

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

Махсотов Беслан Алтайұлы

«Датчиктердің дисперсиялық сипаттамаларын талдау».

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы

Алматы 2024

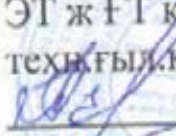
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«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  
ЭТ ж ҒТ кафедра меңгерушісі  
техн.ғыл.канд.

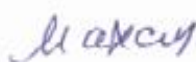
 Е.Таштай  
« 29 » 05 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Датчиктердің дисперсиялық сипаттамаларын талдау».

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы

Орындаған:



Б.А. Махсетов

Рецензент:

«ARNAU ENERGY»

ЖНҚ директоры

Баймұхамед Т.С.



2024 ж.

Ғылыми жетекші

Техн.ғыл.магистры,

аға оқытушы

 С.Е.Ибекеев

« 27 » 05 2024 ж.

Алматы 2024

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 ғарыш технологиялар кафедрасы

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы

**БЕКІТЕМІН**

ЭТ ж ҒТ кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

Е.Таштай

« 5 » 01 2024ж

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Махсотов Беслан Алтайұлы

Тақырыбы: «Датчиктердің дисперсиялық сипаттамаларын талдау».

Университет ректорының «24» желтоқсан 2023ж. №548 П/Ө бұйрығымен  
бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» мамыр 2024 ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері:

а) Оптикалық датчиктердің түрлері;

б) Қазіргі заманғы оптикалық байланыс желілерінде пайдаланылатын  
оптикалық датчиктерге қойылатын талаптар;

в) Оптикалық талшықтың сипаттамалары: бірмодалы талшық, датчиктің  
ішіндегі торша түрі: Брэгг торшасы, өшулігі – 0,5 дБ/км.

Диссертациялық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Оптикалық датчиктер түрлерін қарастыру;

б) Оптикалық жүйелердің теориялық негіздемесі;

в) Жоғары деңгейлі режимдердегі дисперсиялық компенсация әдісін,  
спектрлік сипаттаманы инверсиялау әдісін пайдаланып, есептеулер жасау;

г) Хроматикалық дисперсияны есептеу. Дисперсиялық компенсатор  
параметрлерін есептеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):  
Ұсынылатын негізгі әдебиет атау:




- 1) Нейман В.И. Дальнейшая интеграция сетей связи//Электросвязь. - №6. 2017. – 369с.
- 2) Спирин А. А. Статья: Введение в технику волоконно-оптических сетей.2017г.-278с.
- 3)Конин В.В. Спутниковые системы и технологии. – М.: Оборонгиз, 2012.- 479с.

Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Теориялық бөлім	07.02.2024 ж. – 23.03.2024 ж.	орындалды
Датчиктер талдамасы	24.03.2024 ж. – 20.04.2024 ж.	орындалды
Есептеулер бөлімі	20.04.2024 ж.- 30.04.2023 ж.	орындалды

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының  
аяқталған жұмысқа қойған

Қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Теориялық бөлім	Техн.ғыл.магистры, аға оқытушы Ибекеев С.Е.	30.05.2024	
Есептік бөлім	Техн.ғыл.магистры, аға оқытушы Ибекеев С.Е.	30.052024	
Норма бақылау	Техн.ғыл.магистры, ассистент Ақылжан П.Б.	30.05.2024	

Ғылыми жетекшісі \_\_\_\_\_



С.Е.Ибекеев

(колы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Б.А.Махсотов

(колы)

Күні « 30 » 05 2024 ж.

## **АНДАТПА**

Осы дипломдық жобада PON технологиясы – ағаш тектес құрылымды оптикалық талшық бойынша кең жолақт мультисервисті көпшілік қатынастың заманауи технологиялары, қатынастың гигабитті жылдамдықтарында пассивті оптикалық сплиттерлерді қолдану бар талшықты оптикалық байланыс желілері бойынша деректерді тарату Gigabit Passive Optical Network (GPON) жаңа технологиясы қарастырылған.

Сондай-ақ, GPON технологиясы бойынша құрылған Талдықорған қаласындағы желінің бөлігінің оптикалық бюджеті, оптикалық кабель параметрлері және регенерация бөліктері есептелген.

## **АННОТАЦИЯ**

В данном дипломном проекте рассмотрены современные технологии широкополосного мультисервисного множественного доступа по оптическому волокну древовидной структуры - технологии PON, новейшая технология Gigabit Passive Optical Network (GPON) передачи данных по волоконно-оптическим линиям связи с использованием пассивных оптических сплиттеров на гигабитных скоростях доступа.

А так же рассчитан оптический бюджет реального участка сети в г.Талдықорған построенной по технологии GPON, рассчитаны параметры оптического кабеля и участка регенерации.

## **ANNOTATION**

In this diploma project deals with modern technologies of broadband multiservice multiple access over optical fiber tree structure – technology PON, the latest technology Gigabit Passive Optical Network (GPON) data over fiber-optic lines using passive optical splitters on gigabit speed access.

As well as optical budget is calculated the real part of the network in the city of Taldykorgan was built on technology GPON, calculated parameters of the optical cable and land regeneration/

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Оптикалық байланыс жүйелері	9
1.1 Оптикалық байланыс ерекшеліктері	9
1.2 Оптикалық талшықтар құрылымы	12
1.3 Оптикалық талшықтардың жоғалуы	14
2 Оптикалық талшықтардағы сигналдардың дисперсиясы	15
2.1 Деректерді беру жабдықтарына шолу	15
2.2 Дисперсия пайда болу себептері	18
2.3 Оптикалық жарық өткізгіштердегі физикалық құбылыстар	18
2.4 Дисперсияның әсері	19
3 Есептеу бөлімі	21
3.1 Талшықты-оптикалық датчиктер	21
3.2 Талшықты-оптикалық сенсорлардың жалпы жұмыс принципі	22
3.3 Талшықты-оптикалық датчиктерді кеңінен қолдану	23
3.4 Деформация датчигі туралы мәліметтер	26
3.5 Талшықты-оптикалық деформация сенсорының бөліктерін эксперименттік зерттеу	27
3.6 VBD эксперименттік зерттеуі	28
Қорытынды	35
Пайдаланылған әдебиттер тізімі	36

## КІРІСПЕ

Қазақстанда талшықты-оптикалық байланыс желілеріне сұраныс артып келеді. Интернет қолданушылары әр уақытта берілетін ақпарат көлемін көбейтетіндіктен.

Дипломдық жұмыста қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет болды:

- дисперсиясы бар сызықты емес ортада электромагниттік толқындардың таралу ерекшеліктерін және оптикалық талшық бойынша солитондық импульстардың таралуын анықтау;

- солитондарды қолданатын жүйелер үшін регенерация учаскесін есептеу, DWDM жүйесімен салыстыру;

- жасалған жұмыс туралы қорытынды жасау және солитондық байланыс жүйесінің барлық артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсету.

Қазіргі уақытта оптикалық талшықтар талшықты лазерлер мен күшейткіштер, өлшеу құрылғылары, кескінді жіберуге арналған оптикалық байламдар, медициналық мақсаттағы Жарық өткізгіштер, қауіпсіздік жүйелері сияқты барлық салаларда кеңінен қолданылады.және басқалар.



# 1 Оптикалық байланыс жүйелері

## 1.1 Оптикалық байланыс ерекшеліктері

Оптикалық талшықтар байланыс жүйелерінде ең сәтті қолданылды. Талшықты-оптикалық байланыс - бұл ақпарат сигналын тасымалдаушы ретінде оптикалық диапазондағы электромагниттік сәулеленуді және бағыттаушы жүйелер ретінде талшықты-оптикалық кабельдерді қолданатын ақпаратты беру тәсілі. Жоғары тасымалдаушы жиілігі мен кең мультиплекстеу мүмкіндіктерінің арқасында талшықты-оптикалық желілердің өткізу қабілеті барлық басқа байланыс жүйелерінің өткізу қабілеттілігінен едәуір асып түседі және оны секундына терабиттермен өлшеуге болады.

Оптикалық талшықтағы жарықтың аз сәнуіне байланысты талшықты-оптикалық байланысты күшейткіштерді қолданбай айтарлықтай қашықтықта қолдануға болады. Талшықты-оптикалық байланыс электромагниттік кедергісіз және рұқсатсыз пайдалану қиын: оптикалық кабель арқылы таралатын сигналды байқамай ұстау техникалық тұрғыдан өте қиын.

Қазіргі уақытта FTTH сияқты желіні құру архитектурасы пайдаланушылардың қазіргі қажеттіліктері үшін ең өзекті болып табылады. Бұл желіні көптеген қалаларда соңғы мильде үшінші деңгейлі провайдерлер белсенді түрде енгізуде. Егер біз оптикалық талшықтарға әсер етсек, мұнда ең өзекті нұсқа-G. 657 ұсынысының талшығы.

Қазіргі уақытта "ақпарат" сөзі өте маңызды. Ақпаратты берудің көптеген жолдары бар. Адамдар ежелден бері әртүрлі ақпараттармен алмасып келеді, ал ежелден бері ақпараттың берілу жылдамдығы айтарлықтай маңызды болды. Деректерді беру жылдамдығын арттыру жолдарымен айналыса отырып, адамзат өте тез дамиды. Алдымен бұл хаттар, содан кейін телеграфтар болды - қазір мыс, талшықты - оптикалық кабельдер ақпарат пакеттерін жылдамдықпен жібереді. Ақпарат саласындағы кез-келген кішігірім инновациялар адамдар мұқият назар аударуды тоқтатпайтын маңызды технологиялық секірістердің бірі болуы мүмкін.

Оптикалық талшықтар әртүрлі тәсілдермен жасалады, әртүрлі толқын ұзындықтарында оптикалық сәулеленудің берілуіне мүмкіндік береді, әртүрлі сипаттамалары мен қасиеттеріне ие, сонымен қатар әртүрлі тапсырмаларды орындайды.

Оптикалық талшықтар әдетте көп режимді (MMF) және бір режимді (SMF) болып бөлінеді.

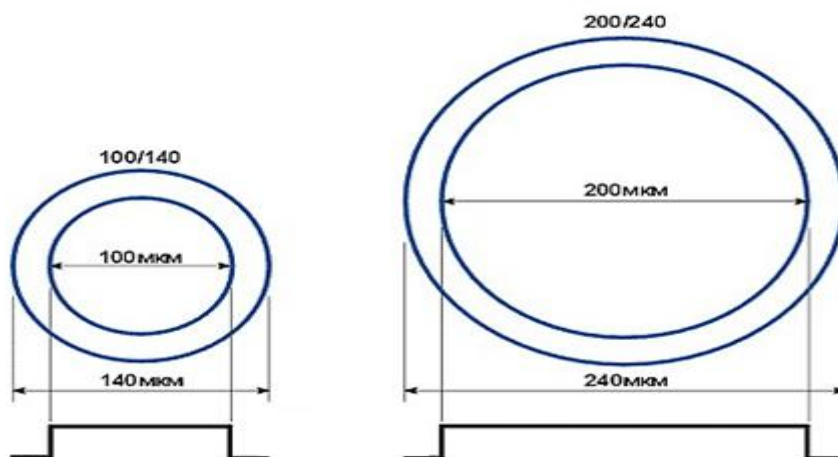
Мультимодтар өз кезегінде сатылы және градиентті болып бөлінеді, ал бір режимді талшықтарға стандартты талшықтар (SF), офсеттік дисперсиялық талшықтар (DSF) және нөлдік емес офсеттік дисперсиялық талшықтар (NZDSF) жатады.

