

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Есебай М. Т.

Талшықты оптикалық кабельды жүргізу кезіндегі таралатын дабылдың  
сапасына өшуліктің әсер етуін талдау

### **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд-ы

 Е. Т. Таштай

« 29 » 04 2019 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Талшықты – оптикалық кәбілді жүргізі кезіндегі таралатын дабылдың сапасына өшуліктің әсер етуін талдау»

5B071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы

Орындаған:



Есебай М. Т.

Пікір беруші

АЭЖБУ, ТЖЖЖ каф. меңгерушісі

техн. ғыл. канд-ы

 А. С. Байкенов

« 29 » 04 2019 ж.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ кафедрасының

қауымдастырылған лектор

 Н. А. Джунусов

« 29 » 04 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі,

техн.ғыл.канд.

 Е.Таштай

«25» 02 2019 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Есебай Мейрамбек Тенгелбайұлы

Тақырыбы «Талшықты – оптикалық кәбілді жүргізі кезіндегі таралатын дабылдың сапасына өшуліктің әсер етуін талдау»

Университет ректорының «16» қазан 2018 ж. № 1162-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі “25” сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Тапсырманы қою;

2) Барлық мүмкін сипаттамалар енгізілген сигнал өзгертулері;

3) Оптикалық кабельдер параметрлерін өлшеу құралы;

4) Желінің барлық учаскелерінде қуат шығынын талдау;

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Өшілік деген не? Өшуліктің пайда болу себептері;

ә) FTTx технологиясы;

б) GPON технологиясы, желінің жалпы құрылымы

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс).

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1) Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи(ATM, PDH, SDH,SONET, WDM)

2) Фриман Г. Волоконно-оптические системы электросвязи- М: Техносфера, 2003.-590 ст.

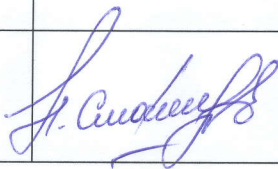
3) Убайдуллаев Г.Г. Волоконно-оптические сети – М:Экотрендз. 2001 – 267ст.



Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Өшуді өлшеу әдісін таңдау	20.01.2019 - 01.03.2019	оңалған
Технологияны таңдау	02.03.2019-02.04.2019	оңалған
GPON желісі учаскелерінде өлшеулерді қысу	01.04.2019–15.04.2019	оңалған

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
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы Смайлов Н.К.	09.04.19	

Ғылыми жетекшісі  Н. А. Джунусов  
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  М. Т. Есебай

Күні “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Есебай М. Т.

Талшықты оптикалық кабельды жүргізу кезіндегі таралатын дабылдың  
сапасына өшуліктің әсер етуін талдау

### **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5В071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы

Алматы 2019

## АНДАТПА

«Талшықты - оптикалық кабельді жүргізу кезіндегі таралатын дабылдың сапасына өшуліктің әсер етуін талдау» тақырыбы бұл дипломдық жұмысында зерттелінді. FTTx технологиясы пайдаланылды, және сол технологияның GPON желісің құрылуы классификацияларың толық зерттелінді, сонымен қатар әртүрлі пайдалану және біріктіру әдістеріне байланысты басылу зерттелінді. GPON желісің әртүрлі тарауында жасалынған өлшемелерін пайдаланып ең жақсы желіні жобалау әдісінің қорытындысы шығарылды. Теориалық және практикалық нәтижелерін салыстырынды. Сонымен қатар өткізу қабілетін арттыру нұсқаларының ұсынысы жасалынды.

## АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте была рассмотрена тема: «Анализ влияния затухания на качество передаваемого сигнала при прокладке волоконно-оптического кабеля». Был проведен анализ причин возникновения затухания. На примере технологии FTТх детально было рассмотрена классификация построения сети GPON, также было исследовано затухания при различных методах эксплуатации и соединений. Основываясь на снятые показания затухания на различных участках сети GPON, сделан вывод о наилучшем методе проектирования сети. Был проведен сравнительный анализ теоретических и практических результатов. А также были предложены варианты, с помощью которых можно значительно увеличить пропускную способностьсети.

## ANNOTATION

In this graduation project the theme considered: «Analysis of the influence of attenuation on the quality of the transmitted signal at the laying of fiber optic cable». An analysis of the causes of the decay. On the example of FTTx technology considered in detail the classification of the GPON network, the attenuation studied for various operating methods and compounds. Based on the taken indications of attenuation at various parts on the GPON network, a conclusion is drawn about the best method of network design. Comparative analysis of theoretical and practical results carried out. Also variants with help it is possible to increase considerably throughput of a network.



## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 GPON технологиясына шолу	10
1.1 GPON желісінің құрылымы	10
1.2 Сигналды өзгертетін барлық болуы мүмкін сипаттамалар	13
1.2.1 Өзіндік өшуліктер	14
1.2.2 Оптикалық талшық материалында энергияны сіңіруден болған өшулік	15
1.2.3 Релей жарық шашырауынан болатын өшулік	16
1.2.4 GPON сигнал қуатын жоғалтудың барлық мүмкін түрлері	18
2. Оптикалық кабельдердің параметрлерін өлшеу құралдары	20
2.1 Оптикалық кабельдердің геометриялық параметрлерін өлшеу құралдары	20
2.2 ТОБЖ компоненттерінің оптикалық параметрлерін бақылау аспаптары мен әдістері	21
2.3 тобжтарту кезіндегі метрологиялық бақылау	29
2.4 Шкафтық қосылыс арқылы GPON желісіне қосылу	29
2.5 Тікелей қуат арқылы GPON желісін қосу	32
3 GPON технологиясының есептеуін іске асыру	36
3.1 Желіні жобалаудың әртүрлі әдістерінің өшулік бюджетін есептеу	36
3.2 GPON желісін шкафты қосу арқылы қосу	36
3.3 GPON желісін тікелей қуатпен қосу	37
3.4 Сплиттерлік оптикалық муфтасы арқылы GPON желісін қосу	38
3.5 Бір каскадты қосылыс	40
3.6 Регенерациялық учаскені есептеу	42
3.7 Теория мен практиканың салыстырмалы талдауы	43
Қорытынды	44
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	45

## КІРІСПЕ

Телекоммуникациялық жүйелердің дамуымен және жаңа заманауи қызметтердің пайда болуымен байланыс сапасына қойылатын талаптар күшейді. Қазіргі таңда абоненттердің тұтынушылық сипаттамалары мен төлем қабілеттілігін ескеретін, аудандардың тұрғын аймақтарын қамтитын қазіргі заманғы кеңжолқты абоненттік желілерді құру мәселелерін шешу үшін бірнеше тұжырымдамалар әзірленді. Барлық тұжырымдамалар іс жүзінде Fiber To The X немесе FTTx технологиясы бойынша жұмыс істейтін талшықты-оптикалық байланыс желілерін пайдаланады, олар өткізу қабілетін едәуір арттырады және жаңа кеңжолқты байланыс қызметтерін енгізуге мүмкіндік береді.

Өз жұмысымда мен FTTx технологиясының екі тұжырымдамасын қарастырамын, атап айтқанда: FTTB және FTTH. GPON технологиясының мысалында талшықты - оптикалық кабельді төсеу кезінде берілетін сигналдың сапасына өшуліктің әсерін талдау жүргізіледі. Өйткені телекоммуникациялық жүйелер жетілдірілген сайын адамның деректерді жіберу жылдамдығына қажеттілігі айтарлықтай арта түседі, ал өткізу қабілетіне елеулі әсер ететін ең маңызды параметрлердің бірі өшулік болып табылады. Бұл талдау жүргізудің басты себебі болды.

Жұмысымның бірінші бөлімінде мен мақсатпен және міндеттердің қойылуымен таныстырамын, GPON технологиясына толық шолу жасап, желі құрамының құрылымын және оптикалық талшық материалында энергияның жұтылуына байланысты өзіндікөшуліктер, Рэлеетіңжарық шашырауымен байланысты өшуліктер. Сондай-ақ, GPON технологиясындағы сигнал қуатын жоғалтудың барлық мүмкін болатын нұсқаларын қарастырамын.

Екінші бөлімде оптикалық кабельдердің параметрлерін өлшеу құралдары және талдау жүргізу кезінде пайдаланылған жабдықтар таныстырылады.

Дипломдық жоба бөлімінің үшінші бөлігінде менің жұмысымның есептік бөлігі ұсынылады, онда теорияны практикамен салыстырып, талдау жүргізіледі.

Жасалған жұмысты негізге ала отырып, түпкілікті қорытындыны сауатты жасауға тырысамын.

## 1 GPON технологиясына шолу

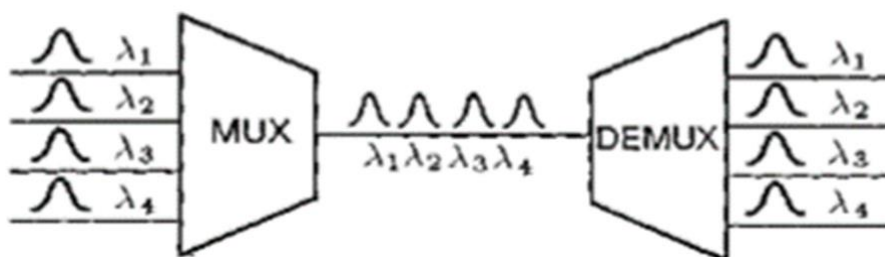
### 1.1 GPON желісінің құрылымы

Gigabit Passive optical network (GPON) – PON технологиясының стандарттарының біріне жататын және 2,5 Гбит/с дейінгі төмен ағында, ал кіріс ағында 1,25 Гбит/с дейінгі өткізу қабілеті бар гигабитті пассивті оптикалық желі.

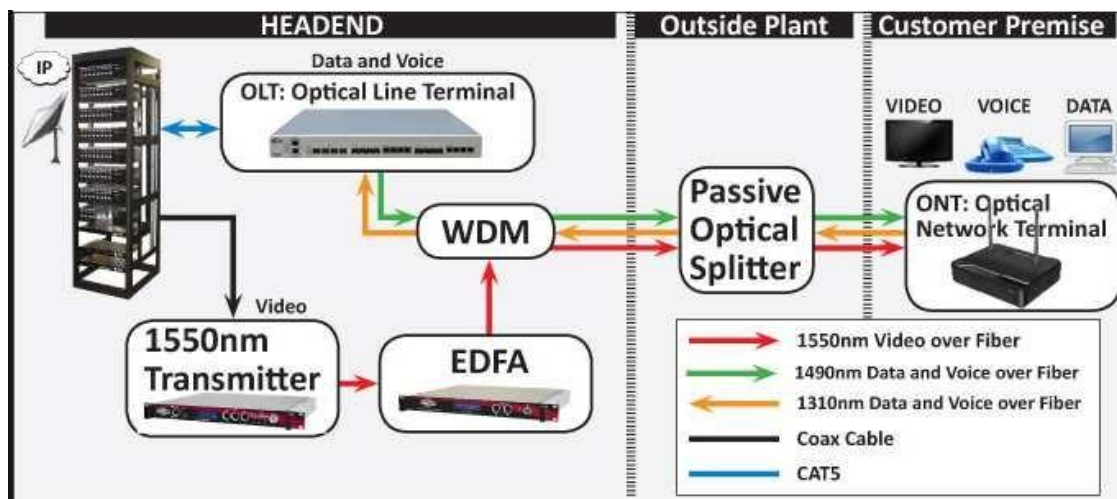
GPON технологиясында OLT белсенді жабдықтарынан ONT пассивті жабдығына тікелей (төмен түсетін) ақпараттық ағындарды жіберу үшін 1410 нм толқын ұзындығы қолданылады, әр түрлі абоненттік тораптардан орталық станциялық торапқа кері (өрлемелі) ақпараттық деректер ағынын бірге құрайтын деректердің кері ағындары 1310 нм толқын ұзындығында беріледі. Шығыс және кіріс ақпараттық деректер ағынын бөлуге арналған WDM мультиплексорлары қазіргі заманғы OLT және ONT жабдықтарының ішіне орнатылған.

Оптикалық байланыс жүйелерінде толқын ұзындығы бойынша бөлетін мультиплекстеу әдісі қолданылады, оны әдетте толқындық мультиплекстеу деп атайды. Бүгінгі күні бұл әдіс WDM технологиясының таралуына байланысты GPON оптикалық тарату жүйелерінде кеңінен қолданылады. Толқындардың мультиплекстеу әдісінің мәні бірнеше оптикалық тасымалдаушыларды  $\lambda_i$  (таратушы жағында) біріктіру және жекелеген тасымалдаушыларды, мәселен,  $\Phi_i$  сүзгілері арқылы қабылдаушы жағында сүзгілеу арқылы алынған сигналды  $\Sigma \lambda_i$  кейін бөлуден (демультиплекстеумен) бір талшық арқылы жіберу болып табылады 1.1-сурет [1,16 б.].

WDM бір талшықтан жалпы тарату жылдамдығын бірнеше рет (2-ден 160 есеге дейін) ұлғайтуға мүмкіндік береді, біз дәл қазір қолжетімді өткізу қабілетін барынша ұлғайтудың әсерлі перспективаларын үйренеміз[1, 10-б.].

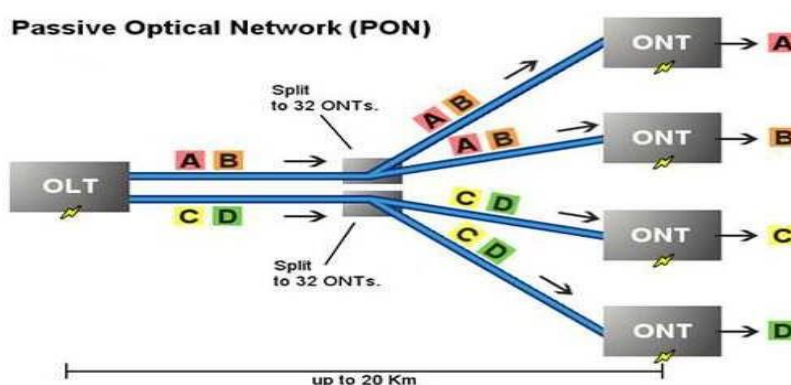


Сурет 1.1 – Толқынды мультиплекстеу және демультиплекстеу схемасы



Сурет 1.2 – GPON желілеріндегі ақпаратты беру принципі

Барлық абоненттерге әр бағытта байланыс арнасын өткізудің тең бекітілген кепілді жолағы бөлінеді. GPON бір тасымалдау ортасы бойынша ақпарат ағынын коммутациялайтын gfp (generic framing protocol) көліктік протоколын пайдаланады 1.3-сурет.



