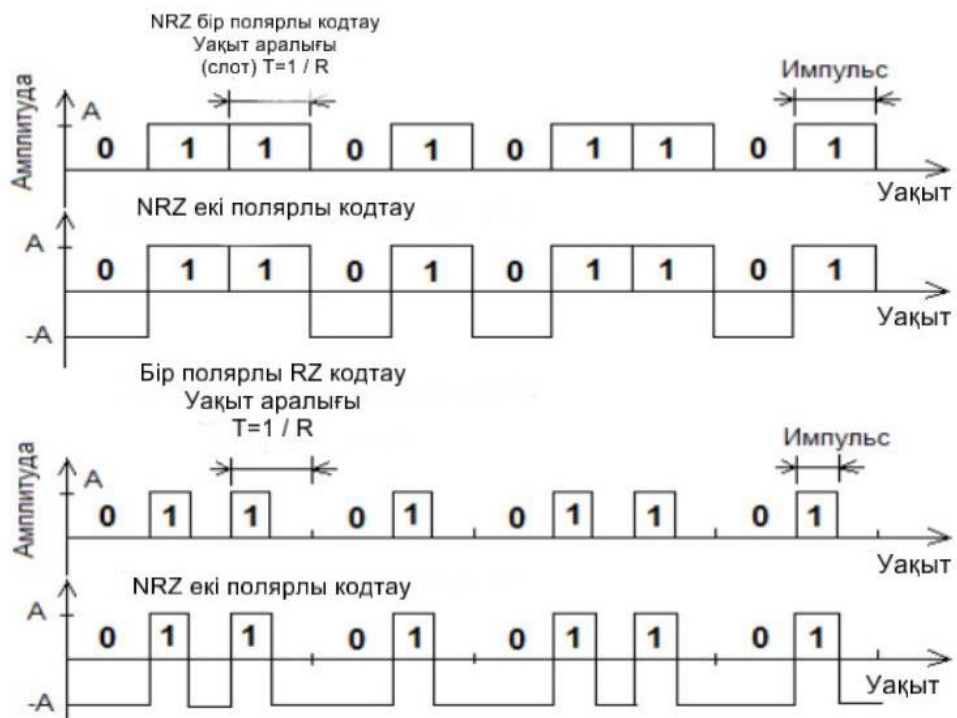
Импульстік сәлемдеменің мәнін анықтау үшін компаратор деп аталатын шекті құрылғыны пайдалану жеткілікті (1.13 - сурет).

Импульстік сәлемдемелерді ұсыну формасы бір немесе екі полярлықта болуы мүмкін (1.14 - сурет).





1.13-сурет – Оптикалық тарату жүйесіндегі импульстік сигналдарды беру схемасы



1.14-сурет – Импульстік тізбекті кодтау форматтары

Ұсыну нысаны-сағат интервалында, екілік сәлемдеме интервалында. "1" логикалық бірлігі-шамалардың жоғары деңгейі:

- Электр кернеуі, қуат, оптикалық сәулелену қарқындылығы, ток
- Ал логикалық нөл "0" - шамалардың төмен деңгейі.

"1" импульстік сәлемдемесі форматтың атауын анықтады-нөлге оралмай.

"1" импульстік сәлемдемесі анықталды-нөлге оралу.

Бірге тасымалдаушы жиіліктің ақпараттық сигналын модуляциялау OLS (оптикалық сызықтық сигнал) қалыптасуы да басталады.

2 OTN/OTN сәлемдемелерімен қол жеткізуге болатын ақпарат жылдамдығы: 2,7 Гбит/сек; 10,7 Гбит/сек; 43 Гбит/сек; 112 Кбит/сек.

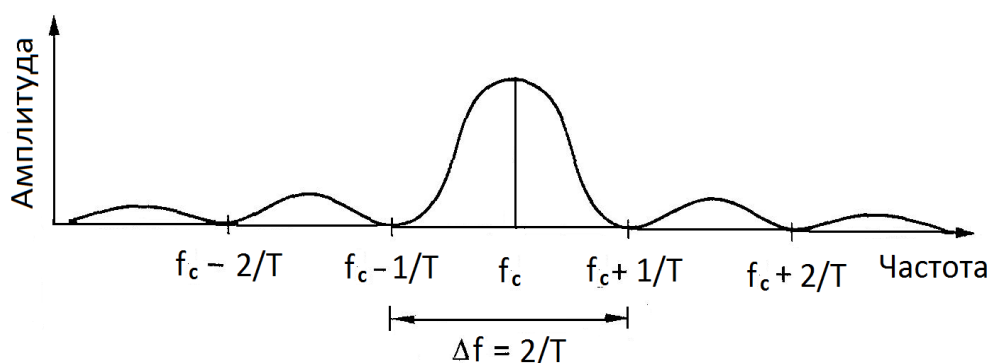
Екілік таңбаның жылдамдығы мен  $T=1/R7$  уақыт аралығының ұзақтығы арасындағы байланысты орнатыңыз

Шаманың уақыт аралықтары:

$$0,37 \times 10^{-9} \text{ с}; 0,93 \times 10^{-10} \text{ с}; 2,3 \times 10^{-11} \text{ с}; 8,9 \times 10^{-12} \text{ с}.$$

Минималды жиілік диапазоны =F тасымалдаушы  $f_c$  (1.5 - сурет): 5,40 Гц; 21,40 ГГц; 86,0 КГц; 224,0 ГГц. RZ форматында Бұл жиіліктер екі есе артады: 10,8 Гц; 44,80 ГГц; 172,00 ГГц; 448,00 ГГц.

Талшықты жарық өткізгіштердің жиілік диапазонын диапазондарға бөлу (1.1 кесте, 1.15 - сурет), G. 694.1 жиілік торларын ескере отырып, талшықты жарық өткізгіштердің сыйымдылығын есептеу қиын емес, оптикалық тасымалдаушылардың жиілік интервалдары: 12,50 ГГц; 25,0 ГГц; 50,0 ГГц; 100,0 ГГц.



1.15-сурет – NRZ сигналының оптикалық спектрі

Стандартты оптикалық жиілік торында сигналдар nrz форматында 43,0 Гбит/сек жылдамдықпен жіберіледі. 112,0 Гбит/сек жылдамдық пен nrz форматы 230,0 ГГц жиілік торын қажет етеді, бұл арналар арасында өзара кедергі болмауын қамтамасыз етеді.

1.1 Кесте - Талшықты жарық өткізгіштердің толқын диапазондары

МСЭ-Т белгіленуі	Толқын диапазоны, нм	Аты
O	1260,0-1360,0	Негізгі
E	1360,0-1460,0	Ұзартылған
S	1460,0-1530,0	Қысқа толқын
C	1530,0-1565,0	Стандартты
L	1565,0-1625,0	Ұзын толқын
U	1625,0-1675,0	Ультра ұзын толқын

О, Е, S, C, L диапазондарының жиілік жолақтары үшін алынған мәндер стандартты жиілік торларындағы спектрлік арналардың санын анықтау және талшықтарды бақылау үшін и диапазонын есепке алмай, NRZ форматындағы 112,0 Гбит/с сигналдардың өткізу қабілеттілігін анықтау үшін қолданылады. G.652 (с, d) типті талшықтың өткізу қабілеті NRZ форматындағы сигналдар үшін 26,0 Кбит/с құрайды. Қарапайым есептеулер, RZ форматында сандық тасымалдау сыйымдылығы шамамен 2 есе азаяды.

1.2 Кесте - NRZ форматындағы бір режимді талшық диапазондарының сыйымдылығы

Диапазон	Жолақ жиіліктер, ТГц	Толқын торындағы спектрлік арналардың саны					Сыйымд Тбит/с
		12,50ТГц	25,0ТГц	50,0ТГц	100,0ТГц	230,0ТГц	
О	17,42	1393,0	696,0	348,0	174,0	75,0	8,40
Е	15,0	1200,0	600,0	300,0	150,0	65,0	7,280
S	9,4	752,0	376,0	188,0	94,0	40,0	4,480
C	4,39	35,0	175,0	87,0	43,0	19,0	2,1280
L	7,08	566,0	283,0	141,0	70,0	30,0	3,360
U	5,5	Тағайындау ауқымы					< 2,50

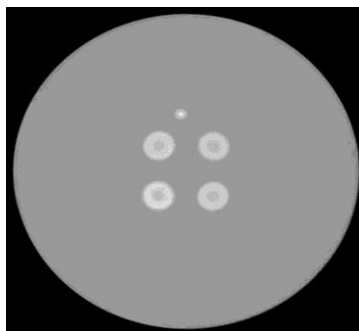
Бит/сек/Гц бағаланатын талшықты өткізу қабілеттілігін пайдалану тиімділігін арттыру арқылы оптикалық жиілікті модуляциялау форматтарына көшу болып табылады. The NRZ тиімділігі-0,50 бит/сек / Гц, тарату желілері үшін кеңінен қолданылатын с жолағында тиімділігі:  $(2,128 \text{ Тбит/сек}) / (4,39 \text{ ТГц}) \approx 0,48 \text{ бит/сек/Гц}$ . О, Е, S диапазондарын қолдануға болады.