Кез-келген талшық сыну көрсеткіштері әртүрлі өзек пен қабықтан тұрады. Жарық сигналы бар өзек әрқашан оптикалық тығыз материалдан жасалады. Талшықты белгілеу кезінде ядро мен қабықтың диаметрлері сияқты параметрлер

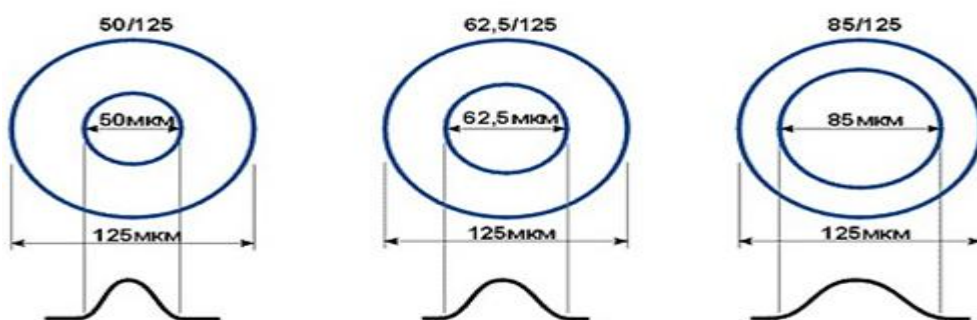
бөлшек арқылы жазылады. Талшықтарда өзектер мен қабықтардың диаметрлері, сондай-ақ өзектің сыну көрсеткішінің профильдері ерекшеленеді. Мультиимодты градиентті талшықта және дисперсиялық бір режимді талшықта ядроның сыну көрсеткіші радиусқа байланысты өзгереді. Мұндай күрделі профиль техникалық сипаттамаларды жақсарту немесе талшықтың арнайы сипаттамаларына қол жеткізу үшін жасалады.

## 1.2 Оптикалық талшықтар құрылымы

Оптикалық талшықтардың өлшемдері мен түрлері 1-суретте көрсетілген. Мультиимодты талшықтарды салыстыру кезінде (1-сурет а, б) градиент талшығының сатылы талшықпен салыстырғанда дисперсия бойынша ең жақсы техникалық сипаттамалары бар екенін көруге болады.



а) Сатылы көп модалы талшық



б) Градиентті көпмодалы талшық

1.1 - сурет – Оптикалық талшықтардың өлшемдері мен түрлері

Бұл градиентті мультиимодты талшықтағы режимаралық дисперсия сатылы мультиимодты талшыққа қарағанда айтарлықтай аз болғандықтан орын алады.

Нәтижесінде градиент талшығының өткізу қабілеті артады. Бір режимді талшықтың көп режимді талшыққа қарағанда өзек диаметрі кішірек, сонымен қатар режимаралық дисперсияның болмауына байланысты өткізу қабілеті жоғары. Дегенмен, ол қымбат лазерлік таратқыштарды қолдануды талап етеді.

Интермодтық дисперсия толқын ұзындығына көп тәуелді емес, бірақ хроматикалық дисперсия сәулелену спектрінің еніне пропорционалды. Әдетте, таратқыш ретінде мультимодты талшықтарды пайдалану кезінде жарық шығаратын диодтар қолданылады, олар 2 нм немесе одан аз лазерлік диодтарға қарағанда спектрлік сәулелену сызығының орташа 50 нм кеңеюіне ие. Осыған байланысты, хроматикалық дисперсия 850 нм толқын ұзындығында маңызды рөл атқара бастайды. Сондай-ақ, хроматикалық дисперсияны айтарлықтай азайтуға мүмкіндік беретін әдіс бар. Бұған спектрлік кеңеюі әлдеқайда аз лазерлік таратқыштарды қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Бұл артықшылықты режимаралық дисперсия болмаған кезде 1310 нм және 1550 нм мөлдірлік терезелерінде тікелей қолдануға болады.

Бір режимді талшықтар әдетте сатылы (SF), офсеттік дисперсиялық талшық (DSF), нөлдік емес офсеттік талшық (nzdsf), сондай-ақ эрбий легирленген талшықтағы оптикалық күшейткіш (EDFA) болып бөлінеді.

Сатылы бір режимді талшық сипатталады, оның жарық өткізгіш өзегінің диаметрі 8-ден 10 мкм-ге дейін және оны жарық толқынының ұзындығымен салыстыруға болады. Бұл талшықта тек бір сәуле беріледі, ол 1310 нм және 1550 нм мөлдірлік терезелерінде бір режимді талшықтың ең жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді.

Бір режимді дисперсиялық талшықтың маңызды артықшылығы-нөлдік дисперсиялық толқын ұзындығының 1550 нм терезеге ауысуы. Бұл артықшылыққа сыну көрсеткішінің арнайы профилінің арқасында қол жеткізілді. Нәтижесінде, мұндай талшық ең аз дисперсия үшін де, ең аз шығын үшін де ең жақсы болып саналады.

Нөлдік емес офсеттік дисперсиясы бар бір режимді талшық өз кезегінде бірден бірнеше толқын ұзындығын беру үшін конфигурацияланған. Бұл талшықты түйіндерінде жоқ желілерде қолдануға болады. Оптикалық сигнал беру кезінде оптоэлектрондық түрлендіру жүзеге асырылады.

Мультимодтық сигналды едәуір қашықтыққа беру сызықтық кең жолақты оптикалық күшейткіштерді қолдануды талап етеді, олардың ішінен эрбиймен легирленген талшық негізіндегі эрбийлі күшейткіштер кеңінен таралды. EDFA типті желілік күшейткіштер сигналды 1530 нм-ден 1560 нм-ге дейінгі жұмыс диапазонында тиімді түрде күшейтеді [2].

Қазіргі уақытта оптикалық сипаттамалары мен мақсатымен ерекшеленетін көптеген стандарттар бар.

Осыған сүйене отырып, оптикалық талшықтарды "халықаралық телекоммуникация одағы" (International Telecommunication Union - telecommunication standardization sector) белгілеген ұсыныстарға сәйкес жіктеу туралы шешім қабылданды. Бұл ұйым сандық байланыстың Халықаралық мәселелері бойынша техникалық ұсыныстар әзірлейді және жасайды және

талшықты-оптикалық байланыс желілерін салу кезінде туындайтын мәселелерді шешу үшін жұмыс істейді. ITU-T (ITU-T) ұсыныстары қатаң орындауды қажет етпейді, бірақ желіні өте жеңілдетеді және провайдерлердің жұмысын жеңілдетеді. Әрі қарай, G. 651, G. 652 сияқты стандарттар мен ұсыныстарды қарастырыңыз.

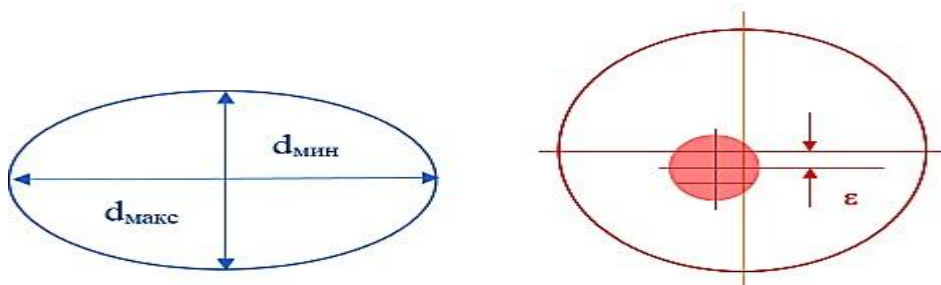
Ресми түрде ITU-T G. 651 ұсынысы стандарттар тізімінде ITU-T G. 651.1 ұсынысымен ауыстырылды, ол сыну градиенті, жарық өткізгіш өзегінің диаметрі 50 мкм және қабығы 125 мкм болатын көп режимді оптикалық талшықтарды сипаттайды. Бұл стандартта мультимодты талшықтардың параметрлерін, олардың сипаттамаларын және жалпы мәндерден ықтимал ауытқуларды анықтайтын ұсыныстар анықталған. Бұрын оптиканың бұл түрі қысқа қашықтықтағы желілер үшін қолданылған (бір шақырым ішінде). Қазір талшықтардың бұл түрі қысқа толқынды байланыс желілерінде, негізінен ғимараттар мен үй-жайларда қолданылады.

G. 652 ұсынысы ресми түрде "бір режимді оптикалық талшық пен кабельдің сипаттамалары" деп аталады. Ол көбінесе стандартты бір режим деп аталатын ОВ-ны сипаттайды. Бұл типтегі талшықтар 1310 нм толқын ұзындығында беру үшін конфигурацияланған. Бұл мән нөлдік сәулелік диффузияға, сондай-ақ сигналдың аз сөну көрсеткішіне ие. Бұл санаттағы ОВ өте сенімді және 50 км ішінде деректерді жібере алады. бұл жағдайда деректерді беру жылдамдығы 10 Гбит/с жетеді. Бұл көрсеткішті ұлғайтуға болады, бірақ қосымша жабдықты қолдана отырып, бұл үлкен материалдық шығындарды қажет етеді [3].

## 1.2 Оптикалық талшықтардың параметрлері

Оптикалық талшықтардың параметрлері әдетте механикалық, оптикалық, геометриялық және оптикалық талшықтардың берілу параметрлеріне бөлінеді.

Өз кезегінде оптикалық талшықтардың геометриялық параметрлері қорғаныс жабынының диаметріне, өзектің диаметріне, қабықтың диаметріне, өзектің дөңгелектенбеуіне, қабықтың дөңгелектенбеуіне, сондай-ақ өзек пен қабықтың концентрациясына бөлінеді (3-сурет).



а) Дөңгелек емес; б) өзектің шоғырланбауы  
3-сурет-О-дағы гетерогенділіктің мысалдары

Оптикалық талшықтардың өзегінің дөңгелектелмеуі-бұл өзектің жалпы қабылданған диаметріне бөлінген өзектің минималды және максималды диаметрлерінің айырмашылығы. Өзектің дөңгелеккругстігі тек мультимодты талшықтарда, ал қабықтың дөңгелеккругстігі талшықтардың барлық түрлерінде анықталады. Оптикалық талшықтардың өзегінің дөңгелектелмеуі формула бойынша:

Оптикалық талшықтардың қабығының дөңгелектелмеуі ұқсас. Ядроның конвертке қатысты концентрациясы оптикалық талшықтардың қабығы мен ядросының орталықтары арасындағы қашықтық ретінде тұжырымдалады және түрінде көрсетіледі:

NS / о-қабыққа қатысты ядроның концентрациясы, мкм; Цс-ядро центрінің координаттары, мкм;

Цо-қабық центрінің координаты, мкм.

Айта кету керек, геометриялық параметрлер әртүрлі оптикалық талшықтар үшін стандартталған.

Талшықтың негізгі оптикалық көрсеткіштері нормаланған жиілік (V), сыну көрсеткіштерінің салыстырмалы айырмашылығы ( $\Delta$ ), сандық апертура (NA), таралу саны болып саналады.

Оптикалық талшыққа оптикалық сигналдарды енгізу шарттарын және олардың жарық өткізгіш арқылы таралу процестерін анықтайтын негізгі сипаттамалардың бірі сандық апертура болып саналады:

- Сыну көрсеткішінің сатылы профилі бар

Оптикалық талшықтардың берілу параметрлері: бір режимді оптикалық талшықтардың дисперсиясы, ыдырау коэффициенті және көп режимді оптикалық талшықтардың өткізу қабілеттілігі.

Оптикалық сигналдың әлсіреу коэффициенті. Оптикалық қуаттың азаю мөлшері OT-тағы ыдырау болып саналады,

берілген толқын ұзындығында оның көлденең қималары арасында оптикалық талшық бойымен таралады.

Оптикалық талшықтардағы әлсіреу дБ түрінде көрінеді. Оптикалық талшықтардағы ыдырау коэффициенті талшық ұзындығының бірлігіндегі ыдырау болып табылады, ол өз кезегінде дБ/км түрінде көрсетіледі. оптикалық талшықтардағы ыдырау коэффициенті талшықтың өзіндік жоғалуымен анықталады

Оптикалық талшықтардың механикалық параметрлері: талшықтың беріктігі, иілуге төзімділігі, динамикалық созылу беріктігі, күш қорғанис қабатын, сондай-ақ сыну жүктемесінің параметрін алып тастаңыз.