Сурет 1.3 – Ақпаратты абонентке қарай тарату

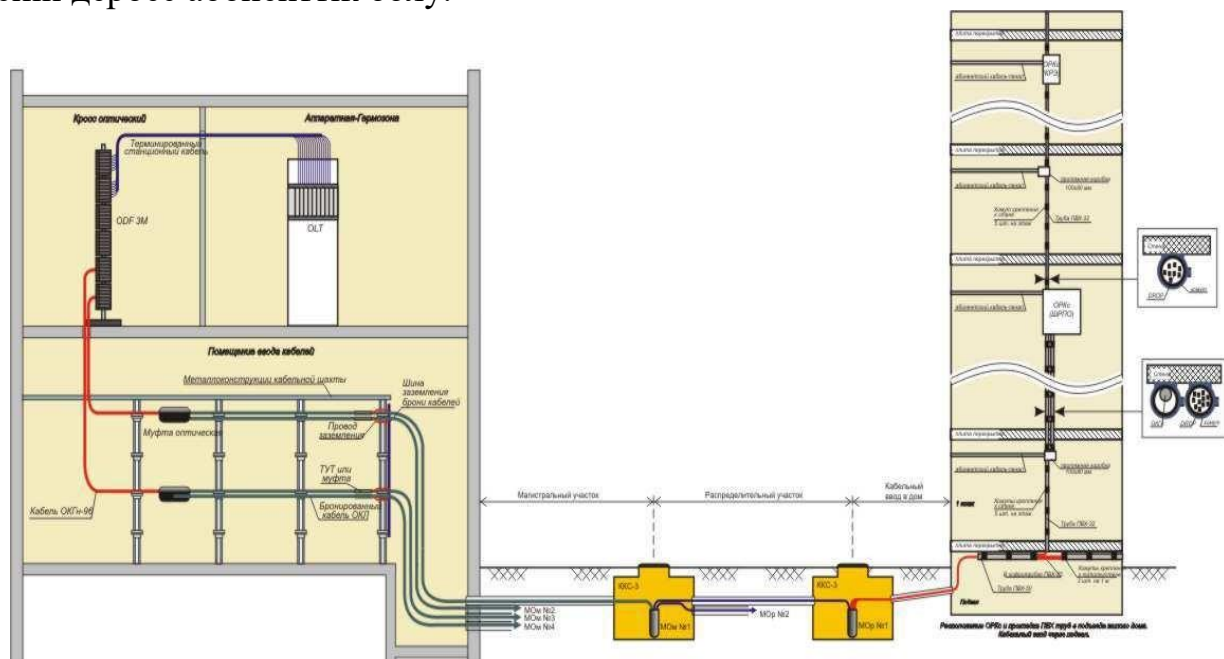
GPON технологиясы жалпы тарату ортасын пайдаланады, бұл барлық деректер ағындарын шифрлеу қажеттілігіне әкеледі. GPON-да төмендеу ағынын шифрлеу Advance Encryption Standard (AES) шифрлау стандартын қолдану арқылы жүргізіледі. Бұл соңғы пайдаланушылардың жеке ақпаратының қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді [2, 9-б.]

GPON жүйесіндегі оптикалық пассивті желінің құрылымы үш негізгі учаскеден тұрады:

- а) станциялық учаскеге OLT белсенді жабдығы және тығыздығы жоғары оптикалық кросс кіреді, олар орталық желілік торапқа (CO) орнатылады;
- б) желілік учаске станциялық және абоненттік учаске арасында орналасқан (ODF және ОРКСп арасындағы учаске)ВОК, муфталар, шкафтар, тарату қораптары, сплиттерлер, коннекторлар және қосқыштардың жиынтығын

қамтиды;

с) абоненттік учаске – бұл ортақ тарату құрылғыларының элементтерінен оптикалық розеткаға және пәтердегі, ғимараттағы ONT белсенді жабдығына дейін дербес абоненттік бөлу.



Сурет 1.4 – GPON желісінің жалпы құрылымы

GPON желісінің магистральдық учаскесі барлық пассивті оптикалық желінің негізгі элементтерінің бірі болып табылады. GPON желісінің кростан (ODF) оптикалық тарату шкафына (ОРШ) немесе осы тораптық ауданның немесе АТС қызмет көрсету аймағында орналасқан сплиттерлері бар муфтаға дейінгі учаскесінде ОТ магистралды бөлу жүргізіледі.

Магистральдық учаскенің басты міндеті – талап етілетін ОТ санын топология мен кабель канализациясының сыйымдылығын ескере отырып, барынша оңтайлы түрде абоненттердің шоғырланған тобына неғұрлым жақын жеткізіп тарту.

Екі каскадты жүйеде ұсынылған сплиттеу коэффициенті 32-ге тең, яғни бірінші каскадта 1:4, ал екінші каскадта 1:8.

Таратқыш ТОК ОТШ-дан тұрғын үйге кіргізгенге дейін (ОТК; ОТКсп.) төсеуді қолдану түрлері бойынша (кәрізде, топырақта, қолда бар тіреніштер бойынша) және ғимаратқа кіргізу түрлері бойынша негізгі сипаттамаларға сәйкес келетін біромодты талшықты (G. 652D) қолданумен пайдаланылуға тиіс:

- d) жерасты – жертөле немесе ғимараттың сыртқы қабырғасы арқылы;
- e) ауа – шатырлы үй арқылы (техникалық қабат) немесе ғимараттың сыртқы қабырғасы бойынша[2, 9-б].

## 1.2 Сигналды өзгертетін барлық болуы мүмкін сипаттамалар

Өшулік - өткізу қабілетін және оптикалық байланысты беру қашықтығын шектейтін негізгі факторлардың бірі болып табылатын тарату процесінде жарық сигналының қуатының жоғалуы.

Оптикалық сигналдарды тарату кезінде талшықтың ішінде  $P$  қуатын жоғалтудан туындаған және жарық толқындарының/бөлшектердің талшықты ортамен өзара әрекеттесуінің әртүрлі сызықтық және сызықтық емес механизмдерімен шартталған оның экспоненциалды өшулігі орын алады. Қуаттың жоғалуының негізгі себептері жұтылу және шашырау механизмдері болып табылады. Толқын ұзындығы бойынша өшудің өзгеру заңы [1, 291-б]

$$P = P_0 \exp(-\alpha L) \quad (1.1)$$

ондағы  $P_0$  - талшыққа қуат;  $L$  - талшық ұзындығы;

$\alpha$  - өшуліктің тұрақтысы, немесе талшықтағы шығын.

Осы формуланы пайдалана отырып, дБ/км-де  $\alpha_{\text{дБ}}$  меншікті шығындарын бағалау үшін өрнек шығаруға болады.

$$\alpha_{\text{дБ}} = -\left(\frac{10}{L}\right) \log\left(\frac{P}{P_0}\right) = 4,343\alpha \quad (1.2)$$

Жалпы түсінікте өшулік  $\alpha_k$  бұруға негізделген  $\alpha_c$ -тағы кәбілдік деп аталатын өзіндік шығындармен, сондай-ақ оптикалық кабель төсеу барысында жабындар мен қорғаныс қабықтарын салу кезіндегі оптикалық талшықтардың деформациясымен және майыстырылуымен детерминацияланады [3, 147-б.]:

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_k \quad (1.3)$$

Техникалық шарттарды сақтау кезінде өндірістің қазіргі зманғы деңгейінде кабель шығындары тарапынан салым барынша аз болуға тиісті.

Өз шығындар деген бұл  $\alpha_n$  сіңіруде және шашырауы  $\alpha_p$  шашыраудағы шығындарды білдіреді:

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_p \quad (1.4)$$

Бұл санатқа жатқызылған шығын көздері талшықты дайындау технологиясын жетілдірумен анықталады және талшықтың қандай да бір түрі үшін тұрақты болып табылады. Талшықты-оптикалық кәбілдерді пайдалану



кезіндегі тәжірибеге сүйенетін болса, ұзақ уақыт аралықтары барысында (шамамен 10 жыл) ОТ километрлық өшулігі өзгермейді.



Сурет 1.5 – Оптикалық кабельде өшуліктің жіктелуі

Оптикалық талшық арқылы сигналдың таралуынан туындаған шығындар, талшықтың енгізілуіне жеткізілетін қуаттың бір бөлігі сәулелердің бұзылуына және олардың жарықтылығын қоршаған кеңістікте өзгеруімен байланысты таралғандықтан, қуаттың басқа бөлігін талшық материалының (кварц шыныдағы шығын (ультракүлгін және инфрақызыл сіңіру) өзі де, джоуль жалудының түрінде бөлініп басқа қоспалар да сіңіріп алады. Кейбір қоспалар металл иондары(никель, темір, кобальт және т.б.) немесе резонанстық өшуліктің пайда болуына әкелетін гидроксильді топтар (ОН)болуы мүмкін . Нәтижесінде жалпы жоғалту мына өрнекпен анықталады:

$$\alpha = \alpha_{\text{ли}} + \alpha_{\text{лт}} + \alpha_{\text{р}} + \alpha_{\text{к}} \quad (1.5)$$

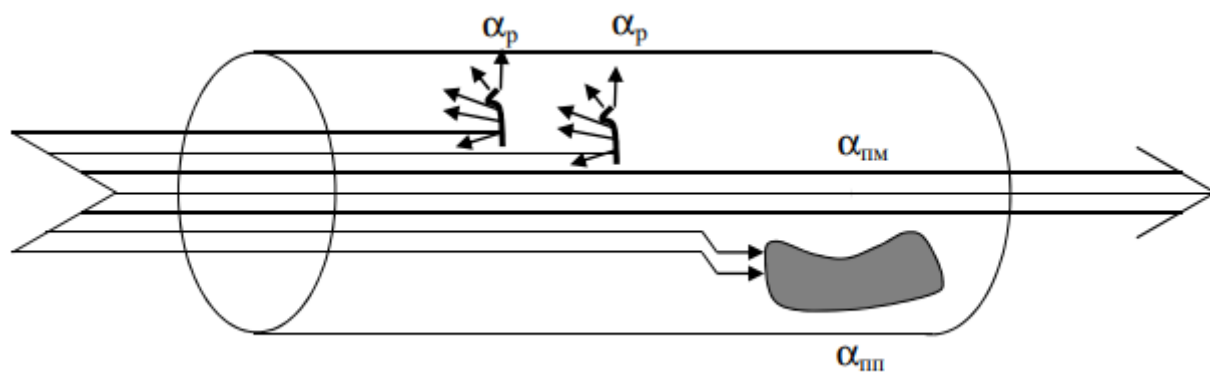
Оптикалық кабельде өшудің жоғарыда сипатталған жіктелуі 5-суретте көрсетілген.

### 1.2.1 Өзіндік өшуліктер

Материалдың өзіндік ішкі сіңірілуі тек таза кремнийден туындаған шығындар болып табылады, ал сыртқы шығындар — бұл бізді қызықтыратын мөлдірлік терезелерінде сіңірудің маңызды көздерін құрайтын темір, мыс,

никель, магний және хром оптикалық талшықтардағы қоспалардың болуымен туындаған шығындар. Оның молекулалық құрылымының арқасында әрбір нақты материалда толқындардың белгілі бір ұзындықтарының сигналын сіңіру бар. Кремнийдің қос тотығы жағдайында ( $\text{SiO}_2$ ) толқын ұзындығы  $\lambda < 0,4$  мкм үшін ультракүлгін аймақта электронды резонанстар болады. Сонымен қатар инфрақызыл аймақта тербелмелі резонанстар бар, онда  $\lambda > 7$  мкм болады. Оптикалық толқынның материалы болып табылатын кремнийдің балқытылған қос тотығы (шыны) табиғаты бойынша – аморфты. Сондықтан бұл резонанстар жұтылу жолақтары түрінде болады, олардың қалдықтары көрінетін спектр аймағына тарайды. Екінші және үшінші ашықтық терезелерінде бұл жұту түрі 0,03 дБ / км-ден аспайтын деңгейде үлес қосады. Оптикалық талшық өндірушілері жарық сигналын беру үшін басқа материалға өтетін болмаса, бұл жұтуға әсер ете алмайды[4].

Электрмагниттік энергияны тарату кезінде туындайтын негізгі шығындар механизмі 6-суретте көрсетілген.



- $\alpha_p$  – тұрақты емес шашырау;
- $\alpha_{шп}$  – қоспаларға байланысты сіңіру;
- $\alpha_{тм}$  – талшық материалында сіңіру.

Сурет 1.6– Жарық өткізгіштердегі негізгі шығындардың механизмдері

### 1.2.2 Оптикалық талшық материалында энергияны сіңіруден болған өшулік

Сыртқы жұтылу шығындары оптикалық талшық қоспаларымен әкелді. Жетілдірілген өндіріс технологиялары бұл шығындардан өте төмен деңгейге дейін үлес қосты. Бұл шығын тобына келесі қоспалар үлес қосады:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  және гидроксиль тобының иондары. Қазіргі заманғы өндіру процесінде осы металдардың мазмұны бір миллиардтаған бөліктен аз шамаға дейін төмендетілді және, демек, олар жалпы сыртқы жұтылу шығынына өте аз үлес

қосады[4].

Жұтылудан болған шығын формуласы [1, 293-б]:

$$\alpha_n = \frac{C_m}{\lambda} = \frac{27,29 n \operatorname{ctg} \delta}{\lambda} \quad (1.6)$$

Мұндағы  $C_m$  коэффициенті  $= 27,29 n \operatorname{ctg} \delta$ ;

$\operatorname{tg} \delta$  – тангенс угла диэлектрических потерь материала сердцевины  $\operatorname{tg} \delta$  –  $10^{-12}$ -ден  $2 \cdot 10^{-11}$ -ге дейінгі диапазондағы мәндерді қабылдайтын ОТ өзегі материалының диэлектрлік шығын бұрышының тангенсі;

$n$  – ОТ өзегінің сыну көрсеткіші;

$\lambda$  – толқын ұзындығы, км.

Шығын формуласы тек өзгеру үрдісін түсіндіреді және жұтуға кеткен шығынның нақты өлшемі бола алмайды.

Қоспаны сіңіруге қатысты тағы бір маңызды қоспа – ОН иондар түрінде болатын су. Ол шыныда иондардың құрамына оны өндіру процесі әсер етеді. Оған 1480 нм толқын ұзындығының ауданында айқын белгіленген ең жоғары жұту сәйкес келеді. Ол әрдайым бар. Сондықтан осы шыңның ауданындағы спектр аймағы үлкен шығындарға байланысты іс жүзінде пайдаланылмайды. Дегенмен, 1970 жылға қарай дайындалатын оптикалық талшық таза болып (99,9999%), ал қоспалардың болуы талшықтаңы өшуліктің басты факторы болып қалатынын атап өткен жөн [5,20-бет].

Өшуліктің одан әрі азайуына Рэлей шашырауы деп аталатын жарық шашырауы кедергі келтіреді.