1260,0 нм-ден 1675,0 НМ-ге дейінгі толқын ұзындығы аймағында Жарық өткізгіштің белгілі бір өткізу қабілеттілігі энергия шығындарының (0,150 ДБ/км-ден 0,30 ДБ/км-ге дейін) арқасында тарату жүйелерін құру кезінде сұранысқа ие, Жарық өткізгіштерде сигнал беру үшін жолақ бар (800,0 нм мен 1260,0 НМ арасында), бірақ айтарлықтай үлкен шығындар 0,50 – 3,0 дБ / км (- сурет.1.7). Мұндай шығындар сызықтар үшін өте қолайлы (ұзындығы 10 км-ден аспайды), бұл диапазонда Жарық өткізгіштер жоқ, бір режимді беру режимі, 400.0 МГц/км-ден 1200.0 МГц/км-ге дейінгі диапазондағы талшықты сигнал беру жолағын шектейтін дисперсияға ұшырамайды.

#### 1.4 Төрт өзекшелі талшық

Қосымшаларды кеңінен қолдану салдарынан деректерді беру желілерінің трафигі артып келеді. Бір режимді әлсірететін Жарық талшықтарын қолдану желілердің құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Желінің өткізу қабілеттілігінің күрт өсуіне қол жеткізу, мультиплекстеу жүйелері зерттелуде. Диапазон жүйелері үшін талшықтардың ұрпағын білдіретін өзегі бар талшық әзірленді.

Даму диаметрі 125.0 мкм болатын қабықта 4 өзегі бар талшық, стандартты OM талшықтағыдай.



1.16-сурет – 4 өзегі бар талшықтың соңы

### 1.3 Кесте - Оптикалық талшықтардың түрлері

Атауы	Қысқаша сипаттама
Бірмодалы, OM (Single-mode fiber, SMF)	Оптикалық талшық 9 мкм
Стандартты талшық (Standard optical fiber)	Оптикалық талшық. Қабықтың стандартты диаметрі 125,0 мкм
Көптеген өзектері бар микроқұрылымды талшық (Multi-core fiber, MCF)	Өзегі бар оптикалық талшық.
Микроқұрылымды талшық және «байланбаған» өзектер (Uncoupled MCF)	MCF, арнаны ұйымдастыру кезінде қол жеткізу үшін қашықтықты арттыру қажет
Микроқұрылымды талшық (байланысқан өзектер)	MCF, өзектер арасындағы қашықтық аз, кедергі деңгейі жоғары. Бұл жағдайда MIMO процессорындағы кедергілерді басу. MCF
Көп режимді талшық (MMF)	Қалыңдығы 50.0 немесе 62,50 мкм болатын 1 өзегі бар оптикалық талшық. Режимаралық кедергілер басылады

Талшықтың ыдырау көрсеткіші 0,1580 ДБ/км, ұзындығы 1550,0 нм. 1520.0-1580.0 НМ толқындар үшін режимаралық дисперсия 6,1 пс/√км. Бұл параметрлер талшықтар үшін, кеңістіктік мультиплекстеу үшін рекордтық төмен.

Сөну шамалары - ең аз шу деңгейі бар сигналдарды жібереді. Арналар санын сыйымдылықты төмендетпей іске асыру күтілуде. Қол жеткізілген SMD 5 есе аз, бұл MIMO процессорлары үшін кедергілерді өтеуді жеңілдетеді. Қабық диаметрі 125,0 мкм болатын SS-MCF әзірлеген жабдықпен үйлесімді. Бұған қоса, жаңа талшықтың механикалық сипаттамалары стандартты талшықтарға қарағанда жақсы.



2009 жылдан бастап Sumitomo Electric зерттеу, MCF әзірлеу нәтижелеріне қол жеткізді. Жетістік осы технологиялардың барлығын біріктіру арқылы жүзеге асырылады.

### **1.5 Тапсырманың қойылымы**

Бұл дипломдық жұмыста көп ядролы MCF бір режимді және төмен режимді FMF талшықтары бар ультра жоғары диапазонға арналған жаңа буын ППО құру принциптері талқыланады. PDMmQAM модуляция форматтарының технологиясы, терабиттік, петабиттік жылдамдықтары бар OFDM суперканалдары, когерентті оптикалық қабылдағыштар.

Кабель сыйымдылығының өсуін болдырмау үшін бір SCF және көптеген MCF өзектері бар талшық түрлерін пайдалану түбегейлі болып табылады [8-9]. Бұл талшықтардың өлшемдері талшықтардың өлшемдеріне сәйкес келеді, талшықтарға жақын беру сипаттамалары бар, оларды кабельдік конструкцияларда қолдануға мүмкіндік береді (4.0 талшықтан 48.0-ге дейін).

Тапсырманы қоюдың негіздемесі:

- Өзегі бар талшықты-оптикалық жарық өткізгіштерді талдау;
- Көптеген өзектері бар жарық өткізгіштерге арналған жабдықты таңдау;
- Көптеген өзектері бар жарық өткізгіштердің параметрлерін есептеу.

## 2 Жабдықты таңдау, төрт өзекті оптикалық кабельдерді зерттеу

### 2.1 Оптикалық таратқыштар, қабылдағыштар, оптикалық күшейткіштер

Оптикалық таратқыштар, қабылдағыштар, күшейткіштер модульдер түрінде жасалады, көбінесе оларды трансиверлер деп атайды - бұл қабылдағыш - таратқыш құрылғы, қашықтағы құрылғылармен деректерді қабылдау және беру үшін талшықты-оптикалық байланыс желілері.

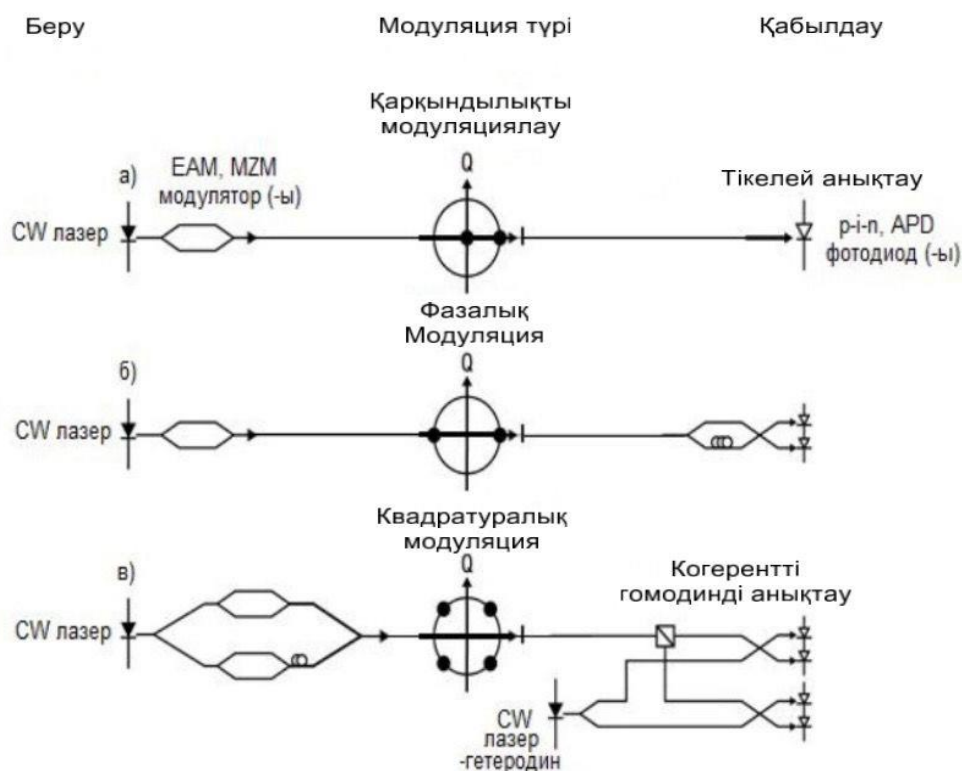
Олар схемалық шешімдермен, беріліс-қабылдаудағы деректерді өңдеу алгоритмдерімен ерекшеленеді. 40,0 Гбит/с-тан 100,0 Гбит/с-қа және одан жоғары жылдамдыққа көшу жаңа шешімдерді (сәулелену көздері, модуляторлар, кодек/декодерлер, фотодетекторлар, фотоқабылдағыш құрылғылар, процессорлар) және кодтау-декодтау, жиілікті қалпына келтіру алгоритмдерін және т. б.