Оптикалық талшық параметрлерінің деректерін талдай отырып, ОВ ақпаратты тарату үшін ең жақсы физикалық орта ғана емес, сонымен қатар көптеген ақпарат ағындарын алыс қашықтыққа тарату үшін ең перспективалы орта болып саналады деген қорытынды жасауға болады [4].

### 1.3 Оптикалық талшықтардың жоғалуы

Ең арзан, ең танымал және кең таралған шығынды өлшеу құралдары оптикалық қуат өлшегіштер болып саналады. Бұл құрылғылар әдетте тұрақты оптикалық сәулелену көзімен бірге қолданылады.

Оптикалық қуат өлшегіштер әдетте талшықты - оптикалық жүйенің белсенді және пассивті компоненттерінің шығыс қуатын өлшеу үшін қолданылады. Көптеген оптикалық қуат өлшегіштер оптикалық кабельдік жүйенің жеке компоненттеріндегі шығындарды дәл көрсете алады. Бұл функция үшін оларда қуаттың салыстырмалы деңгейлерін өлшеу режимі алдын-ала орнатылған, соның арқасында барлық келесі өлшеулер жүргізілетін анықтамалық деңгейлердің бірі (мысалы, жарық көзінің сәулелену деңгейі) тікелей есте сақталады.

ОК пайдалану кезіндегі шығындарды бағаламауға болмайды, өйткені олардың мөлшері талшықтардың жұмыс қабілеттілігін және қажетті қашықтыққа жіберілетін ақпарат ағынын, соның ішінде желі құрылымының күрделенуін немесе тарату жүйелерінің жұмыс қабілеттілігінің артуын анықтайды. Қайта құру және жөндеу үшін кабельдік жүйенің қорын басқару үшін шығындарды бақылау мүмкіндігі қажет. Кабельді жүргізу кезінде ОВ - ға берілетін сигнал қуатының әлсіреуін білу қажет. Бұл білім үлкен рөл атқарады, өйткені болашақта қоршаған ортаның жарықты тарату және сигналдарды бұрмаламай ұзақ қашықтыққа жіберу қабілеті оған байланысты болады. Осы себепті, кабельді өндірушіден сатып алғаннан кейін тексеру процесі (кіріс бақылау) өте маңызды, сонымен қатар берілген Кабельді орнату кезінде шығындарды бақылау.

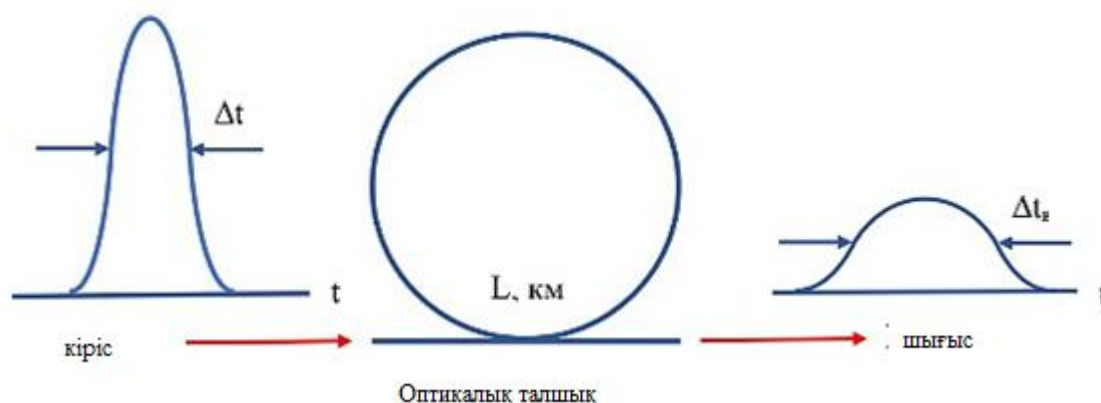
Оптикалық қуаттың жоғалуы беріліс кезінде пайда болатын барлық шығындарды қамтитын қашықтықты ұлғайту кезінде жарық сигналының қуатының төмендеуі ретінде анықталады. Осы себепті, жоғары жылдамдықты тарату жүйелерінде кабельдегі және кабельдік жүйенің құрамдас бөліктеріндегі ыдыраудың нақты мөлшері туралы хабардар болу оның өнімділігін бағалаудың және оптикалық ортаның берілу жылдамдығы мен шығын бюджеті бойынша қорын анықтаудың жетекші факторы болып саналады.

Сәулелену көзіне оралған оптикалық қуаттың шамасын анықтауға, сондай-ақ сигналдардың сапалы берілуіне кері шағылыстар қатты әсер етеді, олар тікелей және шағылысқан сигналдардың логарифмдік қатынасымен анықталады. Теріс белгісі бар децибелдегі кері шағылыстар өлшенеді. Егер кері шағылысу минималды мәнге ие болса, оптикалық сәулелену көзінің өнімділігі жоғары болады, өйткені көзге оралған оптикалық қуат минималды болады. Сөнуді өлшеу екі әдіспен қабылданады: келтірілген шығын әдісімен, сондай-ақ үзіліс әдісімен [5].

## 2 Оптикалық талшықтардағы сигналдардың дисперсиясы

Дисперсия өте маңызды параметр болып табылады, өйткені бұл сипаттама ақпараттық өткізу қабілеттілігін анықтайды.

Талшық арқылы жарық энергиясынан басқа пайдалы ақпараттық сигнал да беріледі. Ақпарат ағыны таралу кезінде бұлыңғыр болатын жарық импульстарының реттілігін анықтайды. Импульстар кеңею жеткілікті үлкен мәнге жеткенде қабаттаса бастайды, бұл оларды алу кезінде таңдауды шындыққа жанаспайды (2.1-сурет).



2.1 - сурет – Деректерді беру жабдықтарына шолу

Siemens SURPASS hit 7550 оптикалық DWDM мультиплексоры. Suprass hit 7550 жүйесі толқын ұзындығын мультиплекстеуден басқа көптеген қосымша мүмкіндіктерді ұсынады.

Олардың ішінде:

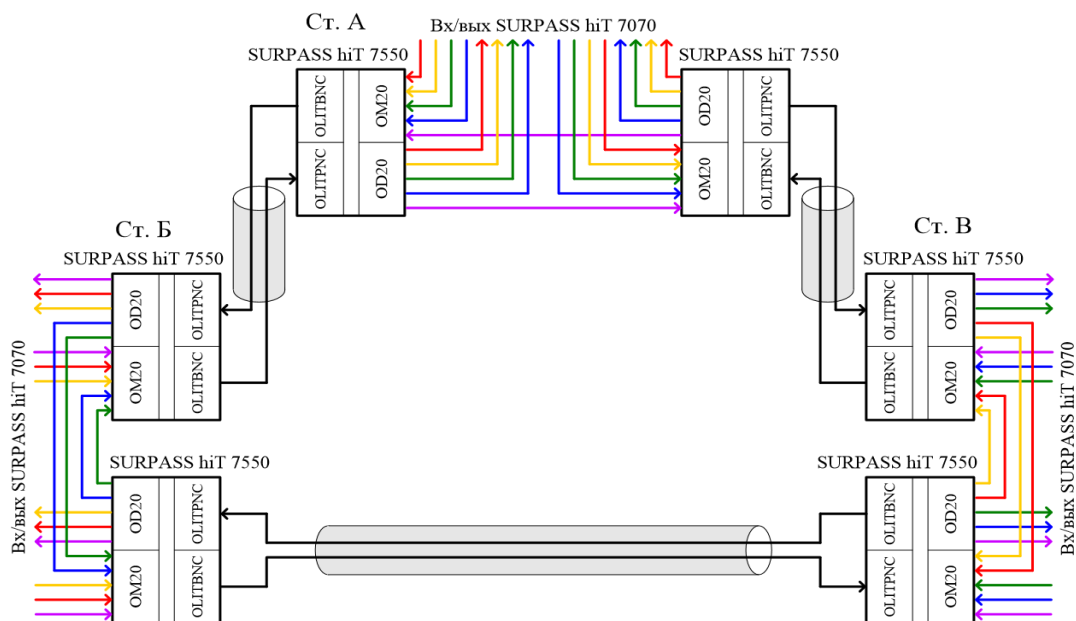
- бүкіл желінің оптикалық элементтерін басқару мүмкіндіктерін жүзеге асыратын оптикалық басқару арнасы;
- персоналды сәулеленуден қорғайтын лазер қуатын апаттық төмендету жүйесі;
- TMNS көлік желісін басқару жүйесі.

Бұл жүйе 160 толқын ұзындығына дейін пайдалануға және оптикалық талшықтар жұбы бойынша 1,6 Тбит/с дейінгі жылдамдықпен екі бағытты ақпарат беруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мультиплекстеу процедурасы көп деңгейлі, 100 ГГц аралығы бар 20 арнадан бастап, әрқайсысында 80 арнадан тұратын C - және L-диапазондарын біріктіруге дейін. Оптикалық мультиплексор карталарының әртүрлі түрлері мен санын орнату арқылы қажетті аппараттық конфигурацияға қол жеткізуге болады.

DWDM Siemens SURPASS hit 7550 мультиплексорлары арасындағы логикалық байланыстар көрсетілген. Диаграммада оптикалық мультиплексорлар мен демультимплексорлардың модульдері, сондай-ақ оптикалық байланыс желісінің интерфейс тақталары көрсетілген.

Бұл сурет DWDM технологиясының ерекшелігін көрсетеді, ол негізінен "нүкте – нүкте" топологиясында жұмыс істейді. OLI тақталары талшықты-оптикалық байланыс желісімен тікелей байланысты.

Сонымен қатар, OLITPNC тақтасы қабылдау бағытындағы сигналды күшейткіш, ал olitbnc тақтасы тарату бағытындағы күшейткіш болып табылады. SDH жабдығынан тарату бағытындағы негізгі және резервтік STM-64 сигналдары оптикалық мультиплексор тақталарына түседі және қабылдау бағытында оптикалық демультимплексор тақталарынан шығарылады.



2.1 - сурет – DWDM мультиплексорлары арасындағы логикалық байланыстар

Байланыстың әр бағыты үшін OM20 және OD20 тақталарының бір жиынтығын, сондай-ақ OLITPNC және OLITBNC тақталарын орнату қажет. Желі торабы арқылы транзитпен берілетін толқын ұзындығы үшін бір бағыттағы оптикалық демультимплексор тақтасының шығысы басқа бағыттағы оптикалық мультиплексор тақтасының тиісті кірісіне тікелей қосылады. Осылайша, желінің аралық түйіндерінде транзиттік сигналдарды шығару және өңдеу жүзеге асырылмайды.