### 1.2.3 Рэлей жарық шашырауынан болатын өшулік

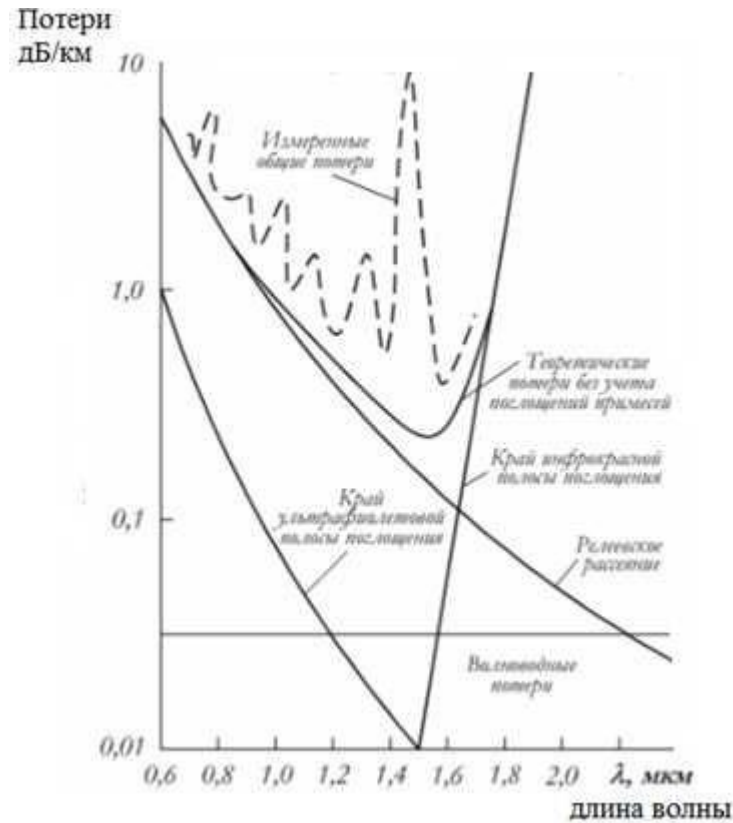
Бұл шығын түрі ішкі болып табылады және жылдам тығыздықтың флуктуацияларынан және талшықтың ішкі құрылымының жетілмегендігі есебінен молекулалардың шоғырлану вариацияларынан туындаған: ауа көпіршіктері, тегіссіздік және жарықтар немесе қабық өзегінің жалпы жүйесіздігінен туындаған бағыттаушы толқынның жетілмеуінен туындаған.

Инфрақызыл және ультракүлгін құйрықтарды сіңіру айтарлықтай аз болатын 1550 нм ауданындағы жұтылу қисығында нүкте болады. Осы нүкте айналасындағы Рэлей шашырауы жалпы шығындардың басты құрамдас бөлігі болып табылады. Рэлей шашырауы толқын ұзындығына пропорционалды. Толқын ұзындығының өсуімен шашырау жойылады. 1600 нм жоғары толқын ұзындығында инфрақызылды сіңіру үстем болады [4].

Оның өзгеру заңдылықтары мынадай:

$$\alpha_p = \frac{C_p}{\lambda^4}, \text{ дБ/км}, \quad (1.7)$$

Ондағы  $C_p$ - кварц үшін  $0,7-0,9[(\text{мкм} \cdot \text{дБ})/\text{км}]$  тең шашырау коэффициенті;  
 $\lambda$  - толқын ұзындығы, мкм.

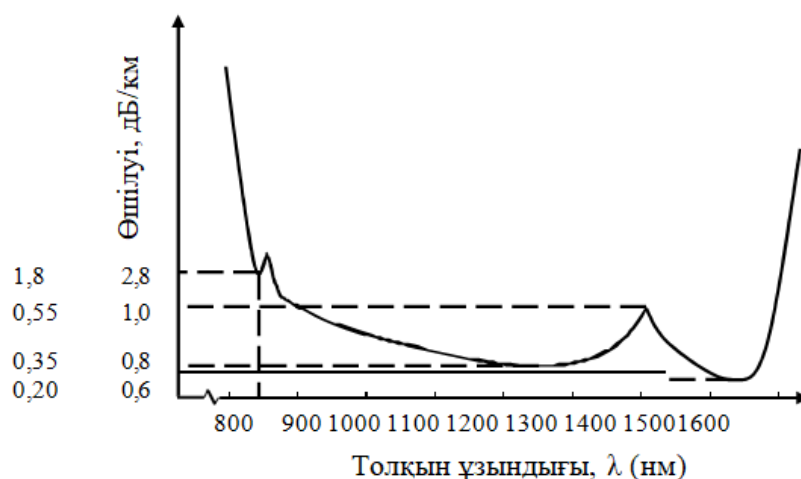


Сурет 1.7– ОТ-дағы энергия шығындарының негізгі құрауыштары

1.7-суретте әрқашанда ОТ өшуінің өсуіне әкелетін және көптеген факторларға тәуелді ОТ қосымша кабельдік шығындарды қоспағанда, толқын ұзындығынан болған негізгі құраушы шығындардың үлгілік тәуелділігі көрсетілген, бірақ өндірістің қазіргі деңгейінде кабельдік шығындар тарапынан салым ең аз болуға тиіс. 1500 нм қысқа толқындардың ұзындығында кварц оптикалық талшықтарда жоғалтудың негізгі себебі ультракүлгін жұтылу жолағының шеті емес, Релей шашырауы болып табылатыны көрінеді. Ультракүлгін және инфрақызыл сіңіру жолақтарының шеті оптикалық талшықтарды жасау үшін пайдаланылатын материалдарда маңызды рөл атқарады. Алайда, бұл материалдарда бізді қызықтыратын ұзындықтарда толқындардың жұтылуын тудыруы мүмкін қоспалар болуы мүмкін. Тіпті қоспалардың шамалы шоғырлануы шығын қисығында шындардың пайда болуына әкеледі. Сурет 1.7.

Су буына сәйкес келетін 1480 нм ауданындағы ең көп жұтылуға тән максимумды атап өткен жөн. Бұл шың әрдайым бар. Осы шыңның

ауданындағы спектр аймағы үлкен шығындарға байланысты қазіргі уақытқа дейін іс жүзінде пайдаланылмады. Алайда, соңғы жылдары оптикалық талшықта будың болуын болдырмайтын оптикалық талшықтарды дайындаудың принципті жаңа технологиясы әзірленді, бұл жаңа мөлдірлік терезесін берудегі жаңалық туралы айтуға мүмкіндік берді [6, 106-б.].



Сурет 1.8 – Оптикалық талшықтардағы өзіндік шығындар

Ішкі шығындар мына формуламен интерполяцияланады (2.8)

$$\alpha = K_{\text{рел}} \lambda^{-4} + \delta_{\text{ОН}}(\lambda) + C e^{-k/\lambda} \quad (1.8)$$

Мұндағы  $\delta_{\text{ОН}}(\lambda)$  1480 нм кезіндегі максимум жағдайында қосындылардағы жұтылу шыңын білдіреді, ал бірінші және соңғы қосылыстар тиісінше Рэлей шашырауына және инфрақызыл жұтуға сәйкес келеді ( $K_{\text{рел}} = 0,8 \text{ мкм}^4 \cdot \text{дБ/км}$ ;  $C = 0,9 \text{ дБ/км}$ ;  $k = 0,7-0,9 \text{ мкм}$ ; деректер кварц үшін беріледі).

1.8-суретте төрт негізгі параметрлердің (мөлдірліктің үш терезесінде 850, 1300 және 1550 нм өшу минимумдары және 1480 нм толқын ұзындығында сіңіру шыңдары) сипаттамалық мәндерін көрсете отырып, қазіргі заманғы бір модалы талшықтарға арналған меншікті жоғалтулардың спектрлік тәуелділігінің жалпы түрі келтіріледі [5, 21-б.].

#### 1.2.4 GPON сигнал қуатын жоғалтудың барлық мүмкін түрлері

Оптикалық байланыс желісінің негізгі шектелуі оптикалық энергетикалық бюджет болып табылады. Оптикалық бюджет – кіру және шығу сигналының оптикалық шекаралары немесе кіру тоқтаған сәтке дейін сақталатын мүмкін жоғалтулар. Оптикалық бюджеттің типтік есебі желінің

архитектурасы мен технологиясына байланысты шығындарды ескеруге тиіс, оптикалық желі үшін OLT (таратқышта) белсенді жабдықта талшықты қосудан ең алыс абонентке дейін (қабылдағышта) орындалады.

- GPON пассивті желісінде шығындар көзі мыналар болып табылады:
- оптикалық талшықтың толық өшуі: оның ұзындығы мен толқынның белгілі бір ұзындығына байланысты. Толқын ұзындығы 1310 нм болғанда талшықтың өшу коэффициенті (G. 652D ұсын.бойынша) – 0,34-0,4 дБ/км;
- қосқыштардағы толық шығындар (ажыратқыш қосылымдар): әрбір қосқыштағы жоғалтуларға және олардың жалпы санына байланысты. Бір ажыратқыш қосылымға шығын нормасы— 0,2 — 0,3 дБ құрайды;
- талшық тармақтағыштарындағы шығындар: тармақталу (сплиттеу) коэффициентіне байланысты (1-кесте);

Кесте 1.1 – Енгізілетін шығындардың мәніне қойылатын талаптар (Insertion Loss)

Параметрлер	Сплиттерлердің сипаттамасы					
	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64
Енгізілетін шығындар(InsertioLoss)dBm	≤3,5	≤7,4	≤10,6	≤14,1	≤17,5	≤21,2

- пайдалану қоры (жөндеу жұмыстарын жүргізу кезіндегі өсінділер мен ендірмелер) — 3 дБ;
- айыппұл шығындары (төсеу кезінде кабельдердің майысу шығындары) - 1 дБ.



Сурет 1.9 – GPON оптикалық желісінің шығындары



Оптикалық желі учаскесінде пайда болатын барлық шығындардың сомасы өшуліктің энергетикалық бюджеті болып табылады. Есептеу кезінде жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде қосымша өсінділер мен қосымшалар түріндегі технологиялық қорды, сондай-ақ ОТ табиғи тозу қорын ескеру қажет. Жалпы алғанда, OLT станциялық портынан АТС-ке дейінгі барлық трактты толық орындаған соң, пәтерде ONT абоненттік желісіне дейін 3 дБ қуат бюджетінің қорын қалдыру ұсынылады.

Әрбір арнаға OLT-ONT<sub>i</sub> (i=1...N, ондағы N-абоненттік аяқталулар саны) тікелей (d) және кері (u) ағындардағы шығындарға арналған шарттарды сипаттауға болады:

$$ad = +3 + Li + WL + RLi + CLi - \text{Қор-Айыппұл } d, \text{ dBm}; \quad (1.9)$$

Мұндағы Li – i арнаның ұзындығы, км;

ad және au – тура және кері ағындардың ұзындығындағы ОТ-дағы үлестік өшулік, дБ;

WL – WDM мультиплексор сигналының әлсіреуі, дБ;

RLi – i арнадағы барлық коннекторлардағы (алмалы-салмалы қосылыстардағы) шығындар, дБ;

CLi – i арнадағы барлық ажыратылмайтын дәнекерлеу қосылыстарындағы шығындар, дБ;

SLi – i арнадағы барлық алынбайтын механикалық қосылыстардағы шығындар, дБ;

Айыппұл – талшықтың/компоненттердің тозуынан, сыртқы жағдайлардың әсерінен, хроматикалық және поляризациялық модалық дисперсиядан сигнал формасының бұрмалануынан сигналдың әлсіреуі, дБ.

Қор – жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде қосымша өсінділер мен ендірмелер түріндегі технологиялық қор, дБ.

Айыппұл толқын ұзындығына байланысты болуы мүмкін, алайда, бұл ретте барлық осындай шығындарды 1 дБ шамасымен жиынтық бағалау ұсынылады.

## 2. Оптикалық кабельдердің параметрлерін өлшеу құралдары

Талшықты-оптикалық байланыс желілерін төсеу және пайдалану процесінде олар негізгі сипаттамаларды кезең-кезеңімен өлшеу арқылы техникалық параметрлерді үздіксіз бақылауды қажет етеді, солардың негізінде оның жекелеген учаскелерінің де, сондай-ақ тұтастай магистральдың жұмыс істеу сенімділігі туралы қорытындылар жасалады.

### 2.1 Оптикалық кабельдердің геометриялық параметрлерін өлшеу құралдары

Микрометрлердегі ОТ әдеттегі өлшемдері: 8/125 (көптеген елдерде бекітілген бір модальды талшықтарға арналған өзек пен қабық диаметрлерінің стандартталған арақатынасы). Сондай-ақ ООТ қабықтың диаметрі 125 мкм және өзегінің диаметрі 8 -9 мкм болуы мүмкін. Өлшемдерге стандарттар:

- өзектің диаметрі  $\pm 6\%$ -ға тең, қабықтың диаметрі 2,4-4% құрайды; концентрацияланбаған 6%, өзек пен қабықтың эллиптілігі тиісінше 6% және 2,4%.

- Дайындамадан тартып алумен АТ алған кезде геометриялық форманың ауытқуы талшыққа беріледі. 2-ден 25 мм-ге дейінгі диаметрі бар бастапқы дайындаманың жоғары сапалы ОТ алу үшін егжей-тегжейлі бақылау қажет. Пайдаланылатын дайындамалардың өзіне тән өлшемдері: диаметрі  $7 \square 10$  мм, ұзындығы 100-500 мм

Көлденең геометриялық параметрлерді өлшеу. Иммерсиялық-оптикалық әдістің мәні үшін зерттелетін ОТосыған ұқсас ПП-мен иммерсиялық ортаға батырылудан және көлденең қиманың бейнесін оптикалық аспаптармен бақылаудан тұрады. Ұзындығы 100 мм асатын дайындаманың геометриялық параметрлерін өлшеуді алу үшін "ЧП" үлгілі сағаттық проектор қолданылады. Талшықтарды, фокондарды өлшеу үшін заманауи өлшеу микроскоптары қолданылады. Ең жоғары және ең төменгі диаметрлерге арналған иммерсиялық сұйықтық қабығы мен қабығы - өзекшенің өтпелі шекараларының координаттарын өлшеу көрсеткіштерін жазып алады (дайындаманы иммерсиялық сұйықтығы бар кюветте бұрады, диаметрлердің максимумдары мен минимумдары көзбен шолып анықталады). Мақсатты координаттардың айырмашылығы бойынша ең жоғары және ең төменгі диаметрлер мен басқа да геометриялық параметрлерді анықтайды. Бұл әдіс дайындаманың құрылымын көзбен шолып зерттеуге, ішкі ақаулар - жыланкөздер, көпіршіктер, қосулар, жарықтар - және көлденең өлшемдерден басқа, оның жұмыс ұзындығын анықтауға жол береді.

ОТ өзегінің диаметрін өлшеу. Оның кез келген нүктесінде ОТ өзекшесінің диаметрін бұзбайтын әдіспен өлшеу оның оптикалық осінің қалыпты иілуін ОТ-да бұруға негізделген әдісті қамтиды.

Иілген оттардың жарық өткізгіштігі иілу радиусының өзегінің радиусына қатынасы шамасына байланысты. Алдымен жарық өткізгішке сәйкес келетін өзегінің диаметрі мен сыну көрсеткіштерімен үлгілік оттардың майысу радиусына тәуелділігі анықталады. Осы тәуелділікті негізге ала отырып, жұмыс нүктесінің иілу радиусынан Жарық өткізудің анық көрінетін тәуелділігін учаскеде болуын қамтамасыз ететін иілу радиусы анықталады. Оптикалық талшықты өлшеу қондырғысы арқылы созуды жүзеге асырады. Егер оптоалшық өзегінің диаметрі өзгеріссіз қалса, салыстыру құрылғысының кірме тесіктеріне фотоқабылдағыштан және есте сақтау құрылғысынан бірдей сигналдар түседі, ал салыстыру құрылғысының шығысында келісу сигналы нөлге тең болады.