Зерттеу үшін 240,0 Гбит/с – тан 1,0-100,0 Тбит/с-қа дейінгі жылдамдықты және одан кейінгі өсу мүмкіндіктерін 1,0 Пбит/с-қа дейінгі жылдамдықты қолдайтын трансиверлердің шешімдері қызығушылық тудырады. трансиверлерге арналған шешімдердің көпшілігі (1.13 - сурет) еам электроабсорбция әсеріне, қарқындылықты басқаруға негізделген қарқындылық модуляторлары бар таратқыштардың схемалық технологиясынан тұрады, mzm (Mach-Zehnder modulator) Mach-Zender модуляторындағы CW лазерлік сәулелену фазасы, сондай-ақ CW сәулелену поляризациясы бар тізбектердегі қарқындылықты, сәулелену фазасын басқару. Трансиверлердің қабылдағыштарына жатады-анықтау бөлімдері бар p-i-n конструкцияларының фотодиодтары, INP қосылыстарына негізделген APD көшкін фотодиодтары, ingaas, олар көп материалдарды пайдаланады.

Фотодетекторлардың сезімталдығы үшін сигналдарды гомодинді қабылдау, қабылдағышта-қосымша CW лазер-гетеродин қолданылады. Таратқыш - қабылдағыштардың құрылымына күшейткіштер (жартылай өткізгіш, талшықты) қосылады. Берілістегі сигнал қуатының деңгейін, қабылдағыштың белгілі бір сезімталдығын сақтауға мүмкіндік береді.

Трансиверлер үшін іске асыруға қойылатын талаптар жиынтығы, атап айтқанда ITU-T ұсыныстары анықталған. талаптар жиынтығы аспаптардың мүмкіндіктеріне негізделген - лазерлер, фотодиодтар, модуляторлар, оптикалық күшейткіштер, компоненттер, пассивті (дисперсиялар, фазалық ауыстырғыштар, оптикалық тізбектердің толқын өткізгіштері).

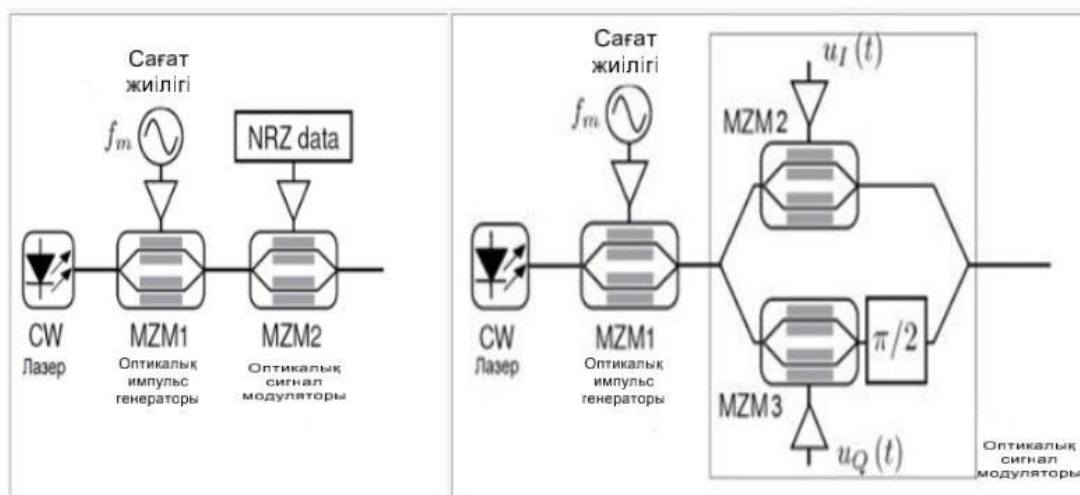
Лазерлер диапазон толқындарын (мысалы, C, L), тар спектрді ( $\Delta\lambda S \rightarrow 0,0$ ), қуатты (1,0 мВт-тан 100,0 мВт-қа дейін), поляризацияны (2.1 - сурет) шығаруы керек.



2.1-сурет – Жоғары жылдамдықты беру жүйелерінің трансиверлеріне арналған құрылымдық шешімдер: а - қарқындылық модуляциясымен; б - фазалық модуляциямен; в - көп деңгейлі модуляциямен

CW лазерінің құрылымына қосымша жартылай өткізгіш оптикалық сәулелену күшейткіші және EAM немесе MZM модуляторы қосылуы мүмкін, соның ішінде SSG-DBR-ге біріктірілген (2.2 - сурет.), бұл паразиттік электр сыйымдылықтары мен электродтар мен модуляциялық сигнал тізбегінің кедергісіне байланысты шамасы 40 Гбит/с аспайтын беру жылдамдығын шектейтін қарапайым RZ, NRZ модуляция форматтары үшін шағын көлемді, үнемді таратқыш оптикалық модулін жасауға мүмкіндік береді.

Таратқыштар үшін неғұрлым күрделі шешімдер каскадты, параллельді қосылымы бар жеке mzm модуляторларын пайдалану болып саналады (2.2-сурет), бұл жоғары жылдамдықта (40 Гбит/с-тан жоғары) жоғары тиімділік көрсеткіштерімен модуляция форматтарын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.



2.2-сурет – Сыртқы MZM модуляторлары бар оптикалық таратқыштардың құрылымдары (каскадты және параллельді қосу)

MZM модуляторлары - оптикалық кристалдарда, мысалы, линбо3 литий ниобатының химиялық элементіне негізделген, олардың оптикалық қасиеттері сыртқы генератор шығаратын және материалдың бір бөлігіне шоғырланған электр өрісінің шамасына байланысты. Электр өрісі сыну көрсеткішін, яғни сәулеленудің таралу жылдамдығын өзгерте алады. Бұл қасиет параллель mzm толқындық арналарында бір көзден пайда болған поляризацияланған толқындардың фазалық жылдамдығын басқару үшін қолданылады (- сурет.2.2). Егер сигнал көзі толқындық арналарға қосылса, онда mzm шығысында 00 - ден 1800-ге дейінгі фазалардың кез-келген тіркесімінде фазада қосылатын сәулелену фазаларын өзгертуге болады.

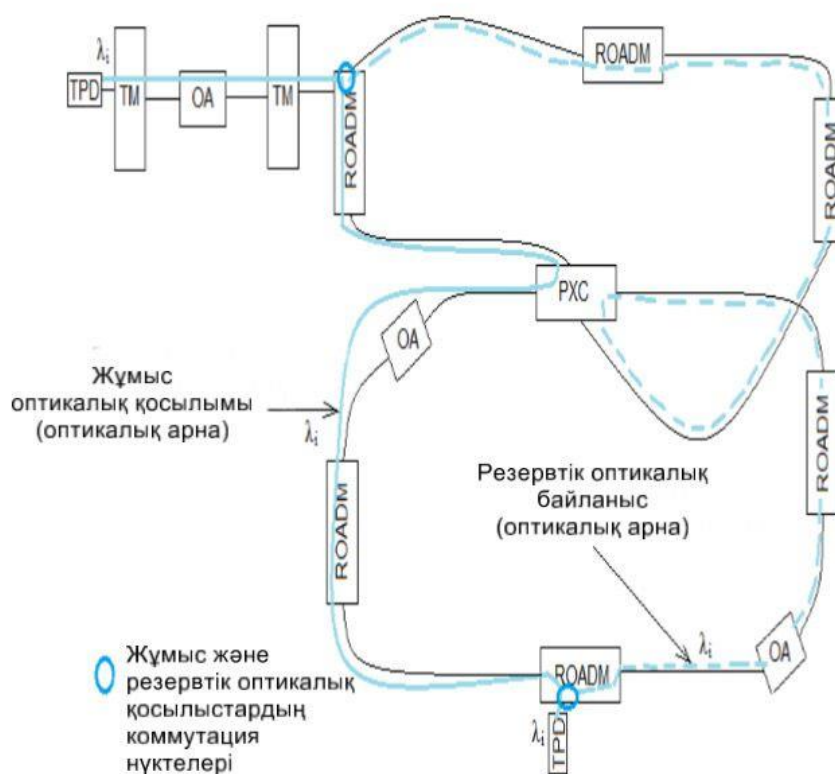
## 2.2 Оптикалық бөлу/енгізу мультиплексорлары және оптикалық желідегі қосқыштар

Жіктеу бойынша мультиплексорлар бөлінеді-терминал, таңдау/енгізу. Аталған құрылғылар құрамында арналар сигналдарының, арналар топтарының жүру жолына арналған оптикалық қосқыштар бар. Арналарға, арналар топтарына қол жетімділік қалыптасады, берілген жылдамдықтағы арналарға қол жеткізуге болады (Ethernet, OTN, TP-MPLS стандарттарында 100.0 Мбит/с-тан 112,0 Гбит/с-қа дейін, перспективада 400,0 Гбит/с, 1,0 Тбит/с). Коммутаторлары бар мультиплексорлар қосылымдарды қолдау үшін арналардың қорғалған желілерін (өткізу қабілеттілігін) құрудың кең мүмкіндіктерін жүзеге асырады (2.3 - сурет). 2.3 - суретте: TPD – транспондер (i – толқын нөмірі); OA - оптикалық күшейткіш; TM (terminal multiplexer) – терминалды мультиплексор; ROADM –



ауысу, тармақталу қосылыстары бар оптикалық толқындарды енгізудің басқарылатын оптикалық мультиплексоры; PXC – фотонды кросс-қосқыш.