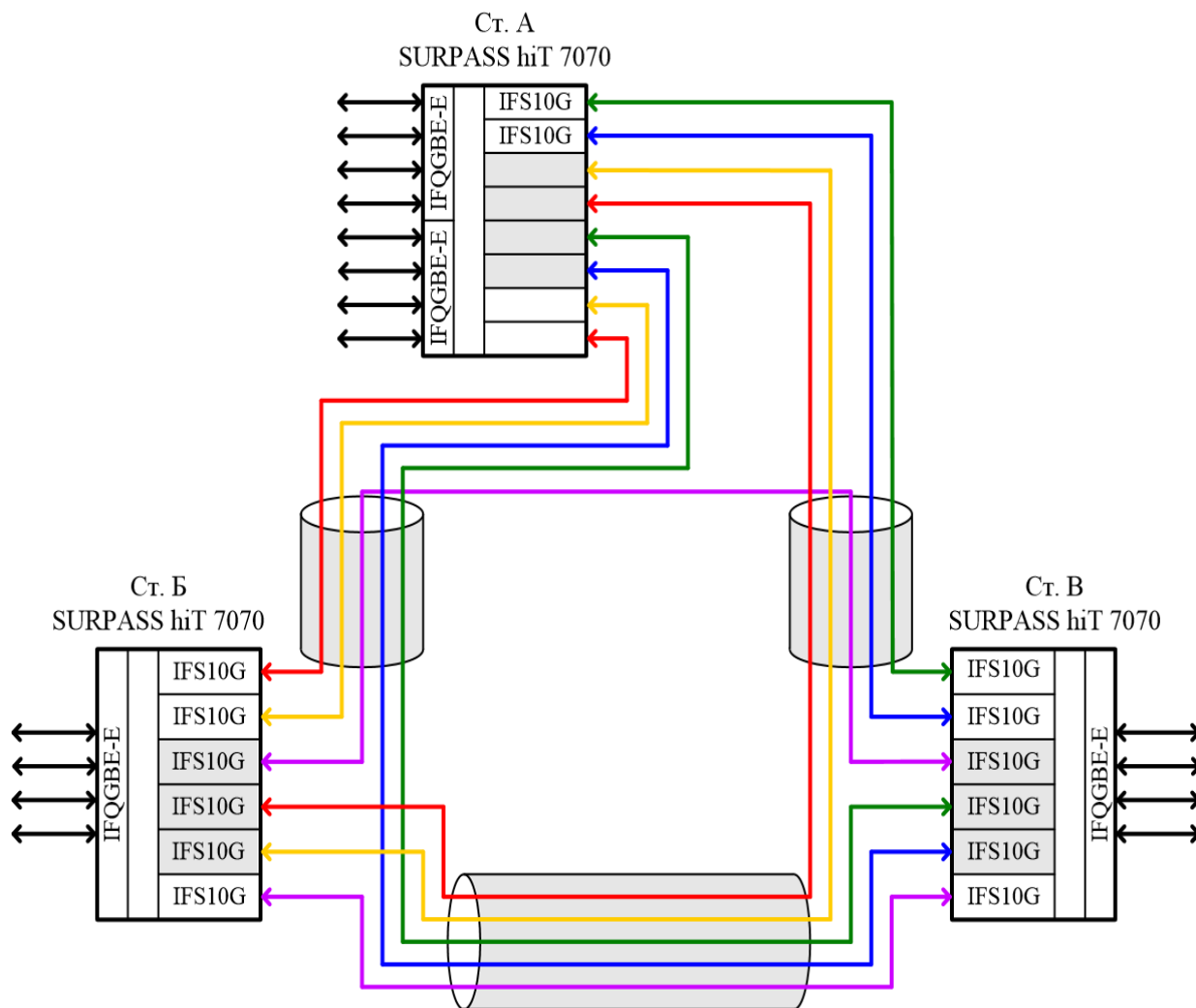
SDH/Siemens surpass hit 7070 мультиплексоры. SURPASS hit 7070 жүйесінің негізгі мақсаты-Gfp процедурасы арқылы Ethernet пакеттерін түрлендіру, содан кейін оларды қабылдау жағында Ethernet кадрларын кері түрлендіру және шығару арқылы SDH технологиясының үстіне беру. Сонымен қатар, STM-64 (10 Гбит/с) деңгейінде 2,5 Гбит/с дейін Ethernet трафигін беруге болады.

DWDM және SDH жүйелері Көлік желісінің екі түрлі деңгейін құрайды. Олар бір-бірінен тәуелсіз жұмыс істейді және басқарылады, яғни DWDM желісі барлық басқа ақпарат беру технологиялары үшін мөлдір және сәйкесінше бір



талшықтағы әртүрлі технологиялар үшін оптикалық ортаны қамтамасыз ете алады. SDH мультиплексорларына деректерді беру сапасын бақылау функциялары, сондай-ақ трафикті қорғау функциялары жүктеледі. Негізгі бағыт бойынша сигнал жоғалған жағдайда SDH мультиплексоры сигналды резервтік бағыттан қабылдайды.

2.3-суретте SDH/Siemens SURPASS hit 7070 мультиплексорлары арасындағы логикалық байланыстарды ұйымдастырудың мысалы көрсетілген. Сондай-ақ, суретте мультиплексорлардың интерфейс тақталары бейнеленген (резервтеу 1+1 немесе 1:1 схемасы бойынша бөлінген жолдарда ұйымдастырылған, резервтік тақталар сұр фонда көрсетілген). Мультиплексорлар арасындағы логикалық қосылыстардың әр түрлі сызықтары талшықты-оптикалық кабельге енгізілген әр түрлі толқын ұзындығына сәйкес келеді. Бұл ретте ақпаратты берудің резервтік және негізгі бағыттарының бір толқын ұзындығы болады. Байланысты ұйымдастыру үшін толқын ұзындығын таңдау 5.3-кестеде келтірілген жиіліктердің стандартты тізімінен ITU-T G. 692 ұсынысына сәйкес жүзеге асырылады.



2.3 - сурет – SDH/Siemens SURPASS hit 7070 мультиплексорлары

## 2.2 Дисперсия пайда болу себептері

Толқын теориясында толқын теңдеуі үлкен маңызға ие. Мұнда оны келтірместен, толқынды сипаттайтын бастапқы функция және онымен байланысты шамалар бірінші дәрежеде тұратындығын атап өтеміз. Бұл теңдеулер сызықтық деп аталады. Толқындық теңдеу, кез-келген басқа сияқты, шешімге ие, яғни математикалық өрнек, оны ауыстыру кезінде ол сәйкестікке айналады. Толқындық теңдеудің шешімі сызықтық гармоникалық (синусоидалы) толқын болып табылады.

Біз білетіндей, сызықтық толқындар суперпозиция принципіне бағынады (қосу). Бұл дегеніміз, бірнеше сызықтық толқындар қабаттасқан кезде, алынған толқынның пішіні түпнұсқаларды жай қосу арқылы есептеледі. Бұл әр толқын басқаларға тәуелсіз ортада таралатындықтан болады, олардың арасында өзара әрекеттесу де, энергия алмасу да болмайды, олар бір-бірінен еш қиындықсыз өтеді. Басқаша айтқанда, суперпозиция принципі толқындардың тәуелсіздігін білдіреді, сондықтан оларды қосуға болады. Қалыпты жағдайда бұл жарық, дыбыс және радио толқындарына, сондай-ақ кванттық теорияда байқалатын толқындарға қатысты.

Дисперсия - бұл толқын фазасының таралу жылдамдығының (фазалық жылдамдық) жиілікке немесе сол сияқты толқын ұзындығына тәуелділігі. Белгілі Фурье теоремасы бойынша кез-келген формадағы синусоидалы емес толқынды әртүрлі жиіліктермен (толқын ұзындығымен), амплитудамен және бастапқы фазалармен қарапайым синусоидалы компоненттердің жиынтығы ретінде ұсынуға болады. Бұл компоненттер дисперсияға байланысты әр түрлі фазалық жылдамдықпен таралады, нәтижесінде толқын формасы тараған кезде "бұлыңғыр" болады. Бірақ белгілі бір компоненттердің қосындысы ретінде ұсынылуы мүмкін солитон қозғалыс кезінде пішінін сақтайды. Неліктен? Солитон сызықтық емес толқын болғандықтан.

Солитонның тік етіп, оны құлатқысы келетін сызықтық емес әсер дисперсиямен теңестіріліп, оны жұмсақ етіп, бұлыңғыр етуге ұмтылған кезде пайда болады. Яғни, солитон бір-бірін өтейтін дисперсия мен сызықтық емес "түйіскен жерде" пайда болады. [2]

Өркештің арнайы формасы мен жылдамдығымен бастапқы форманың толық қалпына келуі мүмкін, содан кейін солитон пайда болады.

## 2.3 Оптикалық жарық өткізгіштердегі физикалық құбылыстар

Солитондар талшықта ұзақ қашықтыққа (бірнеше мың шақырым) іс жүзінде пішінін өзгертпестен таралуы мүмкін және бір-бірімен соқтығысқан кезде құрылымын сақтай алады. Оптикалық солитон туралы түсінік беру және оған тән қасиеттерді түсіндіру үшін оның пайда болуы мен таралуына байланысты бірнеше физикалық құбылыстарды қысқаша қарастырыңыз. Кәдімгі талшықты-оптикалық байланыс желілерінде (ТОБЖ) Жарық импульсінің берілу

жылдамдығын шектейтін маңызды ерекшелігі оның топтық жылдамдықтардың дисперсиясы және басқа сызықтық емес факторлар арқылы кеңеюі болып табылады. Топтық жылдамдық дисперсиясы

(DHS) - жарық толқындарының фазалық жылдамдығының  $\lambda$  жиілігіне немесе толқын ұзындығына тәуелділігі.

Фазалық жылдамдық  $N$  ортасының сыну көрсеткішіне кері пропорционал, ол іс жүзінде жиілікке байланысты. DHS ұзаққа созылуы мүмкін, егер  $n$  ұлғаюымен немесе  $\lambda$  азаюымен жоғарыласа немесе теріс болса,  $N$  ұлғаюымен немесе  $\lambda$  азаюымен азаяды. Оң және теріс дисперсиялар үшін фазалық жылдамдықтың  $\alpha$  немесе  $\lambda$ -ге тәуелділігі кері болып табылады. Бір режимді (OM) талшық үшін DHS  $\lambda < 1312$  нм үшін оң,  $\lambda > 1312$  нм үшін теріс және  $\lambda = 1312$  нм шегінде нөлге тең [3].

Егер оптикалық импульсте бірнеше спектрлік компоненттер болса (және бұл тұрақты тәжірибешілер), онда оптикалық дисперсті ортада тараған кезде олар әртүрлі жылдамдықтарға ие бола отырып, әр түрлі уақытта белгілі бір нүктеге жетеді, бұл импульстің пішінінің өзгеруіне және оның «бұлыңғырлануына» әкеледі (асимметриялық кеңею). Пішіннің бұрмалануынсыз импульстің кеңеюі (симметриялы кеңею) талшық арқылы өту кезінде толқын қуатының таралуынан туындаған оның табиғи ыдырауы арқылы жүреді.

## 2.4 Дисперсияның әсері

Дисперсияның әсері әдетте нөлдік дисперсия нүктесіне жақын тасымалдаушы толқын ұзындығының мәнін таңдау арқылы азаяды. Алайда, регенерация аймағының ұзындығын шексіз ұлғайту мүмкін емес, өйткені үлкен толқын ұзындығын және қуатты лазерлік сигнал көздерін немесе қуатты сорғы көздері бар оптикалық күшейткіштерді (ОЖ) пайдалану сызықтық емес әсерлердің әсерінің күрт өсуіне әкеледі.

«Жалғыз» толқындардың (солитондардың) бірегей қасиеттерінің бірі-олар бөлшектерге өте ұқсас. Сонымен, соқтығысу кезінде екі солитон қарапайым сызықтық толқындар сияқты бір-бірінен өтпейді, бірақ бір-бірін итеріп жібереді.

Ондаған жылдар бойы физикалық және механикалық құбылыстарды өлшеудің негізгі әдісі электр датчиктері болды (тензорезистивті, Ішекті, Потенциометриялық және т.б.). Барлық жерде қолданылғанына қарамастан, электр датчиктерінің бірқатар кемшіліктері бар, мысалы: сигналдың жоғалуы, электромагниттік кедергілерге сезімталдық, ұшқын өткізбейтін электр тізбегін ұйымдастыру қажеттілігі (егер жарылыс қаупі болса). Бұл оларға тән шектеулер электр датчиктерін жарамсыз етеді немесе бірқатар тапсырмаларды орындау кезінде қолдануды қиындатады. Талшықты-оптикалық сенсорларды пайдалану бұл мәселелердің тамаша шешімі болып табылады. Талшықты-оптикалық датчиктерде сигнал дәстүрлі электр датчиктеріндегі мыс сымдағы электр энергиясының орнына оптикалық талшықтағы жарық болып табылады.

Соңғы жиырма жыл ішінде Оптоэлектроника мен талшықты - оптикалық Телекоммуникациядағы көптеген инновациялар оптикалық компоненттер бағасының айтарлықтай төмендеуіне және олардың сапасының айтарлықтай жақсаруына әкелді. Бұл талшықты-оптикалық датчиктерге эксперименттік зертханалық аспаптар санатынан ғимараттар мен құрылыстарды бақылау және т. б. сияқты салаларда кеңінен қолданылатын аспаптар санатына өтуге мүмкіндік берді.