Бұл тәсіл сандық апертура, өзектің және қабықшаның сыну көрсеткіштерінің айырмасы сияқты басқа параметрлерді және осы сыну көрсеткіштерінің мәндерін шын мәнінде бақылау үшін де қолданылады[7, 155-б.].

## **2.2 ТОВЖ компоненттерінің оптикалық параметрлерін бақылау аспаптары мен әдістері**

ОТ параметрлерін бақылау әдістері. Талшықты оптика бұйымдарының метрологиялық негізі оптикалық сәуле шығару қуатын өлшеуді қамтиды: сәуле шығару қуатын электрлік сигналға түрлендіргіш көрінетін және ИК-диапазонның электромагниттік толқын параметрлерін өлшеудің кез келген құралында қолданылады.

ОТТЖ-да мүмкін болатын өлшеулердің барлық жиынтығын екі топқа біріктіруге болады: жүйелік және пайдалану өлшеулері. Жүйелік өлшеулер оптикалық рефлектометрдің көмегімен ОТ бүтіндігін диагностикалауды қамтиды, ал пайдалану өлшеулері беру параметрлерінің есептік мәндеріне сәйкестігін анықтау үшін жауап береді. ТОВЖ жобалық параметрлеріне сәйкестігін және жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыз ету жүйелік және пайдалану өлшеулерінің кешенін орындау негізінде мүмкін болады.

Қажетті өлшеулер жиынтығы қолданылатын ОТ түріне байланысты және бірідтық ОТ үшін келесі параметрлерді өлшеуді қамтиды: өшу, хроматикалық және поляризациялық дисперсиялар, кесу толқынының ұзындығы, модтық дақтың өлшемі.

ООТ-да өшуді өлшеу МОВ-ға қарағанда оңайырақ. ООТ-да өткізу жолағы хроматикалық дисперсия ғана байланысты болғандықтан, дисперсия импульстік сипаттама ішінен орнатылуы мүмкін (кіріс пен шығыстағы импульстер пішімін салыстыру жолымен). Кесілген бөліктің толқын

ұзындығын ОТ қысқа кесілген бөлігімен қысқа сәулелену ағынының кең спектрін беру және спектр құрамдастарының әлсіреуін өлшеу арқылы анықтауға болады. Оптикалық кабельдің диаметрі екі нүкте арасындағы арақашықтық ретінде анықталады, атап айтқанда қарқындылығы оның ең жоғарғы мәнінен  $1/e$  есе аз.

ТОБЖ пассивті элементтері үшін енгізілетін шығындар, қайтарылатын шығындар, кірістірудің қайталануы параметрлері өлшенеді. Мысалы, коннекторлар үшін енгізілетін шығындарды өлшеу жарық диодының, екі қысқа ОК, екі тестіленуші коннекторлардың және қуат өлшеуішінің көмегімен анықталады. Алдымен коннектормен бірінші ОК арқылы өтетін қуатты өлшейді. Содан кейін қосылған екінші ОК шығу қуаты өлшенеді. Қайталану коннекторлардың бірнеше қосылыстары үшін өлшеу жолымен анықталуы мүмкін. Қайтарымды шығындар берілетін оптикалық қуаттың көрсетілген қуатқа қатынасы ретінде анықталады, өлшем бірлігі дБ-да көрсетіледі. Қайтарымды шығындарды рефлектометр арқылы анықтауға болады.

Жүйелік өлшеулер ОТ бүтіндігін, бит қателіктерінің жиілігін, сезімталдығын және көз диаграммасын өлшеуді жүргізуде сипатталады. Ең көп таралған және пайдаланылатын аспап болып табылады ОТ үзілу орнын анықтау үшін қолданылатын рефлектометр. Сондай-ақ, сезімталдықты анықтау үшін BER-талдағыш қолданылады.

Дала жағдайында негізгі өлшеу түрлері мыналар:

- оптикалық қуаттың спектрлік біркелкілігін бағалау үшін қажетті арна қуаты;
- арналық интервалдар толқынының орталық ұзындығы;
- сигнал/шуыл қатынасы;
- қарама-қарсы кедергілер деңгейі;
- ОТ-дағы сызықтық емес құбылыстардың үлесін бағалау үшін қажетті жиынтық оптикалық қуат;
- поляризациялық модтық дисперсия.

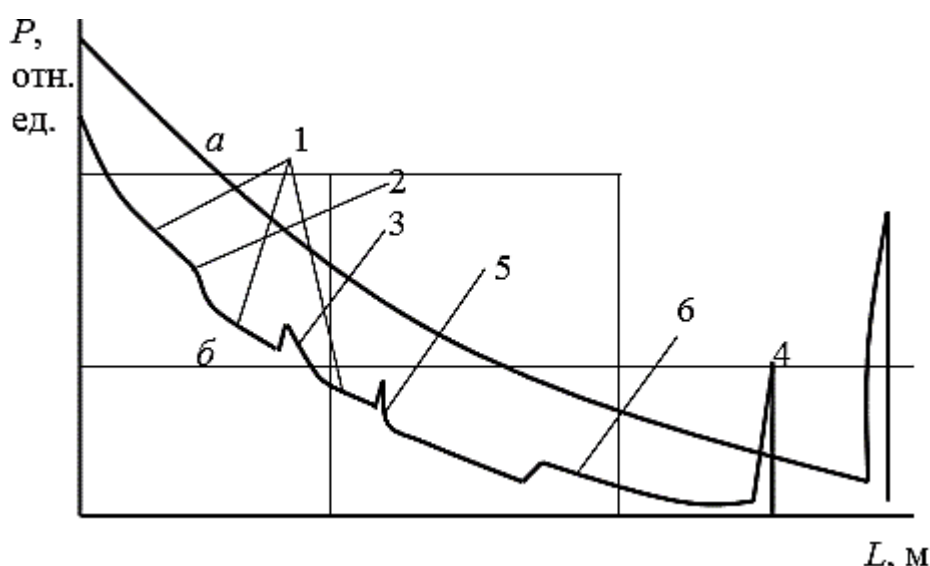
ОТ ұзындығы бойынша бөлінген өшу және трафик толқынының ұзындығына шашырайтын біркелкі емес сәулелерді анықтау үшін қолданылатын әдістер мен аппаратураны қарастырайық.

Кері шашырау әдісі ТОВЖ салу және пайдалану кезінде кеңінен қолданылады, өйткені есептердің көпшілігі үшін жеткілікті дәлдікпен бір ұшында бір уақытта және жылдам бірнеше ОТ параметрлерін өлшеуге жол береді. Кері шашырату әдісінде шашыраңқы және жергілікті біркелкі емес шағылысудың арқасында онымен өтетін зондирлеуші сигнал кезінде пайда болатын артқа шашыраңқы сәуле шығару ағынының уақытша өзгерісі тіркеледі. Бұл әдіс ОТ дисперсиясы және ТОВЖ жалғағыш муфталарында өшу шамасын бағалауға, ОТ ұзындығы бойынша жергілікті біркелкіліктің таралуын өлшеуге, оптикалық желі монтажының сапасы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. ТОВЖ ұзындығы бойынша біркелкілікті бөлу функцияларын пайдалану барысындағы мерзімдік өлшеулер ТОВЖ-ның істен шығуын болдырмауға мүмкіндік береді [7, 156-158-б].

2.1-суретте кері шашырау ағынының осциллограммасының типтік формалары келтірілген. А тәуелділігі мінсіз жарық өткізгішке сәйкес келеді және ПОР қарқындылығының бірқалыпты азаюымен сипатталады. Б сызығы тұрақты емес (біркелкі емес) жарық өткізгіштерге тән түрге ие.

Біркелкі учаскелерде экспонент бойынша қарқындылық азаяды (1-учаске). 2 өшу серпіні жарық өткізгіште немесе оны дәнекерлеу орындарында және ОК ажыратпасында ақаулар тудырады. Өшу серпіні ОТ осы нүктесіндегі шығындарға пропорционал. ОТ-дағы жергілікті бөгде қоспалар немесе ауа көпіршіктері 3 шығарынды түрі бар шағылысуды тудырады. Жарық өткізгіштің соңы 4-формадағы шағылысқан сигналмен сипатталады. Жақсы сынғыш беттер үшін шағылысу коэффициенті 0,04 тең, ал тегіс емес және ластанған шекаралық беттер үшін ол 10-4 мәніне дейін азаяды.

Ажыратпалар келісілмеген немесе ОТ жалғанған жағдайда, шағылысу және өшу сигналының пішімі 5-импульс түрінде болады. ОТ-ны әртүрлі ПОР-мен дәнекерлеу кезінде 6 серпін пайда болады, ол бірінші бөлікпен салыстырғанда ОТ-ның екінші бөлігінде кері шашыраудың үлкен шамасы жағдайында оң болуы мүмкін. ОТ бірқалыпты учаскелердегі ПОР қисығының түрі құлдырайтын экспонентті білдіреді. Өшуліктің күрт өсуі ОТ осы нүктесіндегі жоғалтуларға пропорционал. ОТ біртекті емес ұзындығы шығарындылар түріндегі шағылысуды тудырады. Кері шашырау әдісінің аспаптық қателіктері өлшенетін шашырау ағыны деңгейлерінің осциллограммасы бойынша есептеу қателігімен ( $\pm 0,1 \div 0,3$  дБ), сондай-ақ  $z_1$  және  $z_2$  ОТ ағымдағы координаттары мәндерінің қателіктерімен анықталады. Кейбір аспаптарда қателіктерді азайту мақсатында қашықтықты анықтау аспаптарға кіріктірілген арнайы микропроцессорлардың көмегімен цифрлық нысанда орындалады.



Сурет 2.1 – Кері шашырау осциллограммасының қалыпт пішіні: а- тегіс ОТ; б- нақты ОТ.

Кері шашырау әдісімен ОТ өшуін өлшеудің әдістемелік қателіктерін бағалау кезінде туындайтын негізгі мәселе осы ОТ-ның жұмыс режимінде болу шарттарына өлшеу жүргізу талаптарына сәйкес келеді. Тек бірдей жағдайларда ғана өлшеу нәтижелері маңызды болуы мүмкін. Бұл зерттелетін шығындардың көптеген механизмдерінің бірнеше топқа біріктіруге болатын бірқатар себептерге тәуелділігіне байланысты.

Себептердің бірінші тобы ОТ-ға сәулеленуді енгізу, оның модтық құрамын және бағыттталатын жоғары ретті модтың қозу деңгейімен байланысты. ОТ сәл майысуы жоғары ретті шашыраңқы қуаттың ұлғаюына әкеледі. Сондықтан қабық модын жою және жоғары ретті бағыттталатын модты басу қажет. Бұл талапты қанағаттандыруды қарапайым тексеру оның әртүрлі жағдайларында ОТ-ның сол бөлігінде қайта өлшеуден тұрады, себебі майысу үнемі бір жерде бола бермейді.

Себептердің екінші тобы әртүрлі ішкі механикалық ақаулар салдарынан энергияның шашырауымен анықталады. Деформациялар өлшеулер кезінде барабанда, топыраққа салғаннан кейін, ОТ-дағы деформациялардан айтарлықтай өзгеше болуы мүмкін.

Себептердің үшінші тобы дисперсиясымен байланысты. Дисперсияның шамасы зондирлеуші импульстің ұзақтығымен салыстырғанда жеткілікті аз болуы тиіс. Бұл шартты сақтамаған кезде А импульсінің кеңеюі, демек, оның амплитудасының азаюы байқалады.

Себептердің төртінші тобы мод энергиясын туннелирлеуге байланысты шығындардан туындайды. Бұл модельдер қабықшадағы өрістің экспоненциалды өшуінің аз коэффициенттерін қамтиды, нәтижесінде «қабықша-қорғаныс жабыны» шекарасы арқылы өрістің «ағуы» жүреді. Әлбетте, бұл эксперименталды алынған ПОР қисығы Рэлейдің шашырау және шоғырланған біркелкісіздіктердің жиынтығын білдіреді. ОТ бойынша таралатын шашыраңқы жарық импульсі экспоненциалды заң бойынша өшеді.

$$P(x) = P_0 \exp(-(\alpha_n + \alpha_p)z) \quad (2.1)$$

мұндағы  $\alpha_n$  – сіңірумен анықталатын өшулік;

$\alpha_p$  – сәулелердің шашырауымен анықталатын өшулік;

$z$  – ОТ басынан өлшеу нүктесіне дейінгі арақашықтық.

Жарық өткізгішпен алынатын шашыраңқы сәулелену ағынының шамасы:

$$Q = \frac{(NA)^2}{4n_c^2} = \frac{\Delta}{2} \quad (2.2)$$

мұндағы  $NA$  – сандық апертура;

$n_c$  – ОТ өзегінің сыну көрсеткіші;

$\Delta$  – сыну көрсеткіштерінің салыстырмалы әртүрлілігі.



$\delta x$  қашықтықты өлшеудің абсолютті қатесі  $t_{им}$  рефлектометрдің зондирлеуші импульсінің ұзақтығына және  $n_{ср}$  өзегінің сынуының топтық көрсеткішіне байланысты:

$$\delta x = \frac{t_{им} c_0}{2n_{ср}} \quad (2.3)$$

мұндағы  $n_{ср} = n_c \left[ 1 - \frac{\lambda}{n_c} \frac{dn}{d\lambda} \right]$ ,  $c_0$  – вакуумдағы жарық жылдамдығы.

Кері бағытта шашыраған сәулелену ағынының өшуі үшін өрнек:

$$\alpha_{o.p.} = 10 \left[ \lg \left( \frac{2}{\Delta} \right) + \lg \left( \frac{n_{ср}}{c \alpha_p t_{им}} \right) \right] \quad (2.4)$$

Кері шашыраудың қисығынан километриялық өшудің орташа мәні, дБ / км, оның ұзындығының бөлігіндегі  $(z_2 - z_1)$  ОТ.

$$\alpha(z_1 - z_2) = \frac{(P_1 - P_2)}{2(z_2 - z_1)} \quad (2.5)$$

немесе өлшенетін ОТ ұзындығы бойынша өшуді бөлу функциясы:

$$\alpha(z) = 0,5 \frac{dP(z)}{dz} = 0,5 \frac{\delta P(z)}{\delta z} \quad (2.6)$$

Мұндағы  $\delta P(z)$  – ОТ ұзындығының бойымен  $z$  нүктесінде  $\delta z$  дискреттеу қадамында кері шашырау деңгейлерінің ауытқуы.

Оптикалық рефлектометрдің жұмыс динамикалық диапазоны ПОР меншікті динамикалық диапазоны арасындағы айырмашылығымен және өлшенетін желінің екі еселенгендегі қосындысымен есептеледі, ақ рэлеев шашырауы ағынының өшуі арасындағы айырмашылықпен, жоғары сапалы талшық үшін 0,85 мкм толқын ұзындығында орта есеппен 40 дБ құрайтын ОТ  $\alpha_{o.p}$  рэлеев шашырау ағынының өшуімен есептеледі және толқын ұзын болған жағдайда қосындыға тепе-тең өседі  $20 \lg(\lambda / 0,85)$ , сондай-ақ шығындармен қуат беру зондируемого сигнал ОТ және шығару кері сәулелену, орташа есеппен тең 6÷10 дБ. Қазіргі рефлектометрлердің өз динамикалық диапазоны 80÷90 дБ құрайды. Бұл 10÷15 дБ өшуі бар желідегі шығындарды өлшеуге

мүмкіндік береді. Өшуді өлшеу дәлдігін арттыру үшін сигналдарды жинақтау жүзеге асырылады.