Байланыс желілерінде мультиплексорларды, коммутаторларды қолдану бірқатар проблемалар туындайды, әлеуетке айыппұлдар салынады: қуаттың жоғалуы, оснг-ді төмендететін ОА топтық күшейткіштерімен өтеледі; бөлу сүзгілері, roadm мультиплексорларының бірігуі салдарынан арнаның берілу жолағын азайту; әр арнаның біркелкі емес берілуін енгізу, тарату дифференциалы; арналардың өзара әсері; дисперсиялық бұрмаланулар; кедергілердің жинақталуы DCF талшықтары бар дисперсиялық компенсаторларға байланысты шығу тегі.



2.3-сурет – Әртүрлі желілік элементтері бар желі құрылымы

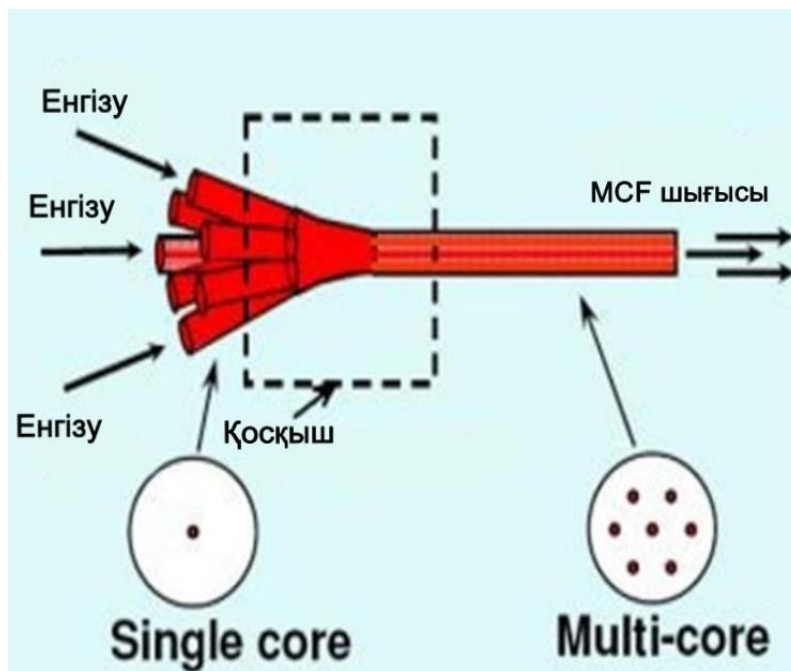
Жалпыланған OSNR бағалауында супер арналарға арналған түзетулер бар, кең және өзгермелі оптикалық жолақта және талшықтарда шыққан шу.

ROADM мультиплексорлары, суперканалдарды өңдеуге арналған PXC кроссоверлері жиілік диапазондарын бөлуге және ауыстыруға арналған болуы керек.

### 2.3 MCF қосқыштары

CF-ді тарату жүйелеріне, өлшеу аппаратурасына қосу үшін өзектерді соңымен бөлу қажет.

Конструкция қосқышының/сплиттерінің мысалы 2.4 - суретте көрсетілген. Әдебиетте бұл дизайн FBF (Fiber Bundle Fanout) талшықтарының байламдары ретінде.

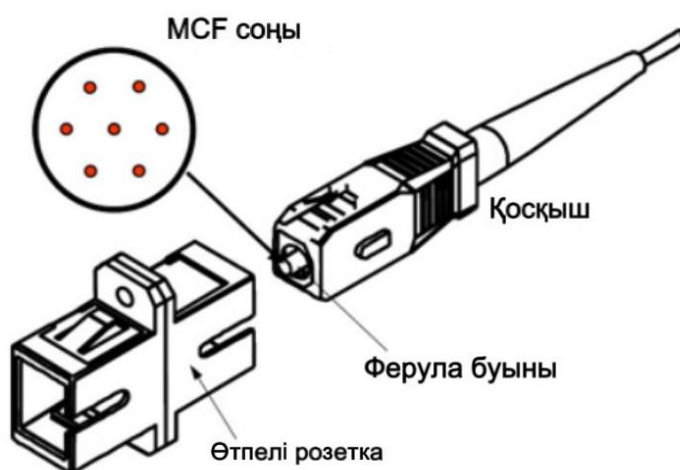


2.4 - сурет — Бір ядролы (SC) және көп ядролы (MC) талшықтардың FBF қосқышының құрылымы

Қосқыштарда (2.5 - сурет) шығындар 2010 жылғы мәліметтер бойынша 0,380 дБ-ден 1,80 дБ-ге дейінгі шамаларды құрайды.

MCF дәнекерлеу кезінде шығындар 0,10 дБ-ден аспайды. MCF дәнекерлеу үшін Fujikura 100 аппаратурасы ұсынылады, қабық диаметрі 2000,0 мкм дейінгі талшықтарды Дәнекерлеуге және PAS технологиясын қолдануға арналған. Түйіспедегі дәлсіздіктер қуаттың жоғалуына әсер етеді (3.16 - сурет).

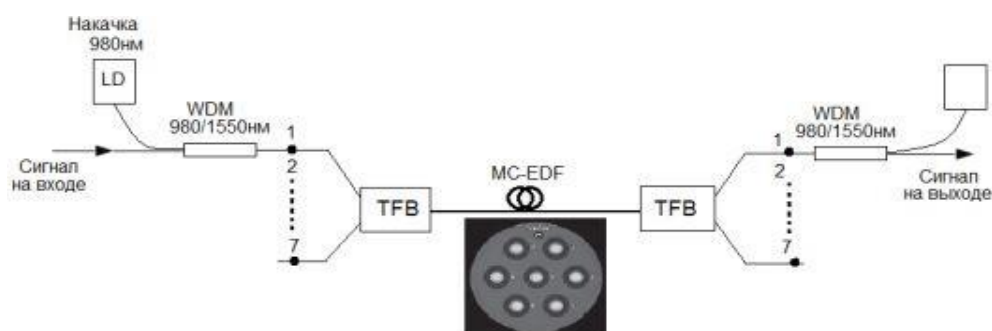
Өзектердің түйіскен жерінде - таратқыштарға оралумен оптикалық толқындардың шағылысуы, бұл сигнал параметрлерін нашарлатуы, кедергілерге, OSNR төмендеуіне әкелуі мүмкін.



2.5-сурет – MCF қосқышы

## 2.4 MCF көп ядролы талшықты оптикалық күшейткіштер

MCF бар ұзартылған желілерде сигнал беру үшін әр ядроға күшейткіштер берілуі керек. Шешімдер негізінен EDFA эрбиум күшейткіштері мен Раман DRA, сорғы күшейткіштеріне қатысты (2.6 - сурет).



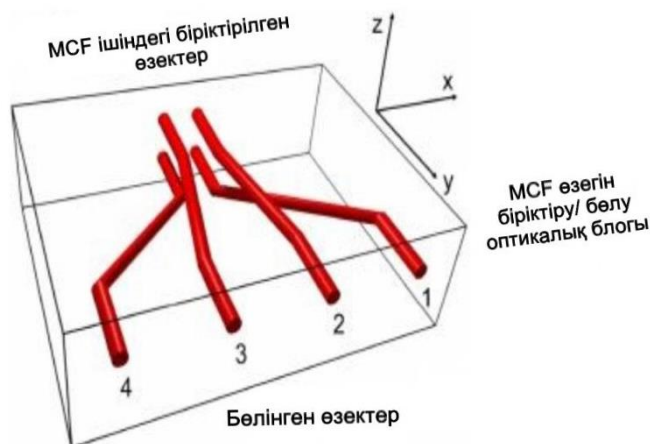
2.6-сурет – MC-EDFA негізіндегі оптикалық күшейткіштің құрылымы

TFB блоктары (талшықты байланыстырушы қосқыш) сигналдарды енгізу, күшейтуден кейін оларды бөлу үшін талшықты оптикалық күшейткішке қосады. Күшейткіштерде көптеген өзектері бар 1 талшықты 1 өзегі бар жүйелердің бөлігі ретінде пайдалануға болады.

## 2.5 Өзектерді бөлектеу/ енгізу және оларды ауыстыру үшін MCF компоненттері

MCF өзектеріне арналған блоктар, сигналдарды MCF өзектеріне енгізу үшін талшықтарды біріктіру (2.7 - сурет) температуралық, механикалық сипаттамалары бар монолитті құрылымдарда салынған [6]. Мұндай конструкциялар басқарылатын мультиплексорлар үшін қолданылады (өзектер

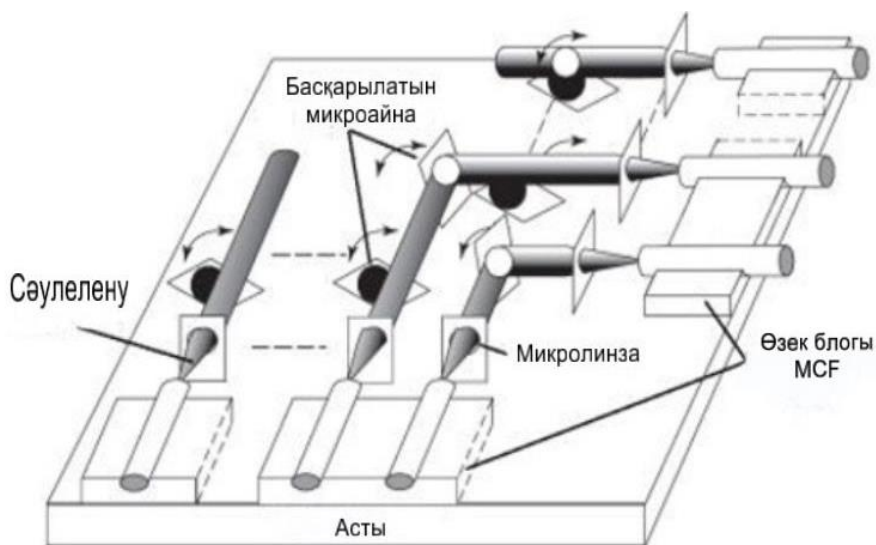
мен өзек қосқыштарын оқшаулау/енгізу), мысалы, MEMS микроэлектромеханикалық коммутациялық жүйелерінің микро айналарымен (2.8 - сурет).



2.7-сурет – MCF өзектерін бөлу/біріктіру оптикалық құралының дизайны

(Microelectromechanical systems) MEMS негізінде кең жиілік диапазонында қуат шығыны бар 2, 3 өлшемді коммутация матрицаларын (3,0 дБ-ден 7,0 дБ-ге дейінгі коммутатор элементтеріне енгізілген шығын сатысына 1 дБ),  $\pm 0,50$  дБ беру коэффициентінің біркелкілігін қамтамасыз ететін 1260.0 -1675.0 нм толқындарын салуға болады.

MCVD жарық диодты өзектерінің құрылымдарында Брагг торлары пайда болады. Олар талшықтарды хроматикалық дисперсияның оптикалық компенсаторларын, оқшаулау мультиплексорларын (DWDM оптикалық арналарын енгізу) құру үшін пайдалануға мүмкіндік береді.



2.8-сурет – MCF негізгі қосқышы

### 3 Көптеген өзектері бар оптикалық кабельдердің негізгі параметрлерін есептеу

#### 3.1 Кабель параметрлерін есептеу

Ядроның сыну көрсеткішінің сатылы Жарық өткізгіші бар өзегі бар бір режимді талшық, өзек диаметрі  $2a=9,0$  мкм және сыни толқын ұзындығы  $\lambda=1250,0$  нм сән өрісінің диаметрі  $2\omega_0$  толқын ұзындығы  $\lambda=1300,0$  нм және  $1550,0$  нм: / 16/

$$2\omega_0 \approx (2,6 \cdot \lambda / V_c \cdot \lambda_c) \cdot 2a \quad (3.1)$$

мұнда  $\lambda$  - толқын ұзындығы, нм;

$\lambda_c$  – критикалық толқын ұзындығы;

$V_c$  – режимі үшін критикалық нормаланған жиілік  $V_c=2.4050$ .

$$\lambda=1300\text{нм}: 2\omega_0 \approx (2,6 \cdot 1300,0 / 2,4050 \cdot 1250,0) \cdot 9,0 = 10,10 \text{ мкм};$$

$$\lambda=1550\text{нм}: 2\omega_0 \approx (2,6 \cdot 1550,0 / 2,4050 \cdot 1250,0) \cdot 9,0 = 12,0 \text{ мкм}.$$

Егер бір режимді талшықтарда иілу қосылыстары болса, сән өрісінің диаметрінің мөлшері ыдырау сипаттамаларына әсер ететін маңызды фактор болып табылады..

Сонымен, сән өрісінің диаметрі Жарық өткізгіштігінің төмендеуіне әкеледі, бірақ ажыратылатын, ажыратылмайтын қосылыстардағы шығындарды арттырмайды.

Қабықтың сыну көрсеткіші  $n_2$

Бұл белгілі:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3.2)$$

мұндағы  $NA$  – сандық апертура,  $0,130$ ;

$n_1$  – өзектің сыну көрсеткіші,  $1,46810$ .

Содан кейін:

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - NA^2} \quad (3.3)$$

$$n_2 = \sqrt{1.4681^2 - 0.13^2} = \sqrt{2.1553 - 0.0169} = 1.4623$$



Сыни бұрышы  $\theta_c$ , бұл жағдайда ішкі шағылысу шарты әлі де орындалады:

$$\theta_c = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{1.4623}{1.4681}\right)^2} = 0.09 \text{ рад} \approx 5,16^\circ$$

Қабықтың сыну көрсеткіші  $n_2$ ,  $n_1$  өзегі  $\Delta$  сыну көрсеткіштерінің айырмашылығын есептейміз:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1.4681 - 1.4623}{1.4681} = 0.00395 \approx 0.395\%$$

ВОКтағы SZ-құрылымын есептеңіз:

360,0° айналым өрісінің қадамы – бұралу қадамы S.

Элементтер мен кабель қимасы арасындағы бұрыш-бұралу бұрышы  $\alpha$ . Элементтің осі мен ортасы арасындағы қашықтық - бұралу радиусы R /16/.

Кабель түрлері үшін бұралу қадамы S=170,0 мм, бұралу радиусы R=4,30 мм, содан кейін Z Ұзындығы болады:

$$Z = \left( \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi R}{S}\right)^2} - 1 \right) \cdot 100\% = \left( \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi \cdot 4.3}{170}\right)^2} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 1.25\%$$

Сондықтан кабельдің ұзындығының әрбір 100 метріне элементтер ұзағырақ 1,250 м.

Бұралу бұрышы:

$$\alpha = \text{arctg} \frac{S}{2\pi R} = \text{arctg} \frac{170}{6.28 \cdot 4.3} \approx 80.97\%$$

Сәйкес қисықтық радиусы:

$$\rho = R \left( 1 + \left(\frac{S}{2\pi R}\right)^2 \right) = 4.3 \cdot \left( 1 + \left(\frac{170}{6.28 \cdot 4.3}\right)^2 \right) \approx 175 \text{ мм}$$

Иілу кезінде жарық өткізгіштердің созылуын-қысылуын шектеуге болады, осылайша созылу жүктемелерінде, талшықты-оптикалық кабельдердегі диапазондарда сипаттамалардың өзгеруі, Жарық өткізгіштердің қауіптілігі болмайды. Ұзындығының өзгеруі  $\Delta L/L$  ВОК, яғни ұзарту Ек, қысу Етк кабель тең:

$$E = -1 + \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 R^2}{S^2} \left( 2 \frac{\Delta R}{R} \pm \frac{\Delta R^2}{R^2} \right)}, \quad (3.4)$$

мұндағы, «+» - кабельді қысу Етк;  
«-» белгісі - кабельдің ұзаруы Ек.

Қабықтың номиналды диаметрі  $\alpha_i = 2,0$  мм, 12,0 Сатылы сыну көрсеткіші бар жарық өткізгіштің саңылауы бар:

$$\Delta R = (2.00\text{мм} - 1,00 \text{ мм}) / 2,0 = 0,40 \text{ мм} .$$

Содан кейін кабельдің рұқсат етілген ұзартылуы:

$$E_k = -1 + \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 \cdot 4.3^2}{170^2} \left( 2 \frac{0.4}{4.3} - \frac{0.4^2}{4.3^2} \right)} \approx 0.001064 = 0.1064\%$$

### 3.2 Регенерация учаскесін есептеу

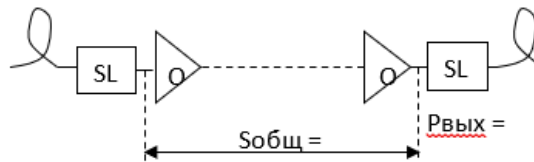
ТОК магистраль кабельдің құрылыс ұзындығынан тұрады, 1-ажыратылатын қосылыстарға дейін созылады. ВОКМ-ны жобалау кезінде ескерілетін маңызды параметрлер - бұл әлсіреу, талшықты жарық өткізгіштердің өткізу қабілеттілігі, қосқыштардағы, кіріс-шығыс құрылғыларындағы, тармақтардағы шығындар, әлі де Қор жобаға салынуы керек, қосылыстарды жөндеу кезінде шығындарды өтеу үшін Қор енгізілуі керек, өйткені магистральдар пайдалану кезеңіне арналған.

Есеп 4 жағдайды қарастырады:

- күшейткіштерді ОП кірісі мен шығысында орнату;
- күшейткішті тек кіріске орнату;
- күшейткішті тек шығысқа орнату;
- күшейткіштерді орнату қажет емес /16,18/.

Біз магистральдың километриялық учаскесі үшін учаскенің ұзындығын есептейміз, ұзындығын барлық учаскелермен салыстырамыз.

Магистральдың барлық учаскелерінде бірдей стандартты жабдық бар. Кабель арқылы беріледі – STM-16 ағыны 2488,320 Мбит/с жылдамдықпен толқын ұзындығы 1500,0 нм, регенерация бөлімінің ұзындығы SLA-16 27,50 дБ ( $\lambda=1300,0$  нм және  $S=25,0$  дБ үшін) максималды жоғалтумен шектеледі. Күшейткішті қолдану арқылы толқын ұзындығы 1500,0 нм болатын 13,0 дБ беру деңгейі. Алдын ала күшейткішпен сезімталдық 37 дБ. 1-нұсқаға арналған қима ұзындығы (3.1.- сурет).



3.1 - сурет – Бірінші нұсқа үшін қиманың ұзындығы

Көкшетау қаласы - Петропавл қаласы арасындағы учаске. Бұл  $\lambda=1550,0$  нм жұмыс толқын ұзындығында 50,0 дБ секцияның әлсіреуін қамтамасыз ететін лазерлік диодтармен 2488,320 Мбит/с тарату жылдамдығы бар жүйеге арналған бөлім. Магистральдың ұзындығы  $L=175,0$  км,  $L_{стр}=6,0$  км.

Осы аймақтағы муфталарды табайық:

$$N_{муфт} = L/L_{стр} - 1 = 175,0/6,0 - 1 = 28,0 \text{ муфт}$$

Сызықтың әлсіреуі:

$$S_{л} = S_{об} - A_{эз} - A_{рс} - A_{эк} - \Delta\alpha \quad (3.5)$$

мұндағы,  $S_{об}$  – оптикалық күшейткіштермен әлсіреуі; 50,0 дБ;

$A_{эз}$  – жабдық қоры, 3,0дБ;

$A_{рс}$  – қосқыштардағы жоғалтулар, 1,0 дБ;

$A_{эк}$  – кабель жиегі, 3,0 дБ;

$\Delta\alpha$  - сөну қателігі:

$$\Delta\alpha = N_{муфт} \cdot A_{нс} \quad (3.6)$$

мұндағы  $A_{нс}$  – қосылыстың орташа мәні, 0,050 дБ.

$$\Delta\alpha = 28,0 \cdot 0,050 = 1,40 \text{ дБ} .$$

Сонда:

$$S_{л} = 50,0 - 3,0 - 1,0 - 3,0 - 1,40 = 41,60 \text{ дБ} .$$

Регенерация аймағының ұзындығын күшейткіштермен табамыз:

$$L_{max} = \frac{S_{л}}{\alpha + A_{нс(max)} / L_{стр}} \quad (3.7)$$

Мұнда,  $\alpha$  - кабельдің әлсіреуі, 0,220 дБ;

$A_{нс(max)}$  – тұрақты қосылымды жоғалту мәні, 0,10 дБ;

$L_{стр}$ -құрылыс кабель ұзындығы, 6,0 км .

$$L_{\max} = 41,6,0 / 0,220 + 0,10 / 6,0 = 175,770 \text{ км} .$$

Оптикалық күшейткіштермен регенерация қимасының ұзындығын табыңыз:

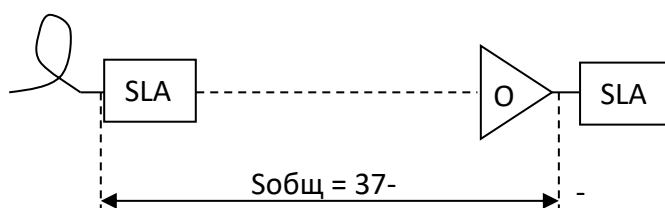
$$L_{\min} = \frac{S_{об} - \Delta A}{\alpha + A_{нс\max} / L_{сгр}} \quad (3.8)$$

мұндағы,  $\Delta A$  реттеу шектері (фотодетектордың динамикалық диапазоны), 20,0 дБ;

$$L_{\min} = 50,0 - 20,0 / 0,220 + (0,10 / 6,0) = 126,760 \text{ км}$$

Сонымен, 126,760 км-ден 175,770 км-ге дейінгі диапазонда оптикалық күшейткіштер жабдықтың кірісінде, шығысында орнатылған.

Оптикалық күшейткіш тек ОУП кірісінде орнатылған жағдайда регенерация секциясының ұзындығын есептеңіз (3.2 - сурет).



3.2 - сурет – ОУП кірісіндегі күшейткіш

мұндағы,  $P = -5,0$  дБ лазердің шығыс қуаты;

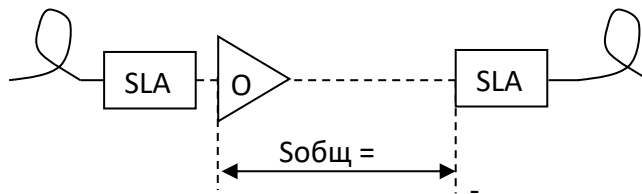
$$S_{\text{жалп}} = 32,0 \text{ дБ}$$

$$L_{\max} = \frac{32 - 3 - 1 - 3 - 1,4}{0,22 + 0,1 / 6} = 99,72 \text{ км}$$

$$L_{\min} = \frac{32 - 20}{0,22 + 0,1 / 6} = 50,7 \text{ км} .$$

97,720 км-ден 50,70 км-ге дейінгі диапазонда жабдықтың (ОП) кірісінде оптикалық күшейткіш орнатылған.

SLA-16 шығысында ОУ орнатылған 3-ші жағдайда, кіріс жоқ (3.3 - сурет).



3.3-сурет – SLA-16 шығысындағы күшейткіш

мұндағы  $P = -33,50$  дБ фотодетектор сезімталдығы;  
 $S_{жалп} = 46,50$  дБ .

$$L_{max} = \frac{46,5 - 3 - 1 - 3 - 1,4}{0,22 + 0,1/6} = 160,99 \text{ км}$$

$$L_{min} = \frac{46,5 - 20}{0,22 + 0,1/6} = 111,970 \text{ км} .$$

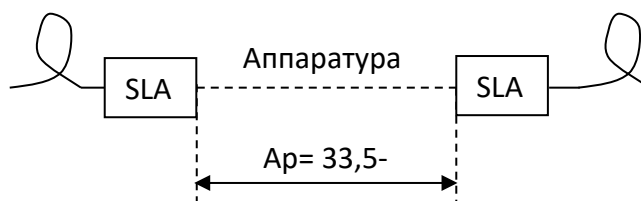
Ұзындығы 111,970 км-ден 160,990 км-ге дейінгі учаскеде SLA16 шығысында күшейткішті орнатуға болады.

Келесі жағдайда күшейткіштер орнатылмайды (3.4 - сурет).

Кабельдің әлсіреуі және ОВ дисперсиясы бойынша регенерация ұзындығы (ЖБҚ энергетикалық потенциалы). Біз әлсіреуді, регенерация учаскесіндегі шығындарды ескереміз, регенерация учаскесінің ұзындығы қатынастан анықталады:

$$L_{рег} = \frac{A_p - A_{эза} - A_{рс} - A_{эзк} - \Delta\alpha}{\alpha + A_{нс} / L_{стр}} \quad (3.9)$$

мұндағы,  $A_p$  регенерация учаскесінің әлсіреуі, 27,50 дБ.



3.4 - сурет – SLA16 шығысындағы оптикалық күшейткіш.

$$L_{рег} = \frac{27,5 - 3 - 1 - 3 - 1,4}{0,22 + 0,1/6} = 80,7 \text{ км}$$

ОВ дисперсиясын ескере отырып, регенерация секциясының ұзындығы қатынастағы мәннен аспайды:



$$L_{PEГ} = 0,25/\sigma_{OB} \cdot B \quad (3.10)$$

мұндағы,  $B$  – жіберу жылдамдығы, 2488,320 Мбит/с;  
 $\sigma_{OB}$  - дисперсияның орташа квадраттық мәні ОВ, с/км.

Бір режимді талшықтар үшін  $\sigma_{OB}$  мәні келесідей анықталады:

$$\sigma_{OB} \approx 10^{-12} \Delta\lambda\sigma \quad (3.11)$$

мұндағы  $\sigma_H \lambda = 1550,0$  нм  $\sigma_H = 18,0$  пс/(км·нм) кезіндегі орташа квадраттық дисперсия;

$\Delta\lambda$  - сәулелену спектрінің ені; 0,10 нм.

$$\sigma_{OB} \approx 10^{-12} \cdot 0,1 \cdot 18 = 1,8 \cdot 10^{-12} \text{ с/км} .$$

Содан кейін:

$$L_{peg} = \frac{25}{1,8 \cdot 10^{-12} \cdot 2488,32 \cdot 10^6} = 55,82 \text{ км} .$$

Регенерация ұзақтығының мәні ретінде алынғандардан мән таңдалады, яғни.  $L_{рег} = 55,820$  км.

$$L_{PEГ MIN} = \frac{27,5 - 20}{0,22 + 0,1/6} = 31,7 \text{ км}$$

Бұл G653 ұсынысына сәйкес дисперсиясы бар кабель немесе Брэг торы пайдаланылатынын білдіреді.

4 жағдай үшін қималардың ұзындықтарының есептелген мәндері нүктелер арасындағы қашықтықтардың рұқсат етілген шектеріне енгізілген, оларды осы ұзындықтарға сәйкес қолдануға болады.

### 3.3 Кабельдік желілердегі бір модты талшықтардың дисперсиясын есептеу

Бір модты талшықтар үшін тарату енінің орнына дисперсия беріледі.

$$\Delta T = M(\lambda) \Delta\lambda L \quad (3.12)$$

мұндағы  $\Delta T$  – импульстің кеңеюі, пикосекундтар ;  
 $M(\lambda)$  – хроматикалық дисперсия, пс/нм·км;

$\Delta\lambda$  - спектрлік ені, нм.

Біз тағы да магистральдың ең ұзын бөлігін аламыз, яғни Көкшетау мен Петропавл қалалары арасында  $L=175$ км, лазерлік диодты қолданамыз, жұмыс толқын ұзындығы  $\lambda=1550$ нм және спектрлік ені  $\Delta\lambda=0,1$  нм, сондай-ақ дисперсиясы  $M(\lambda)=3,5$ пс/нм·км (тегістелген дисперсиясы бар кабель)

$$\Delta T=3,5 \cdot 0,1 \cdot 175=61,25 \text{ пс} .$$

Таратқыштың Гаусс спектрі үшін спектрлік ені  $\Delta\lambda_{\text{ср.кв}}$  ( $\Delta\lambda_{\text{ср.кв}} = \frac{1}{\sqrt{\ln 4}} \Delta\lambda \approx 0,85 \cdot \Delta\lambda$ ) бар таратқыштан бір модты талшыққа инъекцияланған жарық импульсі  $M(\lambda)$  есебінен уақыт бойынша өзгереді. Импульстің орташа квадраттық кеңеюі  $\Delta T_{\text{ср.кв}}$  белгілі бір қашықтықта формула бойынша есептеледі:

$$\Delta T_{\text{ср.кв}} = M(\lambda) \cdot \Delta\lambda_{\text{ср.кв}} \cdot L = 3,5 \cdot 0,85 \cdot 0,1 \cdot 175 = 52,0625 \text{ пс}$$

Таратқыштың Гаусс тәрізді спектрі үшін жарық өткізгіштің бір режимді талшығындағы өткізу қабілеттілігі және  $\Delta T_{\text{ср.кв}}$  импульсінің орташа квадраттық кеңеюі есептелуі мүмкін:

$$B = \frac{\sqrt{\ln 4}}{\pi} \cdot \frac{1}{\Delta T_{\text{ср.кв}}} = \frac{\ln 4}{\pi} \cdot \frac{1}{\Delta T} \approx \frac{0,375}{\Delta T_{\text{ср.кв}}} \approx \frac{0,441}{\Delta T} = \frac{0,441}{61,25 \text{ пс}} = 7,2 \text{ ГГц}$$

### 3.4 Талшықты-оптикалық беріліс жүйелерінің сенімділігі

Сенімділік - қазіргі заманғы магистральдар мен жалпыға ортақ байланыс желілерінің маңызды сипаттамаларының бірі. ВОКМ кіретін өткізу қабілеті жоғары кабельдік магистральдарға Сенімділіктің ерекше жоғары талаптары қойылады.

Оптикалық трактілер мен байланыс арналарын техникалық пайдалану жүйесінің негізгі міндеті. ВОКС ақаулары мен ақаулары кез-келген уақытта пайда болады, уақыт өте келе кездейсоқ процесс пайда болады - ақаулар ағыны.

ВОКМ-дағы сәтсіздіктерді жою процесі осы дипломдық жобада 0,5 сағатқа тең қабылданатын  $t_B$  қалпына келтіру уақытымен сипатталады. Жұмыс уақыты  $T_{B,P} \gg t_B$  и  $T_{B,P}=7,72 \cdot 10^4$  сағ.

Сонда сәтсіздік деңгейі мынаған тең болады:

$$\nu = 1/T_{B,P} = 1/7,72 \cdot 10^4 = 12,95 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

Ал ВОКМ жақсы күйін қалпына келтіру  $t_B$ , кездейсоқ уақытында жүреді, ішкі жүйенің өнімділігі деп аталатын параметрмен Пуассон заңы бойынша таратылады:

$$\mu = 1/t_B = 1/0,5 = 2 \text{ ч}$$

Біз ВОКМ үшін сәтсіздіктердің қарқындылығын анықтаймыз  $L = 1767$  км:

$$\lambda = v/L = 12,95 \cdot 10^{-6} / 1767 = 7,3288 \cdot 10^{-9} \text{ ч}^{-1} / \text{км}$$

ВОКМ жұмысының сапасын бағалаудың негізгі параметрлерінің бірі-трассаның жылына 100 км-ге келетін  $m$  зақымдануының тығыздығы:

$$m = \lambda \cdot 100 \cdot 8760 \quad (3.13)$$

мұндағы, 8760- жылдағы сағат саны;

100-  $m$  мәні анықталатын жолдың ұзындығы

$$m = 7,3288 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 8760 = 6,42 \cdot 10^{-3}$$

Жабдықтың жай күйінің көрсеткіштерін есептейміз::

БК жабдығы үздіксіз қолданылатын аппаратура болып табылады, ол мақсатына қарай пайдалану уақытының, техникалық қызмет көрсетудің немесе жөндеудің, қалпына келтіру уақытының ауысуымен сипатталады, яғни пайдалану процесінде БК жабдығы әртүрлі күйде болады.

Дайындық коэффициенті:

$$K_{\Gamma} = \mu / (\mu + \lambda) = 2 / (2 + 7,3288 \cdot 10^{-9}) = 0,999999996$$

тұрақты жұмыс режимінде жабдықтың жарамды күйінің ықтималдығын сипаттайды.

Тоқтау коэффициенті:

$$K_{\Pi} = 1 - K_{\Gamma} = 1 - 0,999999996 = 3,665 \cdot 10^{-9}$$

Техникалық пайдалану коэффициенті:

$$K_{\text{ТИ}} = T_0 / (T_0 + T_{\text{Б.Р}} + T_B) \quad (3.14)$$

мұндағы  $T_0$ -ақаулар арасындағы орташа уақыт,  $10^9$  сағ;

$T_{\text{Б.Р}}$ -орташа техникалық қызмет көрсету уақыты,  $7,72 \cdot 10^4$  сағ;

$T_B$ -орташа жабдықты қалпына келтіру уақыты, 0,5сағ

$$K_{\text{ТИ}} = \frac{10^9}{10^9 + 7,72 \cdot 10^4 + 0,5} = 0,999922805$$

## ҚОРЫТЫНДЫ

2020 – 2030 жылдарға дейін телекоммуникацияларды дамытуға арналған бірқатар болжамдар бойынша 10 Пбит/с және мүмкін Ебит/с шамаларына жететін көліктік оптикалық желілердің айтарлықтай үлкен өткізу қабілеттілігі қажет болады.

Өткізу қабілеттілігінің осындай елеулі өсу мәселелерін шешуге көмектеседі: 1 Тбит / с жылдамдықтағы оптикалық суперканалдар; MCF, FMF жаңа буынының талшықты жарық өткізгіштері; талшықты өзектерге, спектрлік арналар топтарына, жеке спектрлік арналарға және оптикалық қосқыштарға икемді қол жетімділігі бар оптикалық мультиплексорлар.

Тарату жүйелеріндегі ақпараттық сигналдардың берілу жылдамдығын арттыру бойынша қарастырылған барлық позициялар сигнал/шу қатынасы, талшықтардағы сызықтық емес әсерлер, берілу қашықтығы және т. б. бойынша нақты физикалық шектеулермен шектеледі.

Оптикалық кабельдің талшықты сыйымдылығының өсуін болдырмау үшін талшықтардың жаңа түрлерін, атап айтқанда, бір SCF (single core fiber) және көптеген MCF (multi core fiber) өзектерімен пайдалану түбегейлі болып табылады.

Көп ядролы талшықтардың, көп позициялы форматтардың, бірнеше режимдердің және OFDM үйлесімі пбит/с дейін кепілдендірілген беріліс жылдамдығын алуға және эксабиттік (Ебит/с) жылдамдықтардың перспективаларын қарастыруға мүмкіндік береді .

MCF талшықтары талшықты-оптикалық беру желілерінің өткізу қабілетін арттыруға мүмкіндік береді. MCF талшықтарын байланыс желілерінде кеңінен қолдану үшін өндіруге болады, өйткені өзектерді бөлуге, талшықтарды қосуға, оптикалық сигналдардың минималды кірістірілген қуат шығынымен өзектерді ауыстыруға, оптикалық күшейтуге, дисперсияны өтеуге арналған көмекші құралдар (компоненттер) бар.

MCF талшықтарының өзектерін DWDM жүйелерінде бір режимді және аз режимді беру режимдерінде пайдалануға болады. Бұл ретте терабиттік және петабиттік диапазондарда ақпараттық деректерді беру жылдамдығына қол жеткізуге болады. MCF негізіндегі беру жүйелерін іске асыру проблемаларына талшықтардың түйісу қиындықтары, өзектер арасындағы қосымша кедергілер, өзектерді ауыстыру кезінде оптикалық қуаттың жоғалуы жатады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Дианов Е.М. На пороге пета эры// Фотон-экспресс, 2013, №8. –С.30-35.
- 2 Трешиков В.Н. Разработка DWDM системы ёмкостью 25Тбит/с// Фотон-экспресс, 2013, №2. С.24-28.
- 3 В.Г. Фокин, Ибрагимов Р.З. Оптические системы с терабитными и петабитными скоростями передачи: Учебное пособие/ Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики; каф. многоканальной электросвязи и оптических систем. Новосибирск, 2015г. - 161 с.: ил.
- 4 Rami Al-Dalky, Aly Elrefaie, Taha Landolsi, and Mohamed Hassan. Performance Degradation of 100 Gb/s PM-QPSK and 400 Gb/s PM-16QAM Single Carrier and Dual Carrier Coherent Systems Due to Cascaded Optical Filters// Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, 2013, Vol.
- 5 Guoying Zhang, Marc De Leenheer, Annalisa Morea and Biswanath Mukherjee. A Survey on OFDM-Based Elastic Core Optical Networking//IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 15, NO. 1, FIRST QUARTER 2013. Pp.65-87.
- 6 Фокин В.Г. Когерентные оптические сети: учебное пособие. Новосибирск, ФГОБУ ВПО СибГУТИ, 2015. -371с.
- 7 Леонов А., Наний О.,Трешиков В. Нелинейные искажения и нелинейный шум в когерентных системах связи// Первая миля. 2014. №4. С. 50-55.
- 8 Новиков А.Г., Чирков В.С., Леонов А.В. и др. 10-кратное увеличение пропускной способности DWDM-линий связи// Фотон-экспресс, 2013, №7.-С.25-27.
- 9 Родина О. В. Волоконно-оптические линии связи. Практическое руководство. - М.: Горячая линия – Телеком, 2014. - 400 с.
- 10 Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи, 4-е дополненное издание/ Р. Фриман. - М.: Техносфера, 2016. - 512 с.
- 11 Иоргачев Д. В. Волоконно-оптические кабели и линии связи / Д. В. Иоргачев, О. В. Бондаренко. - М.: Эко-Трендз, 2015. - 282 с.
- 12 Глущенко А. Г. Физические основы волоконной оптики. Конспект лекций - Самара.: ГОУВПО ПГУТИ, 2017. - 144 с.
- 13 Физика твердого тела. 20 декабря 2017 // (Рус.). - URL: <http://dssp.petrsu.ru/> [27 декабря 2017].
- 14 Решения для операторов связи и телекоммуникаций. 29 декабря 2017 // (Рус.). - URL: <http://www.teralink.ru/> [5 января 2018].



## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Жангелді Жанаргул

6B06201 – Телекоммуникация

Тақырыбы: «Деректерді беру үшін төрт өзекті талшық зерттеу»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 5 парақ;  
б) түсініктеме 42 бет.

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында кең жолақты қатынау желісін құру принциптері туралы ақпарат толық беріледі. Бастапқы бөлімінде пассивті желілердің толықтау сипаттамасы, құрылымы, олардың байланысу тәсілдері, яғни, топология түрлері мен артықшылықтары ұсынылды.

Техникалық бөлімде MCF көп өзекшелі талшықты оптикалық күшейткіштер, өзектерді оқшаулау/ енгізу және оларды ауыстыру үшін MCF компоненттері, сондай-ақ MCF коннекторлары таңдалған.

Есептеу бөлігінде көптеген өзекшелері бар оптикалық кабельдердің негізгі параметрлері есептелген.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

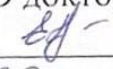
Бұл дипломдық жоба жоғарға оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – желілерді құруды талдау және салыстыру технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

### ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (90%) деген баға, ал студент Жангелді Жанаргул 6B06201 Телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Рецензент

Ғ.Дәукеев ат.АЭЖБУ доценті,  
PhD докторы

 Ә.Ержан  
« 30 » « 05 » 2023 ж.

Қолтаңбаны растаймын Подпись заверяю		
 Қызметі	 Аты-жөні	
« 30 »	05	2023 ж.





## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Жангелді Жанаргул

6B06201 – Телекоммуникация

Тақырыбы: «Деректерді беру үшін төрт өзекті талшық зерттеу»

Бұл дипломдық жұмыста оптикалық кең жолақты қатынау желісін құрудың, пайдаланудың негізгі талаптары, және технологияның негізгі көрсеткіштері және болашақ желінің ықтимал болатын архитектуралары келтірілген.

Бұл дипломдық жұмыста «Жеке өзекшелермен тәуелсіз арналарды тарату үшін төрт өзекшесі бар талшықты зерттеу» тақырыбы қарастырылды. Салыстырмалы талдау жүргізілді, сонымен қатар көптеген өзекшелері бар талшықты жарық өткізгіштердің сипаттамалары ұсынылды. Сондай-ақ, желінің өткізу қабілетін едәуір арттыруға болатын нұсқалар ұсынылды. Өзекшелердің арасындағы өзара әсерлер және бөгеуілдер қарастырылады. Көп өзекше талшықтарына арналған құрылымдық сұлбасы ұсынылған.


Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, желі архитектурасын көрсету өте орынды.

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (90%) деген баға қойылып, ал студент Жангелді Жанаргул 6B06201 - Телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

### Ғылыми жетекші

ЭТ және FT каф.  
қауымдастырылған профессоры,  
техн. ғыл. канд.

 Дараев А.М.  
(колы)

«25» мамыр 2023 ж.



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор:** Жангелді Жанаргул

**Тақырыбы:** Деректерді беру үшін төрт өзекті талшық зерттеу

**Жетекшісі:** Абдумажит Дараев

**1-ұқсастық коэффициенті (30):** 4.5

**2-ұқсастық коэффициенті (5):** 1.7

**Дәйексөз (35):** 0.8

**Өріптерді ауыстыру:** 27

**Аралықтар:** 0

**Шағын кеңістіктер:** 6

**Ақ белгілер:** 0

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

2023-06-02

Күні

Кафедра меңгерушісі





## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жангелді Жанаргул

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Деректерді беру үшін төрт өзекті талшық зерттеу

Научный руководитель: Абдумажит Дараев

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 1.7

Микропробелы: 6

Знаки из других алфавитов: 27

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

2023-06-02

Дата

Заведующий кафедрой



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жангелді Жанаргул

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Деректерді беру үшін төрт өзекті талшық зерттеу

Научный руководитель: Абдумажит Дарасв

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 1.7

Микропробелы: 6

Знаки из других алфавитов: 27

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2023-06-02

*Дата*

Сұңғат Марксұлы



*проверяющий эксперт*