Талшықты-оптикалық элементтердің негізінде қазіргі уақытта әртүрлі физикалық шамаларды: Температураны өлшеуге арналған датчиктер әзірленуде, үдеу, деформация және басқалары. Мұндай сенсорларда оптикалық талшықты сигнал беру құралы ретінде де, сезімтал элемент ретінде де қолдануға болады.

### **3 Есептеу бөлімі**

Талшықты-оптикалық сенсорлар әртүрлі салаларда қолданылады. Олар дәстүрлі электронды сенсорларға қарағанда бірқатар артықшылықтардың арқасында кеңінен қолданылды. Біріншіден, бұл жоғары өнімділік. Сонымен қатар, талшықты - оптикалық датчиктерде қолданылатын элементтер электр энергиясына мүлдем пассивті (электр тогын шығармайды немесе өткізбейді). Датчиктердің салмақтық сипаттамалары оларды аэроғарыш сияқты салаларда қолданған кезде өте маңызды. Шағын өлшемдері мен салмағының арқасында талшықты - оптикалық датчиктер көптеген басқа өнімдерге қарағанда айтарлықтай артықшылыққа ие болады. Сонымен қатар, мұндай датчиктер электромагниттік кедергілерге қарсы тұрады, сыртқы ортаға төзімді, ал қатты күйдегі құрылым оларға діріл мен соққы жүктемелерінің шекті деңгейіне төтеп беруге мүмкіндік береді. Жоғарыда аталған қасиеттерге жоғары сезімталдық пен кең жолақты қосуға болады.

Жоғары тиімді және сенімді деформация сенсорын жасау үшін сенсордың барлық элементтерінің деформациялық өзара әрекеттесу процестерінің математикалық сипаттамасы қажет. Мұндай математикалық модельдеу сенсордың негізгі құрылымдық схемасын ұтымды таңдауға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыста сенсор - бұл желімнің көмегімен металл субстратқа бекітілген оптикалық талшық. Мұндай құрылымның деформациялық мінез-құлқын талдау серпімділік пен икемділік теориясын қолдана отырып, математикалық модельдеу кезінде жүзеге асырылады. Датчикті нүктелік дәнекерлеу арқылы бекіту модельденген. Сенсорды модельдеудің негізгі мәселесі-объектінің бетіндегі нақты мәндерді көрсететін модель құру және сенсорлардың көрсеткіштеріне әсер етуі мүмкін маңызды аймақтарды табу.

#### **3.1 Талшықты-оптикалық датчиктер**

Оптикалық талшықты детекторлар-заттардың концентрациясын, айналу жылдамдығын, сыну көрсеткішін, механикалық кернеуді, қысымды, сұйықтық деңгейін, температураны, дірілді, үдеуді, кеңістіктегі позицияны анықтау үшін өнеркәсіптің көптеген салаларында қолданылатын құрылғылар. Датчиктердің оптикалық талшықты түрі ұзақ уақыт бойы тұрақтылықтың, электромагниттік сипаттағы кедергілерге төзімділіктің, жанасусыз өлшеу мүмкіндігінің және басқа да артықшылықтардың арқасында технологиялық процестер барысында параметрлердің өзгеруін бекіту үшін көбірек таралуда.

Технологияларды дамыту басқару мен бақылаудың автоматтандырылған жүйелерін әзірлеуді, физикалық шамалардың өзгеруін контактілі немесе контактісіз тәсілмен жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік беретін сенсорлық элементтерді енгізуді көздейді. Заманауи метрологиялық құрылғылардың перспективалық дизайнына қойылатын басқа талаптардың арасында мамандар:

- төзімділік;

- жұмыс үшін аз энергия шығындары;
- деректерді өңдеу үшін микроэлектрондық құрылғылармен бірлесіп қолдану мүмкіндігі;
- тұрақтылық;
- шағын өлшемдер;
- жеңіл салмақ;
- алынған ақпараттың жоғары сенімділігі;
- өндірістің аз еңбек сыйымдылығы;
- шағын құны.

### **3.2 Талшықты-оптикалық сенсорлардың жалпы жұмыс принципі**

Талшықты-оптикалық датчиктердің жұмыс принципі сыртқы өзгерістер нәтижесінде сезімтал элементтен алынған сигналды шашыраңқы немесе шағылысқан сәулелену көрсеткіштеріне түрлендіруге негізделген.

Талшықты сенсорлар екі принциптің біріне сәйкес жұмыс істей алады:

Нүктелік-олар негізгі элемент ретінде таңдау айналарын пайдаланады. Жарық сәулеленуі кең жолақты көзден шығады және тар жолақ түрінде көрінеді. Жарық ағынының қалған бөлігі талшық арқылы беріледі. Бұл сигнал беру опциясы автоматтандырылған желіде бірнеше контроллерді бір уақытта пайдалануға мүмкіндік береді және сигналдың ең дәл берілуін қамтамасыз етеді. Датчиктердің бұл түрін қысымды, температураны, дірілді және басқа көрсеткіштерді бақылау үшін пайдалануға болады.

Таратылған-датчиктердің бұл түрі температура деңгейін бақылау үшін қолданылады. Сауалнама құрылғысы лазердің импульсін тудырады және ол талшық арқылы берілгенде таралады. Нәтижесінде талшықты-оптикалық каналдың әр нүктесінде температура қандай екенін анықтай аламыз.

Акустикалық сенсорлар ұқсас принцип бойынша жұмыс істей алады. Бұл жағдайда анализатор талшықты-оптикалық канал арқылы берілетін сәулеленудің тербелістерін түсіреді. Бұл дыбысты түзетуге және оның көзін анықтауға мүмкіндік береді. Мұндай сенсорларды, мысалы, кіруді басқару жүйелерінде қолдануға болады-олар рұқсат етілмеген енуді анықтауға мүмкіндік береді.

Егер сенсор сигналды қашықтықтан тарату үшін талшықты қолданса, онда ол көп режимді болуы керек. Бір режимді талшық сенсор функцияларын орындайтын құрылғылар үшін қолданылады.

Брагг торларын қолдана отырып жұмыс істейтін талшықты-оптикалық датчиктер кеңінен қолданылды. Оларды тіпті құрылғылар үнемі агрессивті сыртқы әсерлерге ұшырайтын агрессивті ортада да қолдануға болады.

Талшықты - оптикалық сенсормен өлшеу үшін бірқатар құрылғылар қажет. Мұндай сенсордың негізгі элементі сыртқы орта құбылыстарын екі түрлі жолмен бағалау үшін қолданылатын оптикалық талшық болып табылады. Кейде сыртқы сезімтал элементтер қолданылады, ал кейде талшықтың өзі сезімтал элемент ретінде әрекет етеді. Бірінші жағдайда талшықтар тек қара жәшікке кіретін және

одан жарық сәулесі түрінде шығатын ақпарат тасымалдаушы ретінде қолданылады. Сыртқы ортаға әсер ететін талшықты-оптикалық датчиктердің екінші түрінде олар талшық арқылы өтетін жарық ағынын модуляциялайды және тікелей талшықтың қасиеттерін пайдаланады.

Оптикалық талшық көбінесе кварц әйнегінен жасалады, бірақ басқа нұсқалар бар: көп компонентті шыны, пластик, инфрақызыл және басқалары.

Оптикалық талшыққа жарық беру үшін жарық шығаратын құрылғылар қолданылады. Мұндай құрылғыларды таңдаудағы маңызды сипаттамалар олардың толқын ұзындығы мен сенімділігі болып табылады. Талшықты-оптикалық сенсорлар әдетте диодтар мен лазерлерді пайдаланады.

Сигнал сенсор арқылы өткеннен кейін өлшенетін процесс туралы ақпарат беретін жарық параметрлерін анықтау керек. Ол үшін жарық детекторлары қолданылады. Датчиктерді жобалау кезінде бірқатар талаптарды қанағаттандыратын Жарық қабылдау құрылғылары қажет, ең алдымен шағын өлшемділік, қуатты аз тұтыну, жоғары сезімталдық, жылдам реакция талаптары. Бұл, мысалы, рiп диодтары, жартылай өткізгіш және көшкін фотодиодтары болуы мүмкін. Мұндай қабылдағыштар дифракциялық торлар немесе сүзгілер сияқты сәйкес оптикалық компоненттермен бірге спектрдің жеке компоненттерінің қарқындылығын бақылау үшін де қолданыла алады.

### **3.3 Талшықты-оптикалық датчиктерді кеңінен қолдану**

Талшықты оптика қазіргі әлемде кеңінен қолданыла бастағанымен, өте қарапайым және ескі технология. Жарықтың сыну заңы арқылы берілуін, талшықты оптиканы қолдануға мүмкіндік беретін принципті алғаш рет 1840 жылдардың басында Парижде Даниэль Колладон мен Жак Бабин көрсеткен. Джон Тиндель бірнеше ондаған жылдардан кейін Лондондағы қоғамдық дәрістеріне демонстрациялар енгізді.

Тиндель сонымен қатар 1870 жылы жарықтың табиғаты туралы өзінің кіріспе жұмысында толық ішкі шағылыстың қасиеттері туралы былай деп жазды: "Жарық ауадан суға қарай өткенде, сынған сәуле перпендикулярға қарай жылжиды. Судағы сәуле мен бетке перпендикулярдан пайда болған бұрыш 48 градустан асқан жағдайда, жарық сәулесі су ортасынан мүлдем шықпайды: ол бетінде толығымен шағылысады.

Толық ішкі шағылысу шекарасын шектейтін бұрыш ортаның толық ішкі шағылысу бұрышы деп аталады. Су үшін ол  $48^{\circ}27'$ , Флинт шыны үшін  $-38^{\circ}41'$ , ал гауһар үшін  $-23^{\circ}42''$ .

Стоматологиялық процедураларда ауыз қуысын жарықтандыру сияқты практикалық қолдану ХХ ғасырдың басында пайда болды. Суреттерді түтіктер арқылы беру радиода бөлек көрсетілді.

1920 жылы экспериментатор Кларенс Хансель және телевизиялық Пионер Джон Логи Бэрд. Бұл әсерді алғаш рет келесі онжылдықта Гайнрик Ламм ішкі медициналық тексеруде қолданды. 1952 жылы физик Нерайндер Сейнг Капани

оптикалық талшықты ойлап табуға әкелетін эксперимент жүргізді. Ең қолайлы сыну коэффициентін анықтау үшін шыны талшығы мөлдір қабықпен қапталған заманауи оптикалық талшық осы онжылдықтың соңында пайда болды. Осыдан кейін барлық әзірлемелер кескінді беру үшін қажетті оптикалық талшықтардың шоғырларына шоғырланды.

Бірінші талшықты-оптикалық гастроскопты 1956 жылы Василий Хиршовиц, Си патенттеді. 1956 жылы Мичиган университетінің зерттеушілері Уилбер Питерс пен Лоренц и. Куртиз.

Гастроскопты әзірлеу процесінде Куртис әйнек жабыны бар алғашқы талшықты жасады; оптикалық талшықтың алдыңғы үлгілері қабық материалының сыну көрсеткіші төмен қабық ретінде ауаны, сондай-ақ практикалық емес майлар мен балауызды пайдаланды. Көп ұзамай кескінді тасымалдауға қатысты басқа да көптеген қосымшалар пайда болды.

Тохоку университетінің жапон ғалымы Юн-ичи Нишазава 1963 жылы байланыс саласында оптикалық талшықтарды қолдануды ұсынған бірінші адам болды. Нишазава талшықты-оптикалық байланыс желілерін дамытуға үлес қосқан басқа технологияларды ойлап тапты, сонымен қатар Нишазава 1964 жылы градиентті оптикалық талшықтарды ойлап тапты.