Кері шашыраудың қуаты зондирлеуші импульстің өту бағытына байланысты екенін ескере отырып, өлшеуді екі жағынан орындау қажет. Бұл екі өлшемнің орташа геометриялық мәні ретінде есептеледі [8, 209-б].

Сонымен қатар, шашырау деңгейінің секіруі, топтық уақыт және ОТ бойынша сигналдардың топтық жылдамдығы сияқты параметрлер, дисперсия да кері шашырау әдісімен өлшенуі мүмкін.

Өшу коэффициентін өлшеу әдістері. Рефлектометрдің жұмыс динамикалық диапазоны ПОР меншікті динамикалық диапазоны мен өлшенетін желінің екі жақты өшу сомасы - рэлеев шашырауы ағынының өшуі, сондай-ақ ОТ-да зондирлеуші импульсті енгізу және кері сәуле шығару кезіндегі қуат ысыраптары арасындағы айырмашылық қалыптасады. Жоғалту кезінде енгізу және шығару сәулелену ОТ орта есеппен тең  $6 \div 10$  дБ, өшіру рэлеевского шашырау кұрайды 40 дБ .

Рефлектометрлердің өз динамикалық диапазоны  $80 \div 90$  дБ кұрайды. Осыған байланысты, жұмыс динамикалық диапазоны тең  $(80 \div 90) - (2 \div 40 + 6 \div 10) = 10 \div 15$  дБ. Жұмыс динамикалық ауқымын арттыру үшін күрделі зондирлеуші сигналдарды пайдаланады немесе дискретизация мен кері шашырау ағынының сигналдарын жинақтауды жүзеге асырады. Соңғы жағдай өлшеу уақытының бірнеше минутқа дейін өсуіне әкелді. Осы әдістерді пайдалана отырып, рефлектометрлермен өлшенетін ТОБЖ динамикалық диапазонның кеңеюі  $15 \div 30$  дБ дейін жетеді.

Шашыраңқы сәуле шығару ағыны қуатының зондирлеуші импульстің өту бағытына тәуелділігі ОТ екі жағынан өшуді өлшеуді ұйымдастыру қажет. Мысалы, егер өлшеу нәтижесінде  $\alpha_{12}$  және  $\alpha_{21}$  өшу мәндері алынса, әр жағынан зондтау кезінде, онда нәтижелік өшу мәні екі өлшемнен орташа геометриялық ретінде есептеледі:

$$\bar{\alpha} = \sqrt{\alpha_{12} \cdot \alpha_{21}} \quad (2.7)$$

Логарифмдік масштабта шағылысу деңгейін сипаттайтын  $k_{отр}$  шағылысу коэффициенті өрнектің көмегімен дБ өшу шамасына байланысты:

$$\alpha_{отр} = (-10 \lg k_{отр} + 2z\alpha 10 \lg e) \quad (2.8)$$

Қазіргі уақытта, сондай-ақ өшу шамасын өлшеудің келесі әдістері әзірленді және пайдаланылады:

- екі нүктелік;
- алмастыру;
- уақыттағы кері рэлеев шашырауы;

- сiңiру мен шашыратуды бөлeк есептеу;
- ОТ созу барысында.

Екi нүктелiк әдiстiң жеке жағдайы арасында өшу өлшенетiн екi нүктеде ОТ сәулеленуiнiң бүйiр бетi арқылы шашырандыларды өлшеуге негiзделген калибрленген шашырау әдiсi болып табылады. Әдiс негiзiнен бағдарлы (шамамен) өлшеулер үшiн қолданылады.

Алмастыру әдiсi (енгiзiлетiн шығындар әдiсi) калибрленген айнымалы әлсiреткiштiң өшуiмен өлшенетiн өшудi салыстыруға негiзделген. Зерттелетiн ӨЖ өшуi үлгiлiк әлсiреуiштiң өшуi толығымен ауыстырылғанда, ал сигнал бұрынғы нөлдiк деңгейге шығарылса және үлгiлi әлсiреуiштiң өшуi зерттелетiн ОТ өшуiнiң бiр бөлiгiн ғана өтесе, ал қалған бөлiгi, мысалы, екi нүктелiк әдiспен өлшенедi.

Қазiргi уақытта белгiлi екi нүктелiк әдiс бойынша өшудi өлшеу құралдарының көпшiлiгi өз құрамында сатылы әлсiреткiштер бар төменгi жиiлiк бойынша iшiнара алмастыру әдiсiн жүзеге асырады.

Уақыт бойынша керi рәлеев шашырауының әдiсi шашыраңқы сәуле шығару қуатының уақытша жүрiсiн өлшеуге негiзделген. Ол жарық өткiзгiштiң ұзындығы бойынша өшу коэффициентiн бөлу туралы, оның кез келген нүктелерi арасындағы өшу мәнi туралы, ысыраптың локализацияланған көздерiне дейiнгi қашықтық (көпiршiктер, жарықтар және т.б.) туралы хабарлайды.

Жұтылу мен шашырауды бөлeк өлшеу әдiсi. Шашырау салдарынан өшу фотометрлiк аяның iшiне салынатын ов бөлiгiнiң шашыраңқы ағынының қуатымен ОТ арқылы өткен сәуле шығару қуатын салыстыру жолымен анықталуы мүмкiн. Жұтылу салдарынан өшу жұтылған сәулелену ағынының әсерiнен температураның өзгеруi бойынша өлшенуi мүмкiн..

Оптикалық сигналдар деңгейлерiнiң әртүрлiлiгiн өлшеу әдiсi де ТОВЖ салу және пайдалану кезiнде кеңiнен қолданылады. Бұл әдiс өлшенетiн желiнiң ұштары әртүрлi пункттерде болған жағдайда өшудi өлшеуге, сондай-ақ ОТ қосылған жерлердегi шығындарды бағалауға мүмкiндiк бередi.

Кiрiс және шығыс қуатын өлшеу әдiсi ОТ ұштарын сындыру арқылы ОТ  $\alpha = 1$  дБ/км және одан кем аз шығындармен өлшеген кезде қолданылады. ОТ ұшындағы шағылысудан болатын шығынды азайту үшiн иммерсионды сұйықтықты қолдану және өлшенетiн үлгiнiң кiре берiсiнде мод араластырғышын орнату мiндеттi. Кiрiс қуатын өлшеу үшiн, басынан  $3 \div 4$  м қашықтықта ОТ ұшын сындыру өлшеу дәлдiгiн арттыруға мүмкiндiк бередi. Өшудi өлшеу келесi ретпен пайдаланылады.  $P_1$  қуаты өлшенедi. Оптикалық жоғалтулардың аз мәнi жарық өткiзгiште үлкен мәнге ие болады. Сондықтан дәлдiктi арттыру үшiн қуат өлшеудi бiрнеше рет орындайды, ОТ ұштарын бiрнеше рет сындырады және әрбiр өлшем үшiн шетiн дайындайды. Өлшенген мән ретiнде алынған деректердiң ең үлкенi таңдайды. Сол сияқты кiрiс қуатының мәндерi басынан бiрнеше нүктелерде сындыра отырып өлшенедi. Шама мәндерi ОТ кiрiсiнде мод құрамын орнатуға байланысты екенiн атап өткен жөн.

Енгізілетін өшуді өлшеу әдісі құрылыста, қабылдау сынақтарында және ТОБЖ пайдалану кезінде кеңінен қолданылады. Желінің енгізілетін сөнуді дегеніміз – қабылдағышты тікелей генераторға қосқан кезде тіркелетін қуат пен өлшенетін жарықөткізгіш шығысында қосқанда кездегі қуат деңгейінің айырмашылығы. Желі өшуі өлшенетін ТОБЖ кірісінде және шығысында шығынды, ОТ өшуін қамтиды. Өлшеулерді алу кезінде және ТОБЖ жұмыс режимінде кіру және шығу кезінде шығындардың шамамен теңдігін қамтамасыз ету қажет. Демек, өлшеу жүргізу әдістемесін әзірлеу және өлшеу аппаратурасын таңдау кезінде осы оптикалық-талшықты кабель магистралі үшін тарату жүйелерінде қолданылатын кіріс және шығыс құрылғылар конструкцияларын қолдану қажет.

Осы талаптарды сәуле шығарғыштар мен фотоқабылдағыштардың типтерін таңдау кезінде басшылыққа алады. Жиі өлшеу әдістемесін жеңілдету мақсатында кіріс қуатының шамасы қорек көзі тогының шамасы бойынша жанама түрде анықталады немесе  $P_0$  мәні іс жүзінде өлшенбейді (айдау тогын реттеу белгіленеді немесе ФД көмегімен лазердің кері сәулеленуі өлшенеді). Оптикалық тестер (ОТ) ТОБЖ құрылысы және пайдалану процесінде енгізілетін ОК өшуін өлшеуге мүмкіндік береді.

ОТ динамикалық диапазоны  $40 \div 50$  дБ тең, өлшеу қателігі -  $\pm 0,1$  дБ. Қарастырылған әдіс екі ОТ бір ОК арасындағы өтпелі өшуді өлшеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

ОК беріліс сипаттамасын өлшеу өлшенетін ОК ОТ шығуында және өлшенетін кабельдің басында үзілу пайда болған оның қысқа кесіндісінің шығуында оптикалық импульстерді тізбектей тіркеуге негізделген.

Өтпелі өшуді өлшеу әсер етуге ұшыраған өлшенетін ОТ кіріс немесе шығыс ұштарындағы оптикалық сәулелену қуатының салыстырмалы деңгейін әсер ететін ОТ кіріс немесе шығыс ұштарындағы қуат деңгейімен салыстыру жолымен жүзеге асырылады.

ОТ-ның дайындау процесінде айқындылығын бақылау

ОТ үздік үлгілері  $\rho$  өшу мәндері  $0,1$  дБ/км сәйкес келетін коэффициенті шығындардың  $2,3 \cdot 10^{-7}$  см<sup>-1</sup>. Демек, үлгінің ұзындығы  $5 \div 50$  см болса, олардағы оптикалық шығындар мөлдір газдардағы шығындармен өлшенеді. Осының арқасында, өшуді өлшеу күрделі техникалық міндет.

Жалпы өндіріс жағдайында Жарық өткізгіштерді дайындау сатысында олардың ақауларын анықтау үшін оны сору процесінде ОШ арқылы өткен сәуле шығару қуатының өшуін өлшеген жөн. Жылу сәулесі созылатын жарық өткізгіш арқылы өтеді және фотоқабылдағышпен бекітіледі.

Үш сақина әдісі. Жарық конустың бұрышына байланысты жарық шоғырымен біріктірілген оттардың кіріс шетін жарықтандыру кезінде шығу шетінде әр түрлі қарқындылықтағы жарық түсіретін сақиналар байқалуы мүмкін. Ең үлкен қызығушылық-апертурлық бұрыштың түйісетін жарықтың конус бұрышымен сәйкес келу жағдайы. Бұл ретте өзектің және қабықтың шеттерінің жарықтығы шамамен бірдей, ал олардың бөліну шекарасы ашық сақина түрінде бөлінеді. Шектік сәулелер сәулелерден қалыптасады, олардың

сыну бұрыштары өзегі мен қабығының шекарасында  $90^\circ$  құрайды.

Жақын аймақ әдісі шығыс шетіндегі сәуле шығару қарқындылығы таралуының талдауына негізделген. Алайда, оның жетілдірілген нұсқасы кеңінен таралған.

Алыс аймақ әдісі қанығу жағдайында (жарық шоғырының диаметрі ОТ өзегінің диаметрінен көп) сәулеленуден болған ОТ қысқа учаскесінде (ұзындығы 2м) қолданылады. Сандық апертураның мәні бұрыштың жартысының синусы ретінде есептеледі, онда алыс аймақта сәуле шығару қарқындылығы ең жоғары мәннен 5% құрайды.

Калибрленген Саңылау әдісі түйіскен Жарық өткізгіштердің ұштары арасындағы сәуле толқынының ұзындығынан калибрленген саңылаудағы шығындардың тәуелділігін өлшеуге негізделген.

Кварц шынылары негізіндегі ОТ сандық апертурасы  $0,2 \div 0,25$  көлемді құрайды. Үлкен апертурасы бар (0,6 шамасына дейін) қос тигля әдісімен көп компонентті әйнектер (калий силикаттары, натрийборосиликатты, натрий алюмосиликаттары) негізінде дайындалады. Көп компонентті шынылардан сатылы ППП бар ОТ оңай жасалады, ал олардан градиентті жарық өткізгіш жасау айтарлықтай технологиялық қиындықтарды тудырады.

### **2.3 ТОБЖ тарту кезіндегі метрологиялық бақылау**

ТОБЖ берудің қажетті параметрлеріне және ОТТЖ жоғары пайдалану сипаттамаларына қол жеткізу үшін құрылысты және техникалық пайдалануды метрологиялық қамтамасыз ету ОК монтаждаудың барлық операцияларын бақылау, ОК, ТОБЖ негізгі параметрлерін өлшеу мүмкіндігін қарастыру керек.

ТОБЖ жұмысқа қабілеттілігін бағалаудың негізгі шаралары келесілерден тұрады.

ОК құрылыс ұзындығындағы ОТ-ның өшу және дисперсиясы шамасын оның паспорттық мәндерге сәйкестігін тексеру мақсатында оны төсеуге дейін және кейін өлшеу.

Талшықты жалғау сапасын бақылау мақсатында ОТ монтаждаудан кейін муфтада дисперсияны және сөнуді өлшеу.

Осы параметрлердің мәндерін ТҚ-да теңестіру үшін ОТ топтастыру процесінде өшу мен дисперсияны өлшеу.

Барлық ТҚ-да өшу және дисперсия шамаларын өлшеу.

Қабылдау-тапсыру сынақтары құрылыс ұйымының және пайдалану үшін жоспарланған ұйымның, салынған ТОБЖ өкілдері жүзеге асырады. Қабылдау мәні ОК соңғы ажыратқыштары арасындағы толық дайын регенерациялық учаскелердегі ОТ беру параметрлерінің тиісті өлшемдерінен тұрады. Өлшеудің ең аз көлемі техникалық талаптармен анықталады және ОК конструкциясына, ТОБЖ мақсатына және таратудың ұйымдастырылған жүйесіне байланысты [7, 209-б].

## 2.4 Шкафтық қосылыс арқылы GPON желісіне қосылу

GPON-OLT желісінің белсенді станциялық жабдығы белгілі бір температуралық режиммен гермозонда орнатылады. OLT шеткі жабдық абоненттер желісі деректер беру қызметтерін дауыс, Интернет желісіне қол жеткізу және TV ұсыну үшін Triple Play қамтиды. OLT жабдығының желілік ұялары оптикалық баусым - патчкордтардың немесе мультипатчкордтардың көмегімен ODF тығыздығы жоғары оптикалық қросқа қосылады.



Сурет 2.2– Станция жабдығы: а) Juniper bng mx960 мультиплексор маршрутизаторының себеті; б) мультисервис платформасының құрылысы.

Мультисервистік шектік маршрутизатор (MSER) Juniper bng mx960 арнайы архитектурасы, құрылымы, бейне, дауыс, деректер мен интерактивтік мультимедиялық контент сияқты мультисервистік қызмет көрсетуді қамтамасыз етуге бейімделген бірегей платформа болып табылады.

Сондай-ақ платформада құрылғылардың жоғары икемділігі, қолданыстағы желілерге жеңіл енгізілуі, өткізу қабілеті 10 Тбит/с дейін және ұсынылатын сервистердің жоғары таратылымы бар.

Juniper құрылғылары бағдарламаланатын интегралды схемалар негізінде жобаланған және ондаған мың пайдаланушылар мен сеанстарды қолдайды, айтарлықтай физикалық және логикалық масштабталуын қамтамасыз етеді. Juniper BNG mx960 себеті MPC 's картаға арналған ADC адаптерінен және сызықтық карта үшін 12 ұядан тұрады 14-сурет [10].

OLT белсенді жабдығы екі қосылыммен Juniper платформасымен қоректенеді, олардың бірі резервтік болып табылады. OLT себеті MPC 's картаға арналған 8 немесе 16 ұялы ADC адаптерінен мүмкін, олардың әрқайсысы беруге қосу 64 абоненттеріне құрайды, жалпы сыйымдылығы 512 абонент бір желілік карта. OLT-да 16 ұяны пайдаланған кезде картаның теориялық



сыйымдылығы 1024 абонентті құрайды, бірақ жабдықты үлкен жүктемеден қорғау үшін шекті сыйымдылық 512 абонентке шектейді 15-сурет.



Сурет 2.3 –OLT белсенді жабдығы

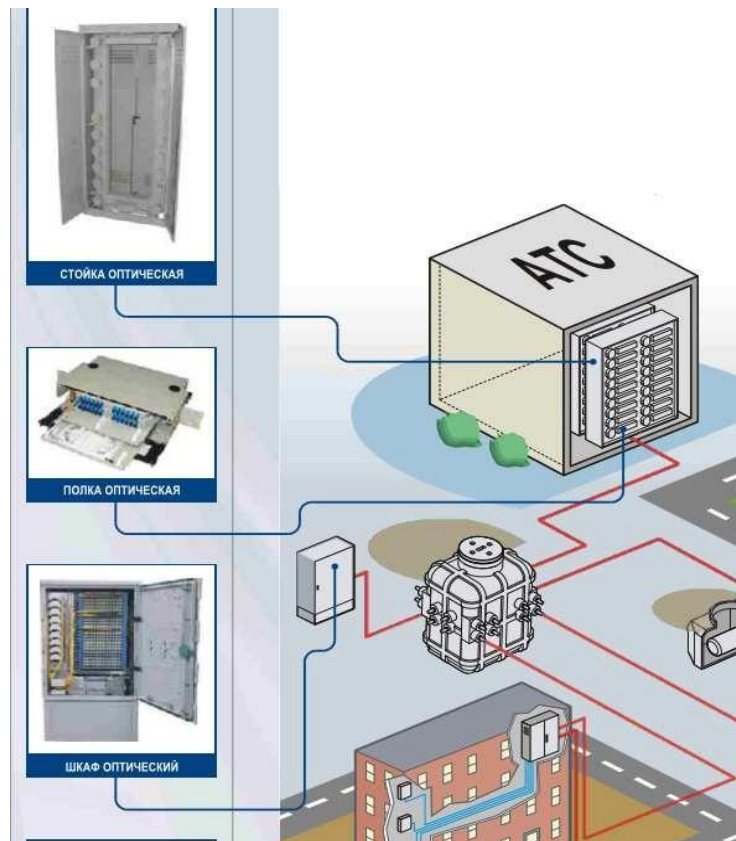
Желідегі ODF оптикалық кростары АТС ғимараттарының желілік тораптарына орнатуға арналған. Бұл кростар абоненттерден келіп түсетін талшықты-оптикалық кабельдердің желілік бағыттарын белсенді жабдыққа қосудың станциялық жағына коммутациялайды. АТС-та оптикалық кросс белсенді жабдығы бар тіреулерге тікелей жақын орналасады [11].

Оптикалық қосылыстар саны көп тораптар үшін және FTTH желілерінде қолдану үшін әзірленген. Жүйе қаңқадан, жиынтықтағы тарату модульдерінен,

сплайс-пластиналарға арналған ұстаушыдан және жиынтықтағы сплиттерлері бар модульдерден тұрады. Дәнекерленген қосылыстар шкафтың ішінде де, сыртында да орналасуы мүмкін. Кабельдер жоғарыдан және жоғарыдан жасалуы мүмкін [12].

Шахтаның үй-жайынан оптикалық КРОСС үй-жайына оптикалық кабельдерді енгізу үшін жеке саты жасау қажет. Саты өтетін жер мысты кабельдермен қиылысуды және бірлескен төселуді болдырмауды есепке ала отырып таңдалуы тиіс. Оптикалық КРОСС үй-жайына оптикалық кабельдерді енгізу жанбайтын қабықшадағы үлкен сыйымдылықтағы кабельмен жүзеге асырылуы тиіс, шағын және орта сыйымдылықтағы кабельдерді біріктіру шахта үй-жайында жүзеге асырылады.

Мен дәлірек талдау жүргізу үшін GPON оптикалық желісі құрылысының жалпы схемасын қарастыруды шештім (4-сурет), яғни желінің барлық учаскелерінде толық талдауды тексердім. «Қазақтелеком» АҚ-да жаңа ықшамаудандағы абоненттердің жаңа қосылыстарының пайда болуына байланысты, мен GPON технологиясының жұмысына толық талдау жасай алдым.



Сурет 2.4– Шкафтық қосылыс арқылы GPON желісіне қосылуды көрнекі көрсету

Желінің каскадтау деңгейлерінің саны сплиттерлердің жиынтық енгізілетін өшуі, OLT интерфейстерінің GPON тармақталу коэффициентіне байланысты. Әрбір абонент үшін өткізу жолағына қойылатын талаптарды ескере отырып, 1:32 тармақталу коэффициенті бар ОР қолдану ұсынылады (сплиттер 1:64 жоғары шығындарды енгізеді)

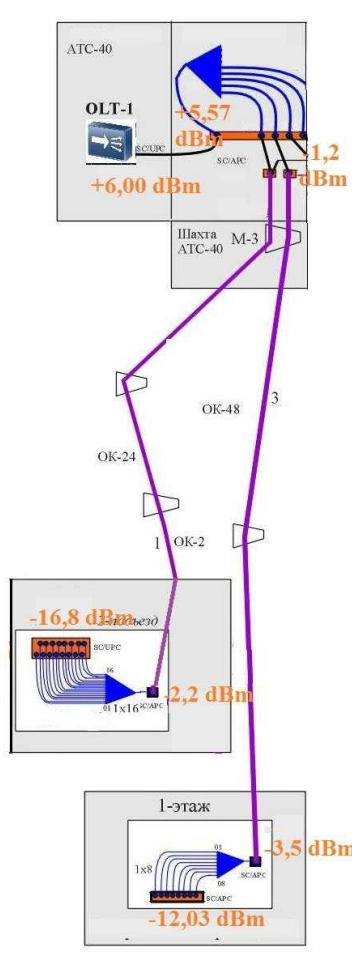
## 2.5 Тікелей қуат арқылы GPON желісін қосу

Тікелей қоректену аудандар ATC жанында орналасқан кезде пайдаланылады. Бірінші каскад ODF оптикалық кросста жобаланады, екінші каскад СБШ-да жобаланады. Артықшылығы ОРШ болмауы.

Тәжірибе жүргізгенде Талдықорған қаласының №4 станциясында іс жүзінде OLT+6,00 dB шығысында өшулікті алуға болатынына көз жеткіздім. SFP модулінің көмегімен OLT-да бұрын айтқанымдай патчкорд жоғары тығыздығы ODF оптикалық кроссқа қосылады, онда сигналдың өшуі аз болады, яғни + мәні – мәнге өзгеруі мүмкін. Кабельдің өзіне және оның төсеміне шығын деңгейі байланысты болады. Оптикалық шығындарды өлшеуіштің көмегімен тәжірибе жүргізіп, OLT-дан алынған сигнал +1 немесе 1-ге дейін азаяды,

сонымен қатар сол уақытта да елеусіз өзгеруі мүмкін, яғни тек оныншы бөлік ғана өзгереді деген қорытындыға келдім. GPON желісінің қосылуын тікелей қорек арқылы зерттей отырып, п/п кезінде ең үлкен өткізу қабілеті жоғалды. Тәжірибе жүргізу кезінде қоректенуден сигнал (OLT) + 5,57 dB (20-сурет) өшуге жетуі мүмкін екеніне және кабель төсемінің жобалауын талдай отырып, кәбілдік құрастыруды пайдалану кезінде сигнал сапасы бір патчкорд пайдаланылғанға карағанда әлдеқайда жоғары болатынына көзім жетті. Бұл оптикалық кәбіл құрастырудың зауытта қажетті түрдегі коннекторлар жиектелген белгілі бір ұзындықтағы оптикалық кабельдің бухтасы екеніне байланысты. Өткізу процесінде монтаждау жұмыстарын тек кабель төсеу және қосу қолда бар құрастыру ажыратқыштар, яғни пайда болу мүмкіндігі айыппұл шығындарын төсеу кезінде кәбіл бойынша саты әлдеқайда аз, өйткені кабель майысуға аз ұшырайды (21-сурет)

Бірінші каскад тура қуат көзі кезінде 7,4 dBm өшуін қосатын сплиттеу коэффициенті 1:4 бар ODF оптикалық кроста орналасқан. Өлшеуді алып тастау кезінде бірінші каскадтың шығысындағы сигнал қуаты -1,2 dBm құрады.



Сурет 2.5– Зерттелетін GPON жобасын тура қуат көзі арқылы жобалау схемасы

Бұдан әрі ОТК кірісінде өлшеуді алып тастады, ол  $-2,2$  dBm құрады, ал 1:16 сплиттеу коэффициентімен екінші каскадтың шығуында  $-16,8$  dBm құрады. Абоненттік учаскеде өлшеу кезінде сигнал қуаты  $-23$  dBm құрады, бұл теориялық тұрғыдан жақын болып табылады. Бұл жағдайда, егер 1:64 сплиттеу коэффициентін қолданғанда тікелей қоректену кезінде өшу  $-23$  dBm болса, онда сплиттеу коэффициентін қолданғанда 1: 32 тікелей қоректену кезінде өшу теориялық өшуден аз болуы мүмкін. Өйткені жабдық әрдайым тамаша сигналмен жұмыс істей алмайды алтын ортасын іздеуге тура келеді.



Сурет 2.6 – Оптикалық кабельдер топтамасы

Оптика шаң мен кірден қорқады. Бұл технологиялық бөлмелерде профилактикалық тазалау жүргізудің басты себебі болып табылады. Тәжірибе жүргізу барысында мен слайд-панеліне қосылған G 652 D оптикалық кабелін әдейі ластадым және  $-14,1$  dB өшуінің күрт ұлғаюын байқадым. Пиксалды шығаратын сигналды патчкордың ластануына сигнал  $+5,57$  дБ болатындығы және ластанған патчкордың  $-19,67$  дБ төмендегені, бұл 1:64 бөліну коэффициентіне тең болатындығына байланысты пайда болды. Сондай-ақ, абонент тарапынан өткізу қабілетінің төмендігінен проблемалық билеттердің пайда болуы кезінде, барлық желіні тексергеннен кейін, мәселе адам факторы болуы мүмкін СБШ-да портты тазалаудың алдын алды. Яғни монтаждау жұмыстарын жүргізу кезінде маман абайсызда портты ластады, бұл жылдамдықты төмендетті.

Сондай-ақ, қызығушылық танытып, Талдықорған қаласындағы №обстанцияда, атап айтқанда 9 учаскеде орналасқан алаң, 16-үй 3 кіреберісте эксперимент жүргіздім. Бастапқыда барлық өлшеуді станциядағы OLT-дің модульдік сигнал күші  $+3,5$  дБм болатын, ал ODF кірісінде сигнал күші  $+2,54$  дБм болды. Белсенді жабдықты жоғары тығыздықты оптикалық кросстармен қосу sc upс / арс жеке патчкордтардың көмегімен жүзеге асырылғанына ерекше назар аударамыз. Бірінші каскад 1:4 сплиттеу

коэффициентімен ODF орнатылған, ол 7,4 dBm өшулікті енгізеді, өлшеуді алып тастағанда сигнал қуаты -7,8 dBm құрады. ОРК-де сплиттеу коэффициенті 1: 16 болды, ол 14.1 дБм өшулікті болдырады, оптикалық қуат өлшегіште өлшеу 22,3 дБм көрсетті және бұған рұқсат беріледі. Абоненттік учаскеде өшулік – 25,2 dBm құрады.

### 3 GPON технологиясының есептеуін іске асыру

#### 3.1 Желіні жобалаудың әртүрлі әдістерінің өшулік бюджетін есептеу

Оптикалық желі учаскесінде пайда болған барлық шығындардың сомасы өшуліктің энергетикалық бюджеті болып табылады. Есептеу кезінде жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде қосымша өсінділер мен қосымшалар түріндегі технологиялық қорды, сондай-ақ ОТ табиғи тозу қорын ескеру қажет. 2-тарауда көрсетілген 2.16 формуласын пайдалану.

Әрбір арнаға арналған OLT-Ont ( $i=1$ )...N, мұнда N-абоненттік аяқталулар саны) тікелей (d) және кері (u) ағындардағы шығындарға арналған шарттарды сипаттауға болады:

$$\alpha d = +3 + Li + WL + RLi + CLi + \text{Қор} + \text{Айыппұл} \quad d, \text{dBm} \quad (3.1)$$

мұнда  $Li$  – ұзындық  $i$ -арна, км;

$\alpha d$  және  $\alpha u$  - тура және кері ағындардың толқын ұзындығындағы ОТ-дағы меншікті өшулік, дБ;

+3 –OLT қуаттылық деңгейінің нормасы;

$WL$  –WDM мультиплексорындағы сигналдың әлсіреуі, дБ; (OLT, ONT жабдықтарына енгізілген);

$RLi$  –  $i$ -арнадағы барлық коннекторлардағы (алмалы-салмалы қосылыстардағы) шығындар, дБ;

$CLi$  – $i$ -арнадағы барлық ажыратылмайтын дәнекерлеу қосылыстарындағы шығындар, дБ;

$SLi$  – $i$ -арнадағы барлық алынбайтын механикалық қосылыстардағы шығындар, дБ;

ONT терминалдары -8 dBm – дан-27 dBm-ге дейін жұмыс істей алады;

ОРКсп қуат деңгейінің нормасы - 24 дБм дейін;

Айыппұл-талшықтың/компоненттердің тозуынан, сыртқы жағдайлардың әсерінен, хроматикалық және поляризациялық модалық дисперсиядан сигнал формасының бұрмалануынан сигналдың әлсіреуі, дБ;

Қор-жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде қосымша өсінділер мен ендірмелер түріндегі технологиялық қор, дБ.

Айыппұл толқындардың ұзындығына байланысты болуы мүмкін, бірақ барлық 1 дБ шығындардың жалпы сметасын ұсынуға кеңес беріледі.

#### 3.2 GPON желісін шкафты қосу арқылы қосу

Теориялық есептеулер үшін ақпарат алмасудың екі ағымын қарастыруға болады, яғни, станция сайтынан абонентке қатысты ақпарат және станция

сайтына абонентке қатысты ақпарат. Есептеу жеңілдету үшін кесте жасалды (18,19-кесте).

Кесте 3.1 – Сплиттеу коэффициенті 1:32 болғанда ОРШ арқылы теориялық есептеу үшін деректер

Параметрлер	Енгізілетін өшулік	Саны	Барлығы
Сплиттер 1:2	- 3,5	1	-3,5
Конекторлар SC/APS/UPS	-0,2	8	-1,6
Сплиттер 1:16	-14,1	1	-14,1
Толқын ұзындығы 1550 нм	-0,22	5	-1,1
Толқын ұзындығы 1310 нм	-0,35	5	-1,75
Дәнекерленген қосылыс	-0,1	4	-0,4
Магистральдағы шығын	3	1	3
Айыппұл шығындары	1	1	1

Станциялық учаскеден абонентке жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha_d = +3 + Li + WL + RLi + CLi - \text{Қор} - \text{Айыппұл} = +3 + (-1,1) + (-1,6) + (-0,4) + (-7,4) + +(14,1) - 3 - 1 = -25,6 \text{ dBm} \quad (3.2)$$

Абоненттен станциялық учаскеге жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha_u = +3 + Li + WL + RLi + CLi - \text{Қор} - \text{Айыппұл} = +3 + (-1,75) + (-1,6) + (-0,4) + (-7,4) + +(14,1) - 3 - 1 = -26,25 \text{ dBm} \quad (3.3)$$

### 3.3 GPON желісін тікелей қуатпен қосу

Есептеу ыңғайлы болу үшін кестені құрадым.

Кесте 3.2 – Сплиттеу коэффициенті 1:32 кезінде тікелей қоректендіру арқылы теориялық есептеу деректері

Параметрлер	Енгізілетін өшулік	Саны	Барлығы
Сплиттер 1:4	- 7,4	1	-7,4
Конекторлар SC/APS/UPS	-0,2	7	-1,4
Сплиттер 1:8	-10,6	1	-10,6
Толқын ұзындығы 1550 нм	-0,22	2	-0,44
Толқын ұзындығы 1310 нм	-0,35	2	-0,7
Дәнекерленген қосылыс	-0,1	4	-0,4
Қор	3	1	3



Станциялық учаскеден абонентке жіберу бойынша ақпарат:

$$Ad = +3 + Li + WL + RLi + CLi - Qop - Айыппұл = +3 + (-0,44) + (-1,4) + (-0,4) + (-7,4) + (-10,6) - 3 - 1 = -21,24 \text{ dBm}; \quad (3.4)$$

Абоненттен станциялық учаскеге жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha u = +3 + Li + WL + RLi + CLi - Qop - Айыппұл = +3 + (-0,9) + (-1,4) + (-0,4) + (-7,4) + (-10,6) - 3 - 1 = -21,5 \text{ dBm}. \quad (3.5)$$

Кесте 3.3 – Сплиттеу коэффициенті 1:64 кезінде тікелей коректендіру арқылы теориялық есептеу деректері

Параметрлер	Енгізілетін өшулік	Саны	Барлығы
Сплиттер 1:4	-7,4	1	-7,4
Конекторлар SC/APS/UPS	-0,2	7	-1,4
Сплиттер 1:16	-14,1	1	-14,1
Толқын ұзындығы 1550 нм	-0,22	2	-0,44
Толқын ұзындығы 1310 нм	-0,35	2	-0,7
Дәнекерленген қосылыс	-0,1	4	-0,4
Магистральдағы шығын	3	1	3
Айыппұл шығындары	1	1	1

Станциялық учаскеден абонентке жіберу бойынша ақпарат:

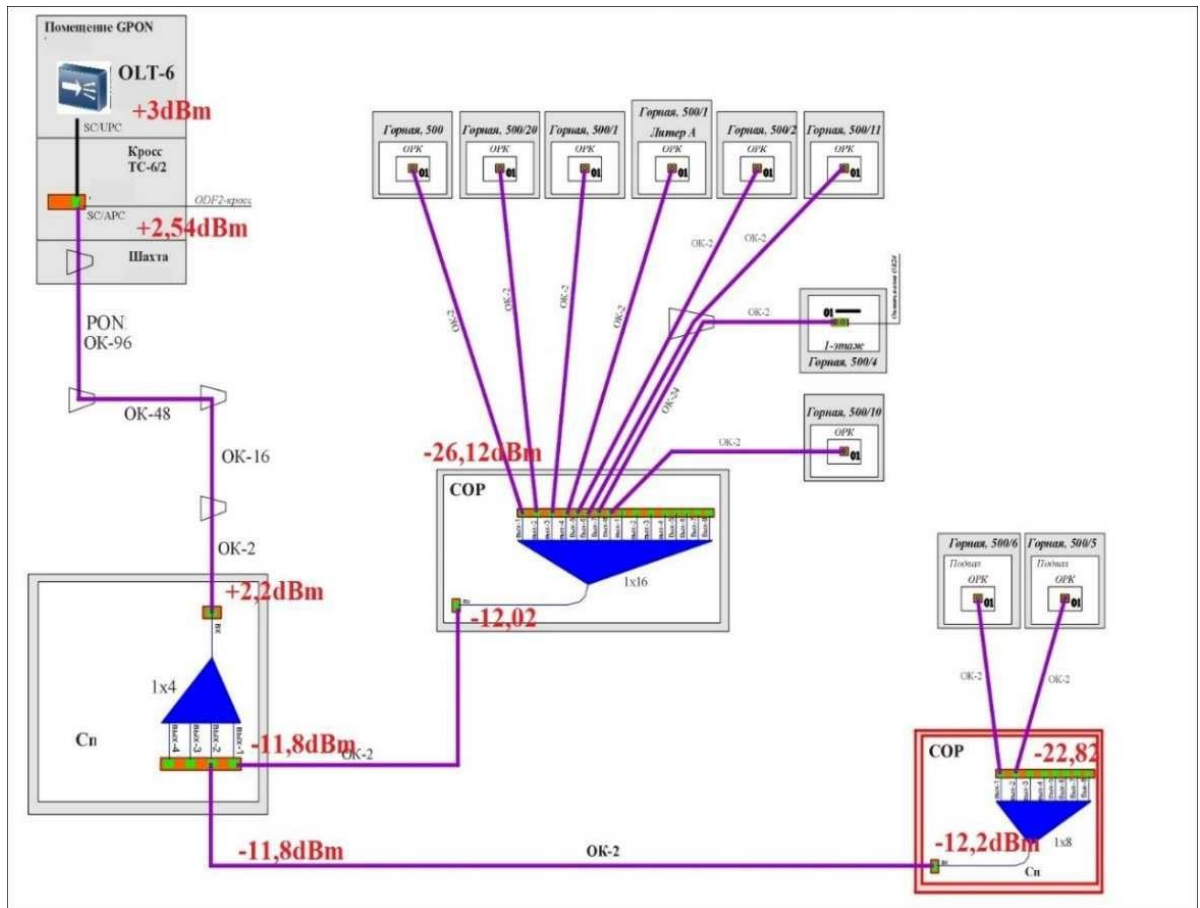
$$\alpha d = +3 + Li + WL + RLi + CLi - Qop - Айыппұл = +3 + (-0,44) + (-1,4) + (-0,4) + (7,4) + (-14,1) - 3 - 1 = -24,74 \text{ dBm}; \quad (3.6)$$

Абоненттен станциялық учаскеге жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha d = +3 + Li + WL + RLi + CLi - Qop - Айыппұл = +3 + (-0,7) + (-1,4) + (-0,4) + (-7,4) + (-14,1) - 3 - 1 = -25,0 \text{ dBm}. \quad (3.7)$$

### 3.4 Сплиттерлік оптикалық муфтасы арқылы GPON желісін қосу

Теориялық есептеу үшін мен жобалаудың қазіргі схемасын таңдап алдым және толық талдау жүргіздім. Екінші каскадтың шығысындағы соңғы өшу көрсетілген. Есептеу ыңғайлылығы үшін кестені құрдым.



Сурет 3.1- Энергетикалық бюджеттің теориялық есебі. Оптикалық сплиттерлік муфтасы арқылы GPON жобалау

Кесте 3.4 – Тура есептеулер нәтижесі

Параметрлер	Енгізілетін өшулік	Саны	Барлығы
Сплиттер 1:4	- 7,4	1	-7,4
Конекторлар SC/APS/UPS	-0,2	8	-1,6
Сплиттер 1:8	-10,7	1	-14,1
Толқын ұзындығы 1550 нм	-0,22	10	-2,2
Толқын ұзындығы 1310 нм	-0,35	10	-3,5
Дәнекерленген қосылыс	-0,1	7	-0,7
Магистральдағы шығын	3	1	3
Айыппұл шығындары	1	1	1

Станциялық учаскеден абонентке жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha d = +3 + Li + WL + RLi + CLi - Qop - \text{Айыппұл} d = +3 + (-2,2) + (-1,6) + (-0,7) + (-7,4) + (-10,7) - 3 - 1 = -23,6\text{dBm}; \quad (3.8)$$

Абоненттенстанциялық учаскеге жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha u = +3 + Li + WL + RLi + CLi - Qop - \text{Айыппұл} = +3 + (-3,5) + (-1,6) + (-0,7) + (-7,4) + (-10,7) - 3 - 1 = -24,9 \text{dBm.} \quad (3.9)$$

Кесте 3.5 – Сплиттеу коэффициенті 1:64 кезінде тікелей қоректендіру арқылы теориялық есептеу деректері

Параметрлер	Енгізілетін өшулік	Саны	Барлығы
Сплиттер 1:4	- 7,4	1	-7,4
Конекторлар SC/APS/UPS	-0,2	8	-1,6
Сплиттер 1:16	-14,1	1	-14,1
Толқын ұзындығы 1550 нм	-0,22	5	-1,1
Толқын ұзындығы 1310 нм	-0,35	5	-1,75
Дәнекерленген қосылыс	-0,1	8	-0,8
Магистральдағы шығын	3	1	3
Айыппұл шығындары	1	1	1

Станциялық учаскеден абонентке жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha d = +3 + Li + WL + RLi + CLi - Qop - \text{Айыппұл} = +3 + (-1,1) + (-1,6) + (-0,8) + (-7,4) + (-14,1) - 3 - 1 = -26,0 \text{dBm;} \quad (3.10)$$

Абоненттенстанциялық учаскеге жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha u = +3 + Li + WL + RLi + CLi - Qop - \text{Айыппұл} = +3 + (-1,75) + (-1,6) + (-0,8) + (-7,4) + (-14,1) - 3 - 1 = -26,65 \text{dBm.} \quad (3.11)$$

### 3.5 Бір каскадты қосылыс

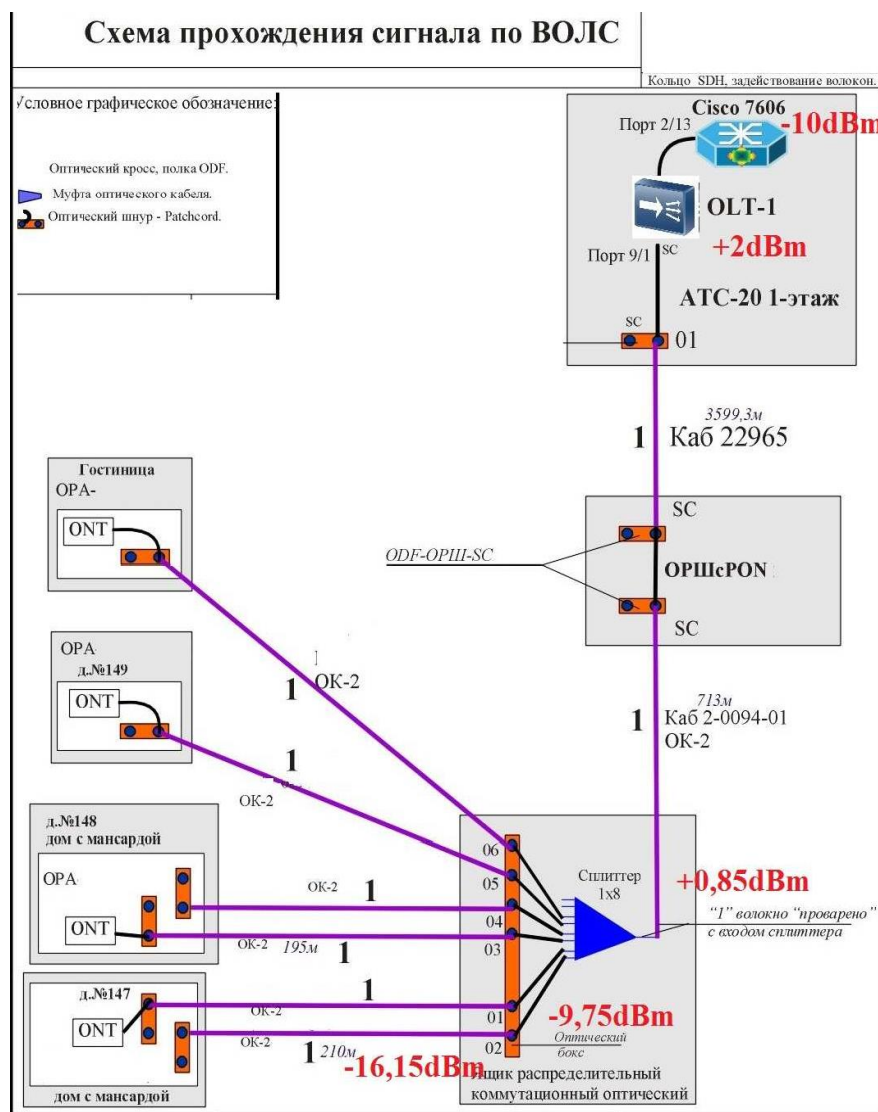
Теориялық есептеу үшін мен жобалаудың қазіргі схемасын таңдап алдым және толық талдау жүргіздім. Екінші каскадтың шығысындағы соңғы өшулік көрсетілген. Есептеу ыңғайлылығы үшін кестені құрдым (24-кесте).