1965 жылы Чарльз к. Као және Джордж А. хокхэм Британдық компаниядан стандартты телефон және кабельдер (STC) оптикалық талшықтағы ыдырауды километрге 20 децибелден (дБ /км) төмен деңгейге дейін төмендету идеясын бірінші болып ұсынды, осылайша талшық

тарды практикалық байланыс құралы ретінде пайдалануға мүмкіндік берді. Олар сол кездегі талшықтардағы ыдыраудың себебі шашырау сияқты негізгі физикалық әсерлерге қарағанда талшықтан алынып тасталуы мүмкін көбірек қоспалар деп есептеді. 20 дБ / км сөну деңгейін анықтайтын деңгейге алғаш рет 1970 жылы зерттеушілер Роберт Д.Маурер, Дональд кек, Питер К. Шульц және Франко Зимар қол жеткізді, олар американдық шыны өндірушіде жұмыс істейді.

Олар 17 дБ /км ыдырау деңгейі бар талшықтарды көрсетті онда кварц әйнегінде титан қоспалары болды. Бірнеше жылдан кейін олар қоспаның негізі ретінде германия диоксидін қолдана отырып, тек 4 дБ /км ыдырау деңгейі бар талшық жасады.

Мұндай төмен әлсіреу оптикалық талшықты қолдана отырып, төмен телекоммуникацияны бастады және Интернетті қол жетімді етті. 1981 жылы General Electric 25 миль (40 Ион) талшықты-оптикалық жіптерді жасау үшін пайдалануға болатын балқытылған кварц құймаларын шығарды.

Қазіргі оптикалық талшықты кабельдегі әлсіреу мыс электр кабеліне қарағанда айтарлықтай аз, бұл ұзындығы 50-80 км (31-50 миль) телекоммуникациялық беріліс желілерінің дамуына әсер етті. Эрбий қоспалары бар талшықты-оптикалық күшейткіш 1986 жылы Саусхамтон университетінің қызметкері Дэвид Н. Пейн мен бел Лабстың Эмануэль Дезервир әзірлеген оптикалық-электронды-оптикалық қайталағыштардың санын азайту немесе тіпті



өте жиі жою арқылы үлкен ұзындықтағы талшықты-оптикалық жүйелердің құнын айтарлықтай төмендетеді.

Бүгінгі күні қолданылатын жетілдірілген оптикалық талшық өзек пен қабық үшін қартаю процестеріне төзімділікті арттыратын әйнекті пайдаланады. Оны Герхард Берниз 1973 жылы ойлап тапқан мал Глес Германияда.

1991 жылы фотонды кристалдардың жаңадан пайда болған бағыты материалдың периодтық құрылымындағы дифракциялық құбылыстардың арқасында жарықты толық ішкі шағылысу арқылы тезірек өткізетін фотонды - кристалды оптикалық талшықтың дамуына әкелді. Алғашқы фотонды кристалды талшық 2000 жылы коммерциялық қол жетімді болды.

Фотонды кристалды талшықтар кәдімгі талшықтар беретін қуатпен салыстырылған кезде жоғары қуатты беруге арналған болуы мүмкін және олардың жиіліктерін белгілі бір қолдану салаларының тиімділігін арттыру мақсатында реттеуге болады. Соңғы бірнеше жылда талшықты-оптикалық технология өте жылдам және ұстамды түрде үлкен жылдамдықпен алға жылжыды. Магистральдық байланыс арналарының ұзақ қашықтықтарында жоғары өткізу қабілеттілігіне қол жеткізу қажеттілігіне байланысты.

Операциялық көрсеткіштердің бұл жақсаруы қолайлы беру және қол жеткізу әдістемелерін дамытумен қатар жүреді.

Талшықты-оптикалық технологиялар әдеттегі банальдылықтан алыс. Келесі қадам-оптикалық талшықты деректер сапасын кем дегенде он есе мультипликаторға жақсартуға мүмкіндік беретін когерентті тарату жүйелері.

Бұл жұмыстың мақсаты дәнекерленген деформация сенсорын зерттеу және сенсордың қателігіне әсер етуі мүмкін маңызды аймақтарды табу болып табылады. Жұмыс екі негізгі бөлікке бөлінеді, Бұл сенсордың бөліктерін эксперименттік зерттеу және сандық егіз (математикалық модель) құру.

Қазіргі әдебиеттерде талшықты-оптикалық датчиктердің жұмыс істеу принциптері, қолдану салалары және олардың ерекшеліктері жақсы қамтылған [1, 2, 3].

Талшықты-оптикалық датчиктер құрылыс мониторингі саласында үлкен қолдануды табады. А. п. Неугодинов, М. Ю. Ахлебинин, Ф. а. Егоров, В. А. Быковский [18] көп қабатты үйлерге арналған мониторинг жүйелерін қолдану нәтижелері сипатталған: мониторинг жүйелеріне арналған талшықты-оптикалық датчиктерді әзірлеу, сертификаттау, сериялық шығару; құрылыстың әртүрлі жағдайларында мониторинг жүйелерін монтаждау әдістері мен технологиялары; мониторингі, өлшеуді және деректерді түсіндіру. Жұмысында Ф. а. Егорова, а. п. Неугодинова, В. А. Быковский [15] талшықты оптика негізінде құрылыс құрылыстарының техникалық жай-күйін бақылау жүйелерінің негізгі принциптерін сипаттады. Мониторинг жүйелеріне арналған талшықты-оптикалық датчиктердің екі түрі бойынша деректер ұсынылған. Сипатталған датчиктердің Зертханалық сынақ деректері талданды.

А.П. Неугодинов, Ф. а. Егоров, М. Ю. Ахлебинин, А. С. Волчка [19] құрылыс кезінде және пайдалану кезеңінде құрылыс құрылыстарының техникалық жағдайына мониторинг жүргізу мәселесін қарастырады.

Құрылыстағы техникалық мониторингті реттеудің нормативтік аспектілері талданады.

Талшықты - оптикалық ақпараттық-өлшеу жүйелеріне негізделген құрылыс мониторингінің мысалдары. Ф.а. Егоров, О. и. Ткачев, а. п. Неугодников, и. в. Рубцов, В. И. Поспеловтың жұмысында [16] талшықты-оптикалық деформация датчигінің жұмыс принципі сипатталған, сонымен қатар ол желімделген базаға сатылы жүктемеден датчиктің шығыс сигналын анықтау бойынша эксперименттер сериясының нәтижелері келтірілген.

Жоғарыда аталған жұмыстардың барлығы эмпирикалық мәліметтерге негізделген, ал жүйенің өзара әрекеттесуін теориялық талдау зерттелетін дене – сенсор қарастырылмайды

. И.Г. Наймушин, Н. А. Труфанов, и. Н. Шардаковтың мақаласында [17] дене–желім– талшықты-оптикалық сенсор жүйесінде болатын деформациялық процестер қарастырылған. Алайда, бұл жұмыста сенсор зерттелетін дененің бетіне тікелей жабыстырылған талшық болып табылады, бұл Орнату және пайдалану кезінде кейбір мәселелерді тудырады.

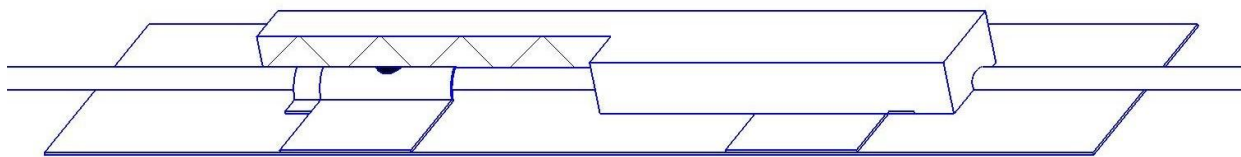
### 3.4 Деформация датчигі туралы мәліметтер

Дәнекерленген беткі датчиктің қорғаныш силикон қақпағы бар, бақыланатын бетке нүктелік дәнекерлеу арқылы бекітіледі.

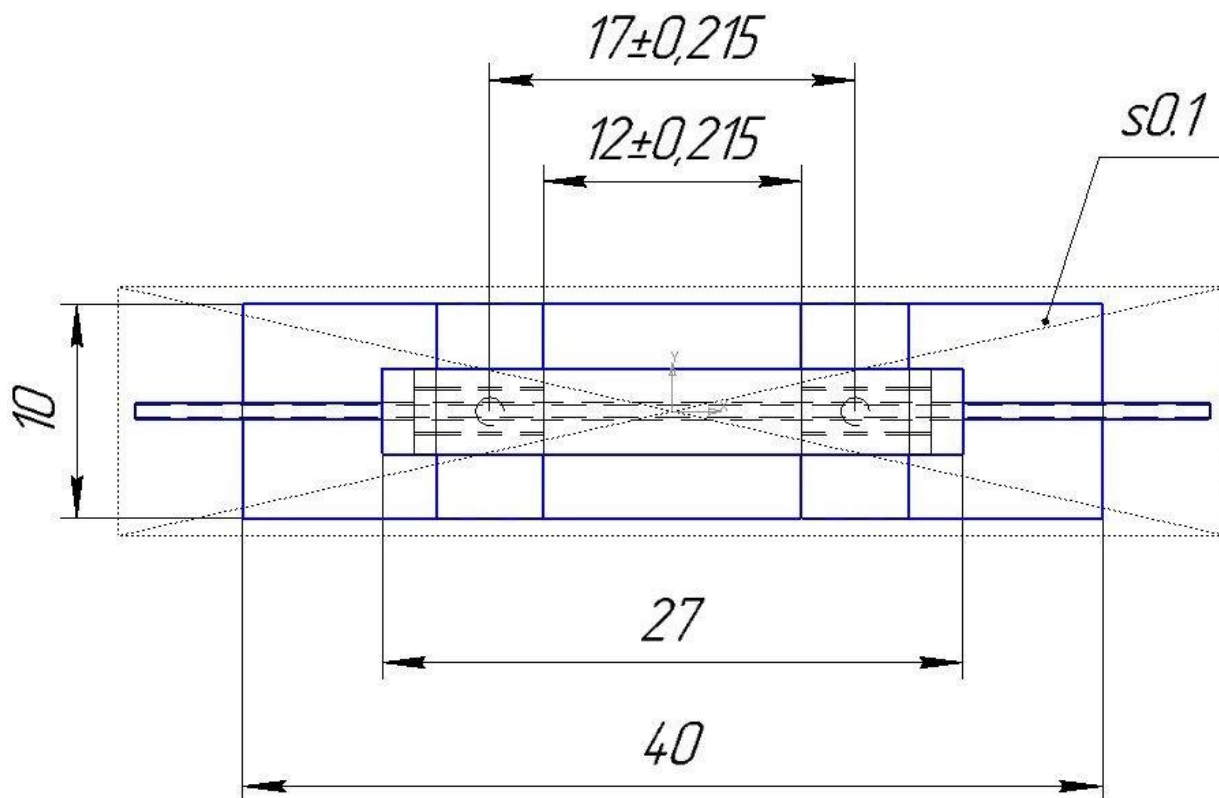
- Болат құбырлар мен құбырлардың бөліктері
- Құрылыс металл конструкциялары
- Көпір құрылыстары
- Сыйымдылық жабдықтары
- Металдан жасалған технологиялық жабдық
- Тірек құрылымдары

Кесте 3.1 – Деформация сенсорының сипаттамалары

Деформацияны өлшеу диапазоны, мкм/м:	- 3000... + 3000
Рұқсат, мкм/м	1,0
Толқын ұзындығының диапазоны, нм	1500-1600
Корпус материалы	Құрыш материалы



3.1 - сурет – Датчик құрылымы



3.2 - сурет – Сенсордың геометриялық өлшемдері

### 3.5 Талшықты-оптикалық деформация сенсорының бөліктерін эксперименттік зерттеу

Деформация сенсорының бөліктерін жеке бөліктер ретінде қарастырыңыз және олардың көрсеткіштерге ықтимал әсерін зерттеңіз. Бүкіл сенсордың үлкен көлемін субстрат алады. Талшық деформацияның біркелкі испытстігін сезінуі мүмкін субстратпен жанасады. Орнату кезінде субстрат үлгіге нүктелік дәнекерлеу арқылы дәнекерленеді. Нүктелік дәнекерлеу құбылысы бастапқы материалдан өзгеше қасиеттері бар жаңа материалды құрайды. Сонымен нүктелік дәнекерлеу орындары, субстрат және талшық деформация сенсорының

көрсеткіштеріне әсер етуі мүмкін факторларды қамтитын орындар деп санауға болады

### 3.6 VBD эксперименттік зерттеуі

Зерттеудің бірінші кезектегі қадамы Брагг торы түсіретін айғақтардың дұрыстығы туралы мәселе болды. Ол үшін тензорезисторлар мен талшықты Брагг торын (WBR) бір үлгілерге орнатқан эксперимент жоспарланған. 1-сурет монтаждау схемасын көрсетеді.