Кесте 3.6 – Сплиттеу коэффициенті 1:64 кезінде тікелей қоректендіру арқылы теориялық есептеу деректері

Параметрлер	Енгізілетін өшулік	Саны	Барлығы
Сплиттер 1:16	- 7,4	1	-14,1

Кесте 3.6 – жалғасы

Конекторлар SC/APS/UPS	-0,2	5	-1,0
Толқын ұзындығы 1550 нм	-0,22	10	-2,2
Толқын ұзындығы 1310 нм	-0,35	10	-3,5
Дәнекерленген қосылыс	-0,1	2	-0,2
Қор	3	1	3
Айыппұл шығындары	1	1	1



Сурет 3.2 - Энергетикалық бюджеттің теориялық есебі бір каскадты жүйеде GPON жобалау

Станциялық учаскеден абонентке жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha d = +3 + Li + WL + RLi + CLi - \text{Қор} - \text{Айыппұл} = +3 + (-2,2) + (-1,0) + (-0,2) + (-14,1) - 3 - 1 = -18,5 \text{ dBm}; \quad (3.12)$$

Абоненттен станциялық учаскеге жіберу бойынша ақпарат:

$$\alpha d = +3 + Li + WL + RLi + CLi - Q_{op} - \text{Айыппұл} = +3 + (-3,5) + (-1,0) + (-0,2) + (-14,1) - 3 - 1 = -19,8 \text{ dBm} \quad (3.13)$$

### 3.6 Регенерациялық учаскені есептеу

Регенерация бөлімінің ұзындығы шарт бойынша есептеледі: импульстің жылдамдығын және фотодетекторды ескере отырып, импульстік энергияны азайту. Қажетті мән олардың төменгі жағынан таңдалады.

$$L_p = \frac{(P_{\text{изл}} + P_0 + P_{01}) - P_{\text{пор}} - (P_{11} + P_{12} + P_{14} + P_{15} + N_{pc} P_{16})}{\alpha_{km} + P} \quad (3.14)$$

Бұл жүйе энергияның резервін көрсетеді, деноминаторда - 1 километрге қайта есептегенде радиацияның жалпы өшулігі:

$P_0 = 3 \text{ dBm}$ , NRZ кодын пайдаланған кезде;

$P_0 = 6 \text{ dBm}$ , RZ кодын пайдаланған кезде (нөлге қайтарумен);

$P_{01} = 3 \text{ dBm}$ , жартылай қуат режимінде сәулелендіру жұмысы;

$P_{01} = 0$  толық қуат режимінде жұмыс істегенде;

$P_{11} = 10 \text{ dB}$ , талшыққа сәуле шығаруды енгізу кезіндегі шығындар;

$P_{12} = 1 \text{ dB}$ , фотоқабылдағышпен ОВ түйістіру кезіндегі шығындар;

$P_{13} = 0,3 \text{ dB}$ , дәнекерлеу қосылыстарындағы сәуле шығару шығындары

$P_{14} = 0,3 \text{ dB}$ , жұмыс параметрлерінің температуралық тәуелділігіне рұқсат беру;

$P_{15} = 3 \text{ dB}$ , уақытпен ВОСС сипаттамаларын өлшеуге рұқсат беру;

$P_{16} = 0,2 - 0,4 \text{ dB}$ , алмалы-салмалы қосылыстардағы шығындар;

$N_{pc}$  - оптикалық талшықты ажыратқыш қосылымдар саны;

$\alpha_{km} = 0,2 - 3 \text{ dB}$ , жарық өткізгіштің километрлік өшулігі;

$P_{\text{изл}}$  - сәулелендіру құралының қуаты (әдетте  $14 \text{ dBm}$ );

$P_{\text{пор}}$  - қабылдағыштың шекті сезімталдығы (әдетте  $-54 \text{ dBm}$ ).

GPON технологиясында артық емес қарапайым NRZ кодтау қолданылады, соның арқасында "пайдалы жүктемені" беру жылдамдығы  $2,5 \text{ Гбит/с}$  сызықтық жылдамдыққа сәйкес келеді.

GPON желісінің регенерациялық учаскесінің ұзындығын шкафтық жалғау арқылы есептеледі.

Негізгі мәліметтерді жинақтау арқылы есептеулер жоғарыда көрсетілгендей жүзеге асады және берілген шамалар шегінде орындалатындығын ескерген жөн.

### 3.7 Теория мен практиканың салыстырмалы талдауы

Зерттеу (талдау) жүргізудің қорытынды кезеңі теория мен практикаға салыстырмалы талдау жасауды шештім. Салыстырмалы кестені құрадым (25-кесте).

Жасалған талдауға сүйене отырып, жобаның теориялық есепте және практикада алшақтығы бар деген қорытындыға келдім. Теориялық өшулікәрқашан практикалықтан аз емес. Желінің барлық учаскелерінде толық талдау жүргізу кезінде іс жүзінде өшу теорияға қарағанда әлдеқайда аз екені байқалады. Талдықорған қаласындағы 4 станцияда өлшеуді жүзеге асырған кезде станциядан тікелей қуат арқылы сигнал қуаты -1,2 дБм болды, ал 1-ші кезеңде 1: 4 тең бөлінген теориялық шығын -1,83 дБм құрады.

Рұқсат етілген идеалды теориялық өшулік - 22 дБм. Бірақ ONT терминалы телекоммуникациялық қызметтерді мінсіз сигнал ретінде де, қаттыөшулік сигналмен қамтамасыз ете алмайды. Жабдықтың өзі операция кезінде қосымша әлсіреуді енгізгендіктен, орташа жерді іздеу керек.

Кесте 3.7 – Теориялық есептеулерді практикамен салыстыру талдауы

Жобалау әдісі	Теоретия	Практика
ОТШ арқылы		
1:32	21,7 dBm	25,04dBm
1:64	25,6 dBm	27,05dBm
п/п		
1:32	21.24dBm	23,03dBm
1:64	24,74dBm	23,02dBm
Муфта арқылы		
1:32	23,6 dBm	25,5 dBm
1:64	26,0 dBm	27,02dBm

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада "Талшықты - оптикалық кабельді төсеу кезінде берілетін сигнал сапасына өшудің әсерін талдау" тақырыбы қарастырылды. Мен бұрын айтып өткенімдей, телекоммуникациялық жүйелерді жетілдірумен деректерді беру жылдамдығына адамның қажеттілігі айтарлықтай жоғары болды, ал өткізу қабілетінің төмендеуіне елеулі әсер ететін ең маңызды параметрлердің бірі өшулік болып табылады. Бұл талдау жүргізудің басты себебі болды.

GPON желісінің барлық учаскелерінде өшудің туындауына толық талдау жасау менің жұмысымның мақсаты болды. Және мен оны жасадым.

Дипломдық жобаны орындау барысында барлық қойылған міндеттерді қарастырдым. Атап айтқанда: талшықты-оптикалық желіні жобалаудың барлық ықтимал нұсқаларын қарап, GPON талшықты-оптикалық желісін жобалау әдістеріне толық салыстырмалы талдау жүргіздім. Сонымен қатар, жұмыстың басты мақсатын орындаған жобалаудың барлық әдістерінің энергетикалық бюджетін іс жүзінде және теориялық тұрғыдан есептедім. Сонымен қатар, оптикалық талшықты-оптикалық кәбілдің ең аз рұқсат етілген өшулігі бар оңтайлы нұсқасын таңдау қажет. Осы міндеттерді орындау барысында Алматы және Талдықорған қалаларында өткізілген тәжірибеге сүйене отырып, жобалаудың белгілі бір әдісін таңдау мүмкін емес, өйткені жобалаудың әрбір әдісі желінің ерекшелігін, абоненттердің сыйымдылығын ескереді. Бірақ тікелей тамақтану арқылы жобалау сияқты өткізу қабілетін арттыру мүмкін. 2-тарауда Қосу әдістерін талдау кіші тақырыбында сигнал қуатын ұлғайтатын барлық мүмкін болатын нұсқаларды келтірді.

1:32 сплиттеу коэффициенті кезінде ең жақсы өткізу қабілеті практика көрсетіп отырғандай, бұл бүгінгі күні 1:64 сплиттеу коэффициентінен Қазақтелеком АҚ-ға ауысудың басты себебі болып табылады. Жұмысты орындау барысында талшықпен сауатты жұмыс практикада болуы мүмкін теориялық өшуді азайтуы мүмкін. Сонымен қатар, желінің жұмыс істеуі өте тамаша сигналда да, қатты өшіп бара жатқан сигналда да мүмкін емес, және алтын орталарды іздеуге тура келеді.

Деректерді беру жылдамдығын арттыру қажеттілігі үнемі артып келе жатқан жаңа талшықты-оптикалық технологиялардың пайда болуына алып келеді, ол жоғары жылдамдықпен сигналдарды үлкен қашықтыққа беруге мүмкіндік береді. Бірақ, егер байланыс желілерін салу және пайдалану кезінде нормалар мен MEMST сақталмаса, осы жетістіктер мен енгізу тиімсіз болады. Бұл дипломдық жұмыста GPON желісінің барлық учаскелерінде өшудің (жоғалтудың) әсерін толық талдау жүргізілді және өткізу қабілетін арттыру бойынша ұсыныстар берілді.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH,SDH, SONET и WDM). - Изд. 2 испр. и доп.– М.: Радио и связь, 2003. – 428с.

2 СТ АО 80429 - 4/041- 2012. АО Казахтелеком правила строительства приемки эксплуатации линейных сооружений пассивных оптических сетей. – А: АО Казахтелеком,2012. – 140 с.

3 Ксенофонов Портнов Э.Л. Направляющие системы электросвязи.– М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 268 с.

4 Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. Перевод с англ. Под редак. Н.Н.Слепов. – М.: Техносфера,2003. – 590с.

5 ГлущенкоА.Г., ГоловкинаМ.В. Конспект лекций Физические основы Волоконной оптики. – С.: ГОУВПО ПГУТИ, 2009. – 167 с.

6 Кемельбеков Б.Ж., Искаков А.К., Мышкин В.Ф., Хан В.А., Шалько А.В. Современные проблемы волоконно-оптических линий связи, т.4 ч.3, Активные элементы и средства контроля ВОЛС. – Т.: Издательство ТПУ, 2005. – 372с.

7 Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А., Шалько А.В. Современные проблемы волоконно-оптических линий связи, т.1 , Волоконно- оптические кабели. – М.: Издательство ТПУ, 1999. – 391с.

8 Оспанова Н.А. Диссертация на соискание ученой степени доктора философии (PhD), Исследование зависимости ослабления сигналов в оптических волокнах от величины раздавливающей силы– А: РК,2015.

9 Juniper catalog. – М.: Juniper catalog,2013.

12 Ксc центр соединительных технологий католог Волоконная оптика – А.: ксc центр соединительных технологий,2010.

**СЫН – ПІКІР**

дипломдық жұмыс

Есебай Мейрамбек Тенгелбайұлы

**5B071900 - Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар**

**Тақырыбына: «Талшықты оптикалық кабельды жүргізу кезіндегі таралатын дабылдың сапасына өшуліктің әсер етуін талдау»**

Орындалды:

- а) графикалық бөлімі 12 бет;  
ә) түсіндірме жазбасы 46 бет.

**ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ**

Бұл дипломдық жұмыста Есебай Мейрамбек Тенгелбайұлы талшықты оптикалық кабельды жүргізу кезіндегі таралатын дабылдың сапасына өшуліктің әсер етуін сараптаған. Дипломдық жұмыс келесі мәселелерді қарастырады:

Біріншіден, бұл дипломдық жұмыстың тақырыбы өзекті болып келеді, өйткені қазіргі таңда оптикалық кәбіл тарту бүкіл Респубика бойынша қарқынды жүруде. Қазіргі таңда абоненттердің тұтынушылық сипаттамалары мен төлем қабілеттілігін ескеретін, аудандардың тұрғын аймақтарын қамтитын қазіргі заманғы кеңжолақты абоненттік желілерді құру мәселелерін шешу үшін бірнеше тұжырымдамалар әзірленді

Екіншіден, телекоммуникациялық жүйелердің дамуымен және жаңа заманауи қызметтердің пайда болуымен байланыс сапасына қойылатын талаптар күшейтілді.

Үшіншіден, сигналды өзгерткеннен кейінгі барлық мүмкін болатын сипаттамалармен таныстырамын. Атап айтқанда, оптикалық талшық материалында энергияның жұтылуына байланысты өзіндікөшуліктер, Рэлеевтің жарық шашырауымен байланысты өшуліктер. Сондай-ақ, GPON технологиясындағы сигнал қуатын жоғалтудың барлық мүмкін болатын нұсқаларын қарастырамын.

Дипломдық жұмыста стилистикалық қателіктер орын алған, бірақ бұл дипломдық жұмыстың өзектілігін төмендетпейді.

Дипломдық жұмыс жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғары дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер мамандығы бойынша ғылыми бағытқа жауап береді.

**Жұмыс бағасы**

Жалпы, дипломдық жұмыс "90/А-/ жақсы" деген бағаға, ал студент Есебай М. Т. 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

**Пікір беруші**

АЭЖБУ, ТЖЖЖ каф. меңгерушісі

техн. ғылт. канд. ы

А. С. Байкенов

2019 ж.

2019 ж.



**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
СЫН-ПІКІРІ**

дипломдық жұмысына

Есебай Мейрамбек Тенгелбайұлы

**5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар**

**Тақырыбына: «Талшықты оптикалық кабельды жүргізу кезіндегі таралатын дабылдың сапасына өшуліктің әсер етуін талдау»**

Бұл дипломдық жұмыста талшықты оптикалық кабельды жүргізу кезіндегі таралатын дабылдың сапасына өшуліктің әсер етуін талдау мақсаты қойылған.

Қойылған мақсатқа сәйкес дипломдық жұмыс көлемінде келесі мәселелер қарастырылған:

- өшуліктің туындау себептерін зерттеу жасалған;
- GPON желісінің барлық учаскелерінде өшуліктің туындауына толық талдау жүргізілген;
- өшулікті өлшеу әдістері мен құралдарын зерттелген;
- өшуліктің туындау себептерін зерттеу нәтижелері сарапталған.

Оптикалық байланыс жүйелерінде толқын ұзындығы бойынша бөлетін мультиплекстеу әдісі қолданылады, оны әдетте толқындық мультиплекстеу деп атайды. Бүгінгі күні бұл әдіс WDM технологиясының таралуына байланысты GPON оптикалық тарату жүйелерінде кеңінен қолданылады.

Оптикалық сигналдарды тарату кезінде талшықтың ішінде Р қуатын жоғалтудан туындаған және жарық толқындарының/бөлшектердің талшықты ортамен өзара әрекеттесуінің әртүрлі сызықтық және сызықтық емес механизмдерімен шартталған оның экспоненциалды өшулігі орын алады.

Оптикалық байланыс желісінің негізгі шектелуі оптикалық энергетикалық бюджет болып табылады. Оптикалық бюджет – кіру және шығу сигналының оптикалық шекаралары немесе кіру тоқтаған сәтке дейін сақталатын мүмкін жоғалтулар болып табылады.

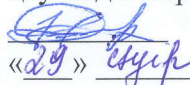
Бұл дипломдық жұмыс жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғары дәрежеде жазылған, нәтижелер ақпаратты бөгеуілден қорғау және тарату жүйелерінің ғылыми бағытына жауап береді.

Жалпы, дипломдық жұмысты "90" (А-) өте жақсы деген бағаға, ал студент Есебай М. Т. 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

**Ғылыми жетекші**

ЭТЖҒТ кафедрасының

қауымдастырылған лекторы

 Н.А. Джунусов  
«29» \_\_\_\_\_ 2019 ж.