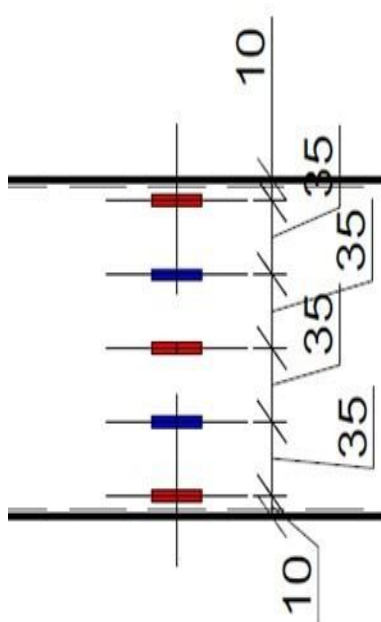
Эксперименттің мақсаты: талшықты Брагг торының (WBR) деформациясын өлшеу дәлдігін тексеру.

ВОДД көрсеткіштерін тензорезисторлардың көрсеткіштерімен салыстырыңыз.

Үлгілердің бүйір беттерінде датчиктер бейтарап осьтен әр түрлі қашықтықта орналасқан, сондықтан деформациялар иілу кезінде олар әртүрлі болады. ВБР мен тензорезисторлардың көрсеткіштерін тек жоғарғы және төменгі беттерде салыстыруға болады. 4 және 5-суреттерде көрсетілген графиктерде көрсеткіштер көрсетілген.

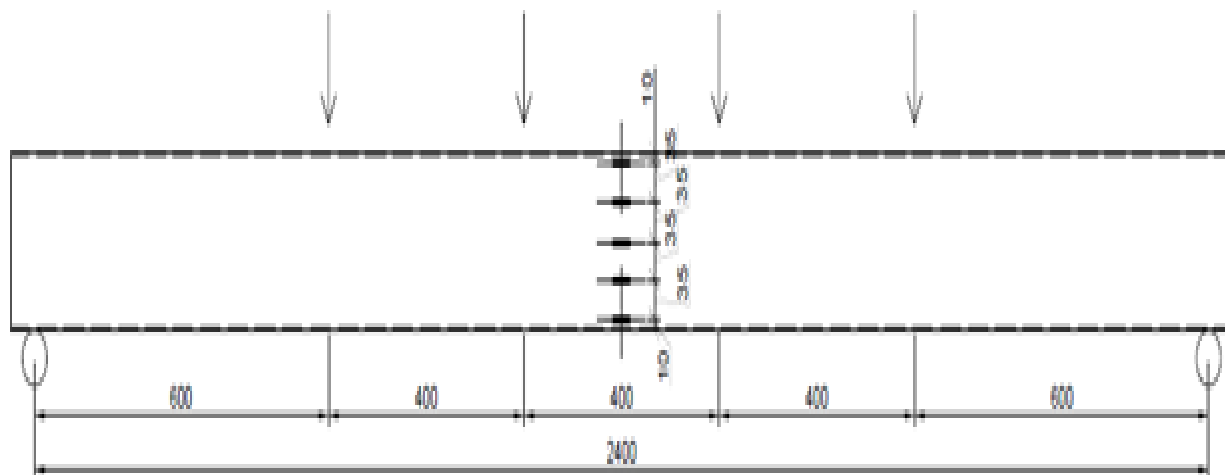
Эксперименттің сипаттамасы

Сынақтар үшін 6 ұзын және 8 қысқа үлгілер дайындалды датчиктерді орналастыру 1-суретке сәйкес. Барлық үлгілерге ВБР орналастырылды, тензорезисторлар 4 ұзын үлгіге орнатылды



3.3 - сурет – Датчиктерді үлгілерге орналастыру схемасы

Тензорезисторлар қызыл түспен, көк түспен көрсетілген-ВБР ұзын үлгілер 2-суретте көрсетілген жүктеме схемасы бойынша сыналды. Қысқа сынамадар Төрт нүктелі иілу схемасы бойынша сыналды (сурет 3.3).



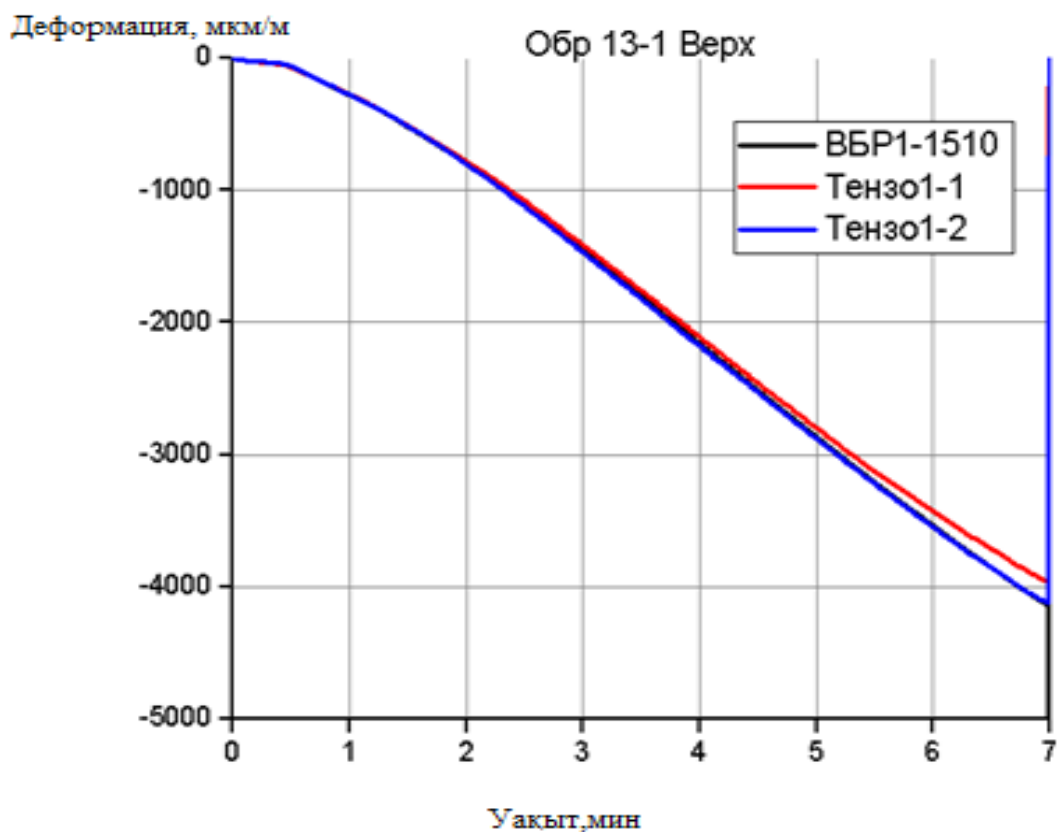
3.4 - сурет – Ұзын үлгілерді жүктеу схемасы

#### ФБР мен тензорезисторлардың көрсеткіштерін салыстыру

Бүгінгі күні деформацияны өлшеу үшін электрлік деформация датчиктері (тензорезисторлар) сәтті қолданылады. 50 жылдан астам уақыт бұрын жасалған, бүгінде олар техникалық жағынан жетілдірілген және әртүрлі нұсқаларда қол жетімді. Жақында оптикалық (талшықты-оптикалық) сенсорлар деформацияны өлшеу үшін қолданыла бастады.

Көптеген салаларда олар тензорезисторларға жақсы балама болды. Талшықты-оптикалық деформация сенсорлары белгілі бір аралықта талшықтың ішінде орналасқан көптеген шағылысу нүктелерін қамтитын Брагг дифракциялық торын пайдаланады. тодом тарту. Тензорезисторлармен салыстырғанда оптикалық деформация датчиктері айтарлықтай жоғары шекті жүктемелерге төтеп береді және айнымалы жүктемелерге жоғары төзімділікті қамтамасыз етеді.

Серпімділік теориясында гистерезис құбылысы серпімді материалдардың мінез-құлқында байқалады, олар үлкен қысымның әсерінен деформацияны сақтай алады және кері қысымға ұшыраған кезде оны жоғалтады (мысалы, Сығылған штанганы тарту). Көбінесе бұл құбылыс соғылған бұйымдардың механикалық сипаттамаларының анизотропиясын, сондай-ақ олардың жоғары механикалық қасиеттерін түсіндіреді.



3.5 - сурет – Деформация сенсорындағы гистерезис құбылысы

Серпімді гистерезистің екі түрі бар — динамикалық және статикалық.

Динамикалық гистерезис циклдік өзгеретін кернеулерде байқалады, олардың максималды амплитудасы серпімділік шегінен едәуір төмен. Гистерезистің бұл түрінің себебі-икемсіздік немесе тұтқырлық.

Икемсіздікпен, таза серпімді деформациядан басқа (Гук Заңына сәйкес), кернеулер жойылған кезде толығымен жоғалып кететін компонент бар, бірақ кейбір кідірістермен, ал тұтқыр серпімділікпен бұл компонент уақыт өте келе толығымен жойылмайды. Серпімді емес және вискоэластикалық мінез-құлықта шама деформация амплитудасына тәуелді емес және жүктеменің өзгеру жиілігімен өзгереді.

Сондай-ақ, динамикалық гистерезис термиялық серпімділік, магниттік серпімділік құбылыстары және қолданылатын кернеулердің әсерінен дененің кристалдық торындағы нүктелік ақаулар мен еріген атомдардың орналасуының өзгеруі нәтижесінде пайда болады.

Нүктелік дәнекерлеу сынақтары. ВБР және деформация датчиктерін сынау кезінде бір үлгіде датчиктердің айтарлықтай гистерезисі бар екендігі анықталды, ал ВБР-де гистерезис жоқ немесе Шамасы аз. Гистерезистің ықтимал себептері: үлгіге дәнекерленген қосылыс немесе сенсордың қапсырмаларындағы желім.

Себептер үшін келесі эксперимент ұсынылды: үлгіге жалаңаш субстраттарды (қапсырмасыз) дәнекерлеңіз, содан кейін оларға ВБР желімденің және эксперимент жасаңыз. Бұл жағдайда жақшада желім жоқ.

Мақсаты: гистерезис ВБР субстраттарына желімделгенін анықтаңыз

Жарамдылық критерийі: ВБР субстраттарына желімделген гистерезистің болмауына сәйкес, гистерезистің себебі жақша астындағы желім байланысы деп қорытынды жасауға болады. Гистерезистің болуы оның себебі субстрат пен үлгінің дәнекерленген қосылысында деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Жабдықтар мен материалдар:

1. ВБР 2 субстраттарына 4 желімделген №5 Арқалық.4 датчигі және 4 ВБР бар №4 сәуле

3.4 датчигі және 1 ВБР бар №3 сәуле

Сынақ әдістемесі.

Арқалық 2 рет қозғалыс индикаторының көрсеткіштері бойынша 3100 мкм/м деформацияға дейін жаттығу циклдарымен алдын ала жүктелген. Содан кейін 100 мкм/м алдын-ала жүктеме орнатылып, сенсорлар мен қозғалыс индикаторының көрсеткіштері нөлге тең болды.

Өлшеу циклі 3000 мкм/м деформацияға дейінгі жүктемеден тұрады, 500 мкм/м кадаммен және әр сатыда кем дегенде 20 С ұстайды. 3 өлшеу циклынан кейін Сәуле аударылды, алдын-ала жүктеме циклдері жүргізілді, 100 мкм/м бастапқы деформация орнатылды және тағы 3 өлшеу циклі жүргізілді.

Сынақ нәтижелері. Сынақтар барысында эксперимент барысында желімделген ВБР спектрін бұрмалап, толқын ұзындығын дұрыс өлшеуді қиындататыны анықталды. Алынған мәліметтердің ішінде тек созылу сынақтарында деректердің бір бөлігін талдауға болады

Инженерлік есептеулерде материалдың серпімді қасиеттерін есепке алу- бұл конструкциялар аз деформацияға ұшыраған және жүктемені алып тастағаннан кейін бастапқы пішінін қалпына келтіруге кепілдік берілген жағдайларда жалпы қабылданған және барабар тәжірибе.

Мұндағы басты артықшылықтар-материалдың қасиеттері ретінде тек серпімділік модулі мен Пуассон коэффициентін орнату қажеттілігі, сонымен қатар салыстырмалы түрде қарапайым есептердің көпшілігін бір итерациямен шешу.

Дегенмен, шын мәнінде, дизайн жүктемелері кезінде де құрылымда қайтымсыз деформациялар пайда болады.

Бұл металдар үшін жағдайда материалдың сызықтық мінез-құлқы туралы гипотеза жұмысын тоқтатады және кірістілік шегінен асатын кернеулер айтарлықтай пластикалық деформацияларды тудыруы мүмкін.

Материалдың пластикалық ағымының нәтижесі ретінде құрылымдағы қозғалыстардың қайтымсыздығы серпімді емес деформация процесінің жүктеме жолына тәуелділігін көрсетеді (жүктемелерді қолдану тәртібі).

Осылайша, мұндай процесті аналитикалық модельдеу нақты жүктеме жолын ескеру үшін кадамдармен орындалуы керек.

Барлық СЕ пакеттерінде кірістілік критерийлері (әдетте Мизес критерийі) арқылы модельдегі үш өлшемді кернеу күйі бір осьті кернеу күйіне дейін азаяды.

Бұл модельдегі кернеулерді стандартты бір осьті штанганың созылуымен анықталған материалды кірістілік шегіне сәйкестендіруге мүмкіндік береді.

Сигналдың әлсіреуіне қосымша қосу дисперсия болып табылады. Дисперсия бұл сигнал талшық арқылы тараған кезде импульс уақытының шегігуі.

Дисперсия келесі негізгі себептерден туындайды: құрамдас материалдардың гетерогенділігі, талшықтың поляризациялық компоненті және олардың сәулелену спектрінің еніне тәуелділігі.

Сигналдың дисперсиясына байланысты әлсіреу коэффициенті:

$$\alpha_D = \frac{K_D}{\lambda^4} \quad (3.1)$$

$$\alpha_D = \frac{0,7}{1,3^4} = \frac{0,7}{2,8561} \approx 0,245 \text{ (Дб/км)}$$

мұндағы  $K_D = 0,63 \text{ } 0 \text{ } 0,8 \text{ (мкм}^4 \cdot \text{ДБ)/км}$  - кварцтың меншікті дисперсия коэффициенті

Материалдық дисперсия

$$\tau_M = \Delta\lambda \cdot M(\lambda) \quad (3.2)$$

$$\tau_M = 0,07 \cdot (-5) \cdot 10^{-12} = -0,35 \cdot 10^{-12} \text{ (с/км)}$$

Толқындық геометриялық дисперсия:

$$\tau_B = \Delta\lambda \cdot B(\lambda) \quad (3.3)$$

$$\tau_B = 0,07 \cdot 8 \cdot 10^{-12} = 0,56 \cdot 10^{-12} \text{ (с/км)}$$

Суммарлы дисперсия:

$$\tau = \tau_M + \tau_B \quad (3.4)$$

11 жалпы ыдырау коэффициенті:



$$\tau = \tau_M + \tau_B = -0,35 \cdot 10^{-12} + 0,56 \cdot 10^{-12} = 0,21 \cdot 10^{-12} \text{ (с/км)}$$

GPON стандартының теориялық талаптарына сүйене отырып, тракт ретінде максималды қашықтық 20 км алынды

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыс барысында деформацияның талшықты-оптикалық сенсорының элементтерінде оның зерттелетін объектінің бетімен әрекеттесуі кезінде пайда болатын деформациялық процестердің математикалық моделі жасалды.

Деформация сенсорының бетке Қосылу аймағы эксперименталды түрде қарастырылып, математикалық модель жасалды. Модельдеу нәтижесі бойынша серпімділік шегінен асатын аймақтардың болуы анықталды. Нүктелік дәнекерлеу аймағында пластикалық деформациялардың болуы дәлелденді. Эксперименттік зерттеу нәтижелері және үлгінің бетін теспейтін нүктелердің болуы бойынша дәнекерлеу процесін оңтайландыру және сынақтарды қайталау ұсынылады.

Талшықты - оптикалық тор эксперименталды түрде зерттелді және оның тензорезисторлармен салыстырғанда өлшеу дәлдігі дәлелденді.

Сенсордың көрсеткіштеріне желімнің әсері эксперименталды түрде зерттелді. Желімнің көп мөлшері гистерезис құбылысын тудыратыны анықталды, яғни сенсордың көрсеткішінің дәлдігін төмендетеді. Оның мөлшерін азайту және зерттеуді қайталау ұсынылады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Родина О. В. Волоконно-оптические линии связи. Практическое руководство. - М.: Горячая линия – Телеком, 2014. - 400 с.
- 2 Портнов Э. Л. Оптические кабели связи, их монтаж и измерения: Уч. пособие для вузов. - М.: Горячая линия – Телеком, 2012.
- 3 Андреев В. А. Направляющие системы электросвязи. Том 2 -
- 4 Проектирование, строительство и техническая эксплуатация: учеб. для вузов / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, В. Б. Попов - М.: Горячая линия - Телеком, 2010. - 424 с.
- 5 Скляр О. К. Волоконно-оптические системы связи. - СПб.: Лань, 2010, 272 С.
- 6 Портнов Э. Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи. Уч. пособие для вузов. - М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
- 7 Портнов Э. Л. Перспективы развития кабельных линий связи в третьем тысячелетии / Э. Л. Портнов // Телекоммуникации и транспорт. - 2010. -№8. - С. 4 - 6.
- 8 Дианов Е. М. Волоконная оптика: 40 лет спустя /Е.М. Дианов// Квантовая электроника - 2010. - № 1. - С.40
- 9 Глущенко А. Г. Физические основы волоконной оптики. Конспект лекций - Самара.: ГОУВПО ПГУТИ, 2012. - 144 с.
- 10 Портнов Э. Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. Учебное пособие для вузов/ Э.Л. Портнов - М.: Горячая линия - Телеком, 2013.- 544 с.
- 11 Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи, 4-е дополненное издание/ Р. Фриман. - М.: Техносфера, 2011. - 512 с.
- 12 Иоргачев Д. В. Волоконно-оптические кабели и линии связи / Д. В. Иоргачев, О. В. Бондаренко. - М.: Эко-Трендз, 2012. - 282 с.
- 13 Центр дистанционного образования Дальневосточного Государственного Университета Путей Сообщения. - (Рус.). - URL: <http://edu.dvgups.ru/> [24 декабря 2017].
- 14 Физика твердого тела. 20 декабря 2017 // (Рус.). - URL: <http://dssp.petrstu.ru/> [27 декабря 2017].
- 15 Решения для операторов связи и телекоммуникаций. 29 декабря 2017 // (Рус.). - URL: <http://www.teralink.ru/> [5 января 2018].
- 16 D-Link Building Networks for People. February 10, 2018 (Engl.). - URL: <http://www.dlink.ru/> [19 February 2018]. ИЦТелеком-Сервис. Информационные технологии. Искусство интеграции. - (Рус.). - URL: <http://www.tls>

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Махсотов Беслан Алтайұлы

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering оқу бағдарламасы

Тақырыбы: «Датчиктердің дисперсиялық сипаттамаларын талдау»

Бұл дипломдық жұмыста датчиктерді талдау, пайдаланудың негізгі талаптары, және датчиктердің негізгі сипаттамасы және болашақ ықтимал болатын түрлері келтірілген.

Бұл дипломдық жұмыста «Датчиктердің дисперсиялық сипаттамаларын талдау» тақырыбы қарастырылды. Салыстырмалы талдау жүргізілді, сонымен қатар көптеген технологиялардың сипаттамалары ұсынылды. Сондай-ақ, ұқсас жұмыс істеу қабілетін едәуір арттыруға болатын нұсқалар ұсынылды.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, датчиктер, компоненттері, заманауи аспаптарды көрсету өте орынды.

Жалпы, дипломдық жұмысқа " жақсы" (80 %) деген баға қойылып, ал студент Махсотов Беслан Алтайұлы 6B07112 – Electronic and Electrical Engineering оқу бағдарламасы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

**Ғылыми жетекші**

ЭТ және FT каф.

аға оқытушы,

техника ғылымдарының магистры

 Ибекбаев С.Е.

(колы)

«27» мамыр 2024 ж.

РЕЦЕНЗИЯ  
Дипломдық жұмыс

Махсотов Беслан Алтайұлы

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы

Тақырыбына: «Датчиктердің дисперсиялық сипаттамаларын талдау»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 10 парақ;  
б) түсініктеме 25 бет.

**ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ**

Берілген бітіру жұмысында оптикалық датчиктер туралы ақпарат жиналған. Негізгі өлшемдер жүргізіп, параметрлері есептелген. Оптикалық желі әзірленіп, жеткізу нүктесі, дисперсиясы есептелген. Жобаны сұлба бойынша құрастырылған.

Датчиктерді қолдануды жақсарту мәселелері қарастырылады. Жұмыста жалпы технология жайында мағлұмат қарастырылған және олардан пайдаланудың бірнеше әдісі айтылған.

Дисперсиялық сипаттамаларға талдау жасалып, осы өлшемдерде олардың тиімділігі мен дәлдігін анықталды. Сонымен қатар оларды одан әрі пайдалану және жетілдіру бойынша практикалық ұсыныстар беру.

Дипломдық жұмыста технология есептеулерін, базалық құрылымы сызбасында студент өз тарапынан қандай жақсартулар енгізуі мүмкіндігін көрсете алмаған. Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

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 "жақсы" (80%) деген баға, ал студент Махсотов Беслан Алтайұлын 6B07112 – Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасының «техника және технологиялар бакалавры» дәрежесіне сай деп санаймын.

Ресми  
«KAZAL ENERGY»  
ЖШС директоры  
«ARMATEX» Баймұхамед Т.  
2024 ж.  
Ф.Қазіретов  
Рецензия

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

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

**Автор: Махсатов Беслан Алтайұлы**

**Тақырыбы: Датчиктердің дисперсиялық сипаттамаларын талдау**

**Жетекшісі: Серикбек Ибекеев**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 9.8**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.9**

**Дәйексөз (35): 1.8**

**Өріптерді ауыстыру: 3**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 0**

**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:**

**2024-06-01**

*Күні*

*Кафедра меңгерушісі*



## Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Махсотов Беслан Алтайұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Датчиктердің дисперсиялық сипаттамаларын талдау

Научный руководитель: Серикбек Ибекеев

Коэффициент Подобия 1: 9.8

Коэффициент Подобия 2: 4.9

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 3

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:

2024-06-01

Дата

Заведующий кафедрой



## Протокол

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

Автор: Махсотов Беслан Алтайұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Датчиктердің дисперсиялық сипаттамаларын талдау

Научный руководитель: Серикбек Ибекеев

Коэффициент Подобия 1: 9.8

Коэффициент Подобия 2: 4.9

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 3

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:

2024-06-01

Дата

Сүңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт