

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

Канатбекова Дарина

Алматы қаласында Шұғыла ықшам ауданына FTTN желісін жобалау

Дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ФЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сотбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және гарыштық технологиялар кафедрасы

**КОРГАУФА ЖІБЕРЛДІ**

Кафедра менгерушісі  
төк.ғыл.канд., профессор

*Ж.Ш.Т.* Е.Таштай  
«25» 04 2019 ж.

Дипломдық жобага

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

Такырыбы: Алматы қаласында Шүгыла ыңшам ауданына FTTH желісін  
жобалау

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Канатбекова Дарина

Рецензия беруші  
ҚазҰАУ, ЭУЖА каф.  
доктор PhD,  
қауымдастырылған профессор  
*Н.Б.* Нұрғебек Н.Б.  
«20» 04 2019 ж.

Фылыми жетекші  
ЭТжFT каф. техн.ғыл.маг.,  
лекторы

*Г.М.* Байкенова Г.М.  
«24» 04 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Акпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**КОРГАУҒА ЖІБЕРЛІДІ**

Кафедра менгерушісі  
техника, профессор

*Омар* Е.Таштай

«25 » 04 2019 ж.

**Дипломдық жоба орындауда  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Канатбекова Дауна

Такырыбы: IP протоколы бойынша дыбыстық жіберу жөнін жоба

Университет ректорының «Іб» қазат 2018 ж. №1162-б бүйрекмен  
бекітілген

Аяқталған жобаны талсызу мерзімі «18 » 04 2019 жыл.

Дипломдық жұмыстасқарастырылатын маселелер тізімі оптикалық кабынау  
желілерінің жалпылама архитектурасы; FTTH архитектурасының түрлі  
нұсқалары.

Дипломдық жұмыста жағдайының маселелер тізімі:

1) Аддаты қаласында FTTH жөнін жоба, PON жөнін  
архитектурасы;

2) Көзметті басқарудагы және үйлестірудеги шешімдер, Ethernet  
технологиясын қолданатын жөнілік нұрылым FTTH топологиясы «жүнделдіктен»;

3) Тірекшілік сымдық кабельдік орналасуы; Жабдық

Сызбалық материалдар тізімі (міндегі сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызбалық материалдар слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі адебиет 17 атау

ДИПЛОМДЫК ЖУМЫСТЫ (ЖОБАНЫ) ДАЙЫНДАУ  
КЕСТЕСІ

Белімдер атауы, каратырылған мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге керсету мерзімі	Ескерту
IP телефондарының сапасына зор ететін мәнді факторлар	8.02.2019	<i>жоба</i>
IP-телефондама кызмет ету сапасының судбасы;	22.03.2019	<i>жоба</i>
PSQM әдісі бойынша создік объекттердегі сапасын өлинеу судбасы; IP желісіндегі кідірудің таратылусының судбасы.	21.04.2019	<i>жоба</i>

Дипломдық жұмыс (жоба) белімдерінің кеңесшілері мен  
норма бақылаушының аяқталған жұмыска (жобага) қойған  
колтандырылған мемлекеттік міндеттерінің аяқталған жұмысқа (жоба)  
қойған колтандырылған міндеттерінің аяқталған жұмысқа (жоба)

Белімдер атауы	Кеңесшілер (аты, ажыраЯтылық аты, тегі, ғылыми дарежесі, атағы)	Кол көйгілген күні	Колы
Норма бақылау	Тайсариева К.Н. PhD., докторы, сенior лектор	<i>25.04.19</i>	<i>Г.Байксанова</i>

Ғылыми жетекшісі *Г.Байксанова*  
(колы)

Тапсырматы орындауга алған білім алушы *Д.Канатбекова*  
Күні *25* *04* 2019 ж.

## **АНДАТПА**

Бұл диплом жұмыста Алматы қаласында Шұғыла ықшам ауданына FTTH желісін жобалау қарастырылған. Автоматтандырылған телефон торабын сандық электронды торабына Cisco ауыстыру жобасы жасалынды.

Сонымен қатар, телефон торабының кіріс, шығыс, қала-аралық жүктемелері есептелінді. Басқа телефон тораптарымен байланыстыратын желілер саны есептелінді. Жабдықтар көлемі есептелініп, автозал жабдықтарының орналасу жоспары келтірілген.

## **АННОТАЦИЯ**

В рамках данной дипломной работы планируется проектирование сети FTTH в микрорайоне Шугыла в Алматы. Автоматизированная телефонная сеть была создана для замены цифровой сети Cisco.

Кроме того, была рассчитана выручка, выезд, межгородская нагрузка мобильной сети. Количество линий, которые соединяются с другими телефонными узлами, было рассчитано. План установки оборудования автосохранения был рассчитан исходя из объема оборудования.

## **ANNOTATION**

The FTTH project is planned to be built in the microchairs in Shugla in Almaty. An automated telephone line can be used for the Cisco digital network.

Otherwise, it would be worth the trip, the exit, the traffic of the mobile network. The number of lines that link to other phone lines is calculated. The vehicle is equipped with a complete set of equipment.

## **МАЗМУНЫ**

Кіріспе	9
1 Жобаның тақырыбы бойынша аналитикалық зерттеулер және оларды шешу	10
1.1 FTTH желісінің архитектурасы	10
1.2 Алматыдағы қазіргі заманғы желілерді талдау	20
1.3 Желіні дамыту кезеңдері	22
1.4 Тапсырманы қою	28
2 Жобалық шешімдер	30
2.1 ETTN - құрылышының әдістері	30
2.2 Жобаның техникалық сипаттамалары	32
3 Есептеу бөлімі	37
3.1 Тарату жүйесінің және оптикалық кабелдің сипаттамасы	37
3.2 Оптикалық кабельдегі негізгі энергия шығындары	39
3.3 Талшық параметрлерін және регенерациялық бөлімшенің ұзындығын есептеу	42
3.4 EDFA оптикалық күшейткіштерін есептеу	50
3.5 Ішкі тарату	55
Қорытынды	62
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	63

## KIPICPE

Телекоммуникациялық жүйелердің қазіргі заманғы дамуы екі маңызды айырмашылықпен сипатталады. Біріншіден, жаңа ақпараттық және коммуникациялық қызметтер операторлар үшін төлеуге қабілетті болады, бұл операторға негізгі табыс әкеледі. Екіншіден, ақпаратты коммутациялау, коммутациялау және өндөудің жаңа технологиялары электр желілерін тиімді жаңғыруға және оператордың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұған ақпараттық және коммуникациялық қызметтердің кең ауқымы бар мультисервистік желілерге бірте-бірте көшу арқылы қол жеткізіледі.

Жаңарту үрдісі интеграцияланған телекоммуникациялық желілердің (EIS) барлық иерархиялық деңгейлерін - қол жетімділіктен халықаралық деңгейге дейін қамтиды. Ең күрделі өзгерістер жергілікті (қалалық және ауылдық) желілерде орын алады. Бұл EMS жақсартудың (ITC) осы аспекті үшін заманауи техникалық материал. ITM-тің негізгі мақсаты - барлық ақпараттық-коммуникациялық жүйені тиімді дамытуды қамтамасыз ететін жергілікті электр желілерін жаңарту процесін дамыту. Жаңа технологиялардың айрықша ерекшелігі оның тиімсіз пайдаланылуының оң нағіже бермейтіндігі және кейбір жағдайларда оператордың бизнес үдерістеріне теріс есеп етегіндігі болып табылады.

«Алматыдағы FTTH желісінің құрылышы» жобасы «Казахтелеком» АҚ филиалы - «Алматытелеңком» қалалық телекоммуникация торабында, сондай-ақ дамыған және дамушы елдердің ұлттық телекоммуникация желісін жаңғыру үрдісінде қолданылуда.

Шұғыла шағын ауданын және ЕТНН (қала орталығының) абоненттерін жабу үшін қолжетімді гибридтік желілерді салу үшін орталық торап жабдықтарын орнату жоспарланып отыр.

ITM бес негізгі бөлімнен тұрады. Бірінші бөлім ағылшын тіліндегі қысқартулардағы ең көп тараған терминдер мен анықтамалар туралы жаңа буын байланыс желілерін талқылайды. Тұжырымдаманың болмауы ұлттық техникалық әдебиетте көрінбейтін белгілі бір жағдайлардың дамуына ықпал етеді.

.

# 1 Жобаның тақырыбы бойынша аналитикалық зерттеулер және оларды шешу

## 1.1 FTTH желісінің архитектурасы

FTTH желілерінің архитектурасын үш негізгі санатқа бөлуге болады:

- «Ring» Ethernet қосқыштары.
- «Star» Ethernet қосқыштары.- PON технологиясы бойынша орманның пассивті оптикалық желісі.

Ethernet негізіндегі сәулет. Шапшаң нарыкка кол жеткізу және клиенттердің канагаттану деңгейінің төмендігі Ethernet коммутация жүйесіне негізделген желі сәулетінің пайда болуына себеп болды. Ethernet желілері мен Ethernet-коммутацияланған желілер арқылы деректерді беру корпоративтік желінің пайда болуына, арзан бағаға, тауарлардың пайда болуына және жаңа өнімдерді сатып алуға әкелді.

Шын мәнінде, бірінші европалық FTTH Ethernet жобаларының сәулеті жоғары қабатты ғимараттардың қабаттарында орналасқан және Gigabit Ethernet технологиясы сияқты сақиналарға біріктірілген.

Бұл кабельдің зақымдалуына және әрбір қабылдағыш сақинасына (1 Гбит / с) жеткілікті жылдамдықпен байланысты болуы мүмкін, бұл пайдалы, бірақ жүгірткі енін қамтамасыз етпейді, сондай-ақ сәулеттің ауқымдылығын қынданатады.

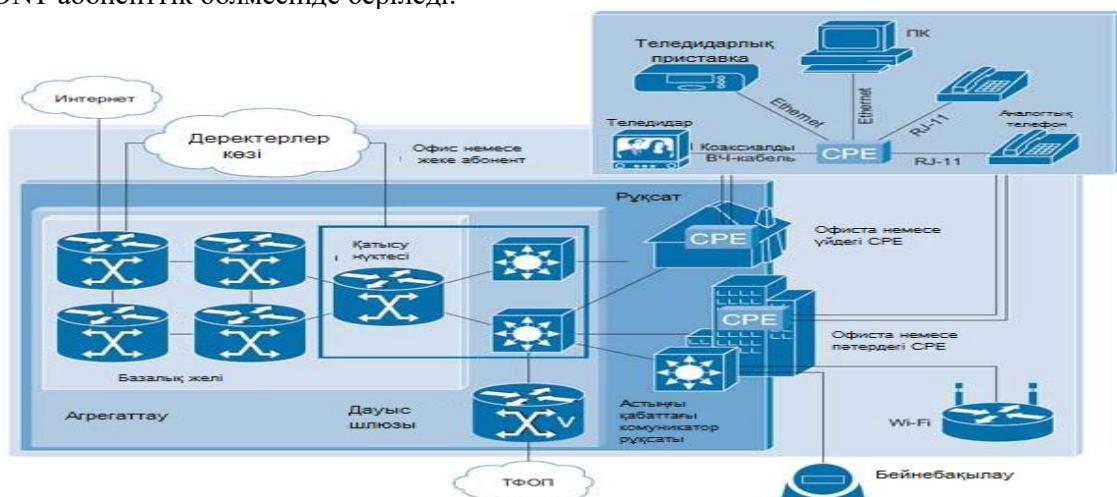
Кейінірек жұлдызға негізделген Ethernet архитектурасы кең таралған (1-сурет). Келесі архитектура талшықты-оптикалық желіні (әдетте 100BX немесе 1000BX арқылы Ethernet деректерін тасымалдайтын қарапайым сызық) әрбір соғыс нүктеден нүктеге (POP) орналастырылған деп болжайды, яғни олар қосқышқа қосылған дегенді білдіреді.

Соңғы құрылғылар көп қабатты ғимараттарда жеке апартаменттермен, пәтерлермен немесе жертөлелермен жабдықталуы мүмкін, онда коммутатор тиісті техниканы қолдана отырып, барлық пәтерлерге жеткізіледі.

PON-сәулет. FTTH желілерін орналастыру үшін пассивті оптикалық желі үшін PON негізіндегі архитектураны пайдаланған кезде, талшықты-оптикалық желі абоненттерге 1:64 немесе 1: 128 пассивті оптикалық бөлімдерге бөлінеді.

PON дерекқорындағы FTTH сәулеті әдетте Ethernet-ді қолдайды. Кейбір жағдайларда қосымша толқын ұзындығын кеңейту (төменгі жағдайда) дәстүрлі аналогтық және цифрлық теледидар қызметтеріне IP үйлесімді теледидарды пайдаланбай қолданылады.

1.2-сурет оптикалық сызық (ONT) немесе оптикалық желілік құрылғы (оптикалық желілік модуль, ONU) арқылы PON оптикалық сызығын көрсетеді. Жеке пайдалану үшін ONT. ONU құрылғысы әдетте жертөледе немесе бункерде орналасады және пайдаланушы топтарын бөледі. Дауыстық қызметтер, соның ішінде деректер және бейне қызметтері, абоненттік кабельге ONU немесе ONT абоненттік бөлмесінде беріледі.

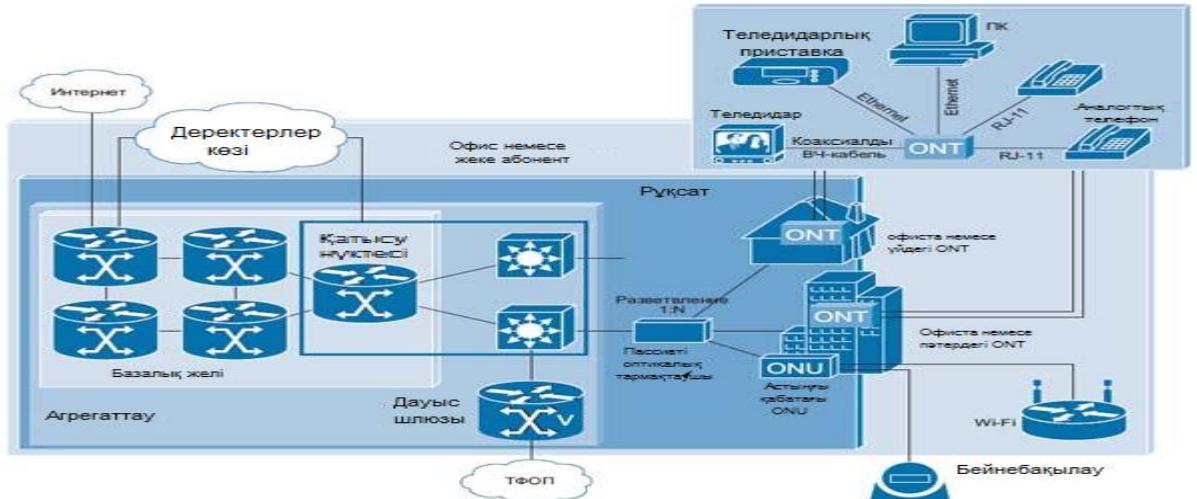


Сурет 1.1 - Ethernet FTTH архитектурасы «Жұлдызша» топологиясымен

Берілу панелінің параметрлері деректер ағындарын баяулатады және олар жіберілетін жылдамдықты көрсетеді. Бұл аударымның жылдамдығы тарифтік жоспарға сәйкес 16, 32, 64 немесе 128 құрайды.

BPON Architecture - АҚШ-тағы қызмет көрсетушілердің дәстүрлі технологиясы, бірақ басқа дизайнерлер оны дереу тоқтатады.

Сонымен катар, EPON Gigabit Ethernet технологиясы бағаны төмендегуте арналған және GPON архитектурасы жоғары деректерді беру жылдамдығы, тоқтау уақыты мен банкоматты және TDM трафигін қамтамасыз етуге арналған.



Сурет 1.2 - Пассивті оптикалық желінің (PON) архитектурасы

Бұл функция есікі протоколдар қосылғанда практикада сирек пайдаланылады. Оның орнына GPON сәулеті Ethernet көлік платформасы ретінде пайдаланылады.

PON архитектурасының артықшылықтары мен кемшіліктері.

Оның орнына PON негізіндегі нүктеге негізделген талышқыты желіні пайдаланатын үш негізгі қызмет провайдері бар, бірақ бұл артықшылықтар әрқашан салыстырмалы талдау үшін маңызды бағдар болып табылмайды.

Сақтау үшін талышқыты-оптикалық кабель.

PON желісіндегі FTTH желісін пайдалану - орталық АТС немесе кіру нүктесінде аспект оптикалық бөлгіштерін сақтайтын талышқыты-оптикалық желі. Қызмет провайдерінде АТС мен стенд арасындағы қосымша кабельдер немесе қосымша кабельдер болса, бұл жаңа транштардың қажеттілігін жояды. Дегенмен, практика көрсеткендегі, талышқыты-оптикалық инфрақұрылымның болуы жиі бағаланады және жақында далалық жұмыстардың маңызды бөлігіне айналды.

Әуе желілерін пайдалану, әдетте, талышқыты-оптикалық кабель мен стендтің өмірін шектейді, бұл Жапониядагы EPON желісін кеңейтуге экелді.

Орталық АТС-да немесе қалпына келтіру жұмыстары жүргізіletін жерде порттарды сақтаңыз.

Порт-дебаттардың үш аспектісі бар.

Біріншіден, нүкте-нүкте топологиясында оптикалық интерфейс осы архитектураны бағанмен салыстырғанда бағалайтын көптеген абоненттер сияқты бірдей порттарды пайдаланатын әрбір абонент үшін пайдаланылады. Алайда көп жылдық тәжірибе Ethernet порттарын пайдалану құны PON порттарын пайдалану кезінде өте бәсекеге қабілетті екенін көрсетеді. Ethernet портының құны корпоративті желілер мен қызмет көрсетушілерге арналған көптеген порттар болғандықтан, GPON порттары тек осы технология үшін ғана пайдаланылады және аз көлемде шығарылады.

Екіншіден, FTTH қызметтің 100% -ын тіркейтін болсақ, PON-дагы нүкте FTTH Ethernet желісінен әлдеқайда жұқа болады. Содан кейін абоненттердің нақты пайызын (төменде сипатталғандай) алсаңыз, ешқандай айырмашылық жоқ. Бұл абоненттік базаның PON (OLT) порты бірінші порты үшін қажет, себебі OLT порттарының пайыздық үлесі қызмет абоненттерінің төмен пайызы салдарынан төмендей алмайды.

Үшіншіден, желілік гимараттардан бірнеше мың талышқыты-оптикалық желілер құрылышы үшін жаңа оптикалық бақылау аландары болмаған жағдайда, көптеген талышқыты-оптикалық желілердің жұмысы өте кын. 1.3-сурет оптикалық стендті көрсетеді. Келесі түйіндер Еуропадагы

нүктелі-нүктелі архитектураны қолданатын FTTH желілері болып табылады (P2P FTTH). Мұндай түйін әрбір жағдайы бойынша 2000 сзықты оптикалық сзықты қолдай алады.

Аналогық бейне қабаттастыру.

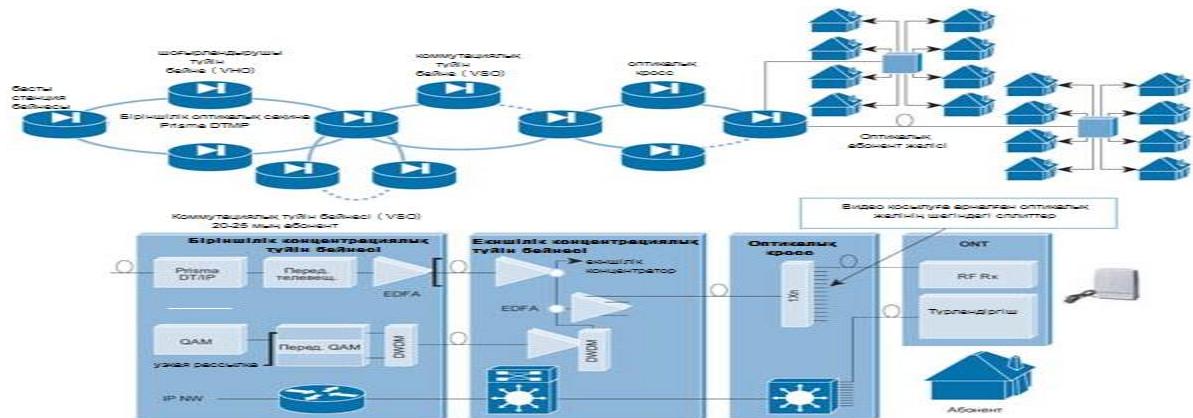
Табиғат бойынша, PON - толық ақпарат құралы, ал кейбір қызмет провайдерлері аналогты немесе сандық теледидар сигналдарын алуға мүмкіндік беретін бейне хабар алmasу үшін тартымды.

Алайда P2P FTTH топологиясына нүктелік-нүктелі қосалқы қосылым қосыңыз (1.4-суретті қараңыз). Бұл кезеңде қызмет провайдерлері бөлінген архитектура және бейне тарату үшін оптикалық қабаттасу оптикалымен топологияны жасайды және іске асырады, сондай-ақ барлық өзін-өзі қамтамасыз ету үшін, соның ішінде IPTV үшін топтастыру нүктелерін топтастыру топологиясы.



Сурет 1.3 – Жоғары тығыздықты оптикалық сзықтар үшін таратушы түйін (дереккөз: Huber&Suhner)

Бұл құрылым интерактивті қызметтер үшін PON желісін пайдаланумен қатар көптеген абоненттер үшін оңтайландырылуы мүмкін.



Сурет 1.4 – Scientific Atlanta компаниясында шыгарылған түйіндерді пайдаланатын теледидар сигналының қабаттасуы бар архитектурасы

PON-сәuletінің мәселесі.

Қызмет жеткізушілері PON инерциалды сәuletін жазу кезінде бірқатар қындықтарға тап болады. Жиынтық өткізу қабілеттілігі.

PON-желісінің талшықты-оптикалық желісінің сыйымдылығын көптеген абоненттер пайдаланады, бұл әр абоненттің құныны өзгертуге мүмкіндік береді.

GPON технологиясы, ұзак мерзімді перспективада сервистерге және абоненттерге деген сұранысты қанагаттандырмайтын жылдамдықтың экспоненциалды өсуіне байланысты 2,5 Гбит / с дейін баяу қозғалатын ағындардың жалпы өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді. Тасымалдаушының кейбір бөліктері тіпті ағындық қызметтерге (IPTV сияқты) да сакталуы тиіс, бұл өткізу қабілеттілігінің жоғалуына әкелуі мүмкін.

#### Шифрлау

PON ортақ орта болғандықтан, барлық деректер ағындары шифрлануы керек.

GPON технологиясы баяу декодтауды қолданады және 256-биттік шифрлау стандарты (AES) пайдалануышы жеке ақпаратты қорғайды және қызмет көрсетушілерге қызметтерді ұрлаудан аулақ болады. Алайда AES стандартының сенімділігі өнімділіктің төмендеуіне әкеледі. Шифрлауға қажетті маңызды ақпарат әрбір пакетте ұсынылуы керек, бұл PON деректер беру жылдамдығының төмендеуіне әкеледі (әртүрлі трафиктің түрлеріне байланысты).

Деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы.

Соңғы құрылғылардың әрқайсысы (ONT немесе OLT) қайта шығарылмаған PON оптикалық ортақ агенттерін пайдаланатындықтан, ол сілтеме жылдамдықтарында жұмыс істеуге тиіс. Егер клиент тек 25 Мбит / с төлсесе, бұл PON (ONT) GPRS желісінде 2,5 Гбит / с жылдамдықта жұмыс істеуге тиіс. Оңтайлы тасымалдау жылдамдығынан 100 есе жоғары электронды жылдамдық компоненттердің, әсіресе өнімнің көлемін арттырады.

#### Оптикалық сигнал құші.

Байланыс желісінің қуаты әр қосылыста 1: 2 қатынасында 3,4 дБ дейін азаяды. Демек, байланыс желісінің мүмкін қуаты 1: 64 қатынасында (коэффициент 110) 20,4 дБ дейін төмендейді. Нәтижесінде PON архитектурасындағы барлық оптикалық таратқыштар екі нүктелі FTTN архитектурасына қарағанда, 110 есе артық оптикалық сигнал қуатын беруі керек.

Жазылу жолдарының болуы.

Жергілікті циклдің (LLU) тармақталуы - абоненттік мыс участекеріне қол жетімді баламалы операторларды ұсыну, мысалы, желілердің телефон желілеріне DSL қызметтеріне қолжетімділікті көңейту және көңжолақты байланыс қызметтеріне тарифтерді төмендету. провайдерлерге қол жетімділік. рұқсат етілген

PON желілөрі LLU талаптарына сәйкес келмегендіктен, PON-да бір ғана оптикалық талшықты желі бар (1.5-суретті қараңыз), ол физикалық ғана емес, сондай-ақ абоненттік топтарды қосу үшін логикалық қабаттар үшін болінеді. PON негізіндегі пассивті оптикалық желінің ерекшелігі абонентке қол жетімді емес қызметтің негізгі операторыны (LLU) «Оператор желісі» секциясы арқылы алдын ала болжауга мүмкіндік береді. Жаңа FTTN желілерінің көпшілігі Еуропада жаңа бизнес мүмкіндіктері үшін нормативтік талаптарға сәйкес келмейтін жазылым сызықтарының кейбір түрлерін ұсынады.

Абоненттің қол жетімділігі.

Талшықты-оптикалық желі бір мезгілде FTTN желілерін белгілі бір аймақта әлеуетті абоненттерге қосу кезінде қосылады. Пассивті оптикалық желі жағдайында барлық осы талшықты-оптикалық сызықтар сплиттерге қосылады және орталық АТС-ке немесе оптикалық кабельге нүкте басына бекітіледі. Абоненттер FTTN желісіне барлық талшықты-оптикалық желілер пайда

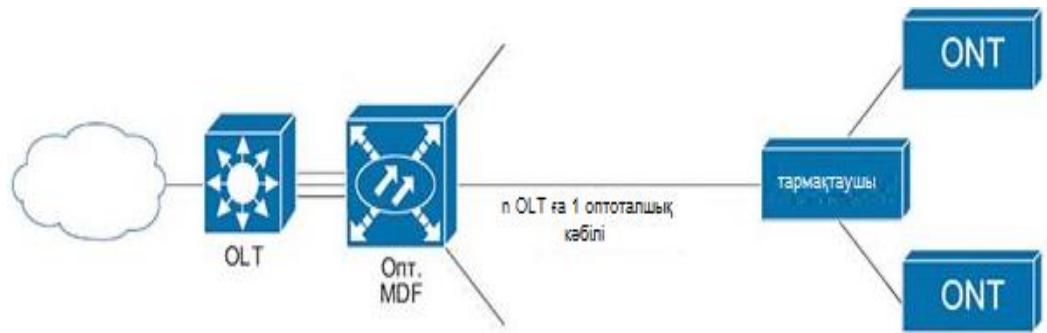
болғаннан кейін жазыла алады.

Қызмет көрсету, ақаулықтарды жою және іздеу.

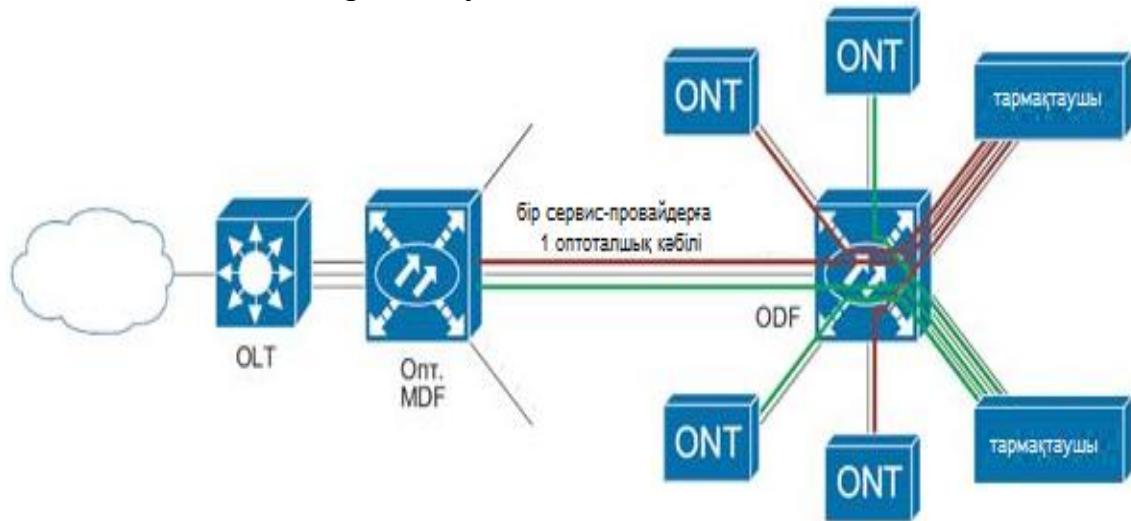
Косымша флэш дискілер ақаулықтарды жою туралы ақпаратты желі орталығына жібере алмайды. Демек, оптикалық уақыт рефлектометрі (OTDR) арқылы абоненттік оптикалық сызық (ONT) мен терминал құрылғысы арасындағы талшықты-оптикалық сызық арасындағы кез-келген ақауды анықтау оңай. Бұл PON-ті ақаулықтарды жоюға мүмкіндік береді және операциялық шығындарды арттырады.

#### Тұрақтылық

Егер тесілген оптикалық желілік терминалдар (ONT) зақымдалған болса, ол талшықты-оптикалық ағашқа статикалық жарық жібере алады, пассивті оптикалық желінің барлық абоненттерімен байланыс орнатып, бүлінген құрылғыны анықтайды. Мұндай зиянды құрылымдардан аулақ болуга болады, егер бұл үздіксіз жарық сигнал бүкіл ағаш коммуникация жүйесін тоқтата алса, бұл мәселе жаудың әрекеттерінен туындауы мүмкін.



Сурет 1.5 - PON разветвительдің базасындағы архитектура үшін LLU орындалуының шектілігі



Сурет 1.6 – LLU талаптарын орындау үшін оптикалық реттегіш түйінмен оптоталшықты сзық

Көші-қон технологиясы.

Біраз уақыттан кейін PON өнімділігін арттыратын жаңа технологияларды жаңартуға уақыт алады. IEEE және МӘС-Т пассивті оптикалық желілерге қойылатын стандартты талаптарға сәйкес 10 Гбит / с жылдамдықтағы деректерді берудің соңғы кезеңінде жұмыс істейді. Бұл шешімдер PON (GPON немесе EPON) үйлесімді болмауы мүмкін. Бұл жағдайда бір PON технологиясын екіншісіне ауыстырудың екі жолы бар:

- Оптикалық агаشتың барлық қызметтері, барлық жаңа құрылғыларды ауыстыру, содан кейін қызмет көрсету құрылымына оралу. Оптикалық желілік терминал (ONT) терминалдары, әдетте, қызмет провайдеріне тікелей қол жетімді емес абоненттік аймақта орналасқандықтан, бұл процесс үйімдастыру мәселелерін тудыруы және өлімге әкелуі мүмкін;

- Бұл талшықтардың толқын ұзындығын қоспағанда, жаңа PON технологиясын енгізу үшін толқын ұзындығы тығыздаудың қолданының. PON қабылдағыштары толқын ұзындығы таңдалмағандықтан, вакуумды іске қоспас бұрын барлық соңғы құрылғыларда толқын ұзындығы сүзгісін орнату керек.

Белсенді емес оптикалық желинің Ethernet FTTN (P2P) архитектурасының артықшылығы. Ethernet FTTN PON-ке қараганда көптеген артықшылықтарға ие.

Белсенді шексіз өткізу қабілеттілігі.

Талшықты-оптикалық байланыс қызметтерді өткізу кезінде максималды икемділікке жету үшін өткізу қабілеттілігінің қажеттілігін арттыратын нақты кедергілерсіз өнімділікті арттыра алады.

Ethernet FTTN архитектурасы қызмет көрсету провайдерлеріне әр абонент үшін қажетті жолақ өткізу қабілеттін қамтамасыз етуге және желідегі әрбір клиент үшін жеке өткізу қабілетті профилін жасауға мүмкіндік береді. Жеке немесе корпоративтік пайдаланушылар кез-келген уақытта қажет кез-келген симметриялық өткізу қабілеттін ала алады.

Алыс әдеттегі FTTN Ethernet қатынау желісінің конфигурациясы 100BX немесе 1000BX технологиясын пайдалана отырып, арзан желілер үшін ең көп әсер ету шегі 10 км. Оңтайлы сигнал

куатын қамтамасыз ету үшін оптикалық модульдерді, сондай-ақ оптикалық модульдермен талшықты-оптикалық кабельдерді Ethernet құрылғысындағы кез келген портқа қосу үшін пайдалануға болады. Төмен тығыздықтағы аймақтарда Ethernet коннекторы басқа абоненттерге әсер етпейтін әр түрлі FTTH Ethernet қосылымдарын қолдана алады.

Икемді өсу.

FTTH Ethernet кіріс коннекторына тіркелген абоненттер тек порттарды пайдалана алады. Жаңа жазылуышыларға арналған жағдайда сіз мазмұнның жоғары деңгейі бар қосымша Ethernet желілік модульдерін қоса аласыз. Керінше, PON негізіндегі архитектуралық оптикалық ағаштан бірінші абонент үшін пайдаланғанда, ең қымбат OLT порты талап етіледі және абоненттер осы PON ағашына қосылған кезде ONT-ке қосылу құны жоғарылатылады.

Технологиялық тәуелсіздік.

Gigabit Ethernet қолданыстағы FTTH Ethernet конфигурациясында қолданылғанда, ол 30-40 жылға дәл болмауы мүмкін. Алайда, талшықты-оптикалық желі кез келген жаңа тарату технологиясын қолдайтын орта болып табылады. Кейбір жағдайларда, оптикалық-оптикалық технология SONET / SDH немесе Fibre Channel сияқты корпоративтік абоненттерді қосу үшін пайдаланылады. Бұл технологиялар Ethernet FTTH сияқты бірдей саусақ іздері желілері мен көптеген жағдайларда Ethernet агрегаттық платформалар арқылы оңай таратылуы мүмкін.

Науадағы электр желісі.

Бір арналы талшықты-оптикалық желілер пайдаланылатын технология мен деректерді беру жылдамдығына байланысты болмаған кезде, басқа абоненттердің жұмысына әсер етпей, жылдамдықты оңай көбейте алады. Мысалы, Fast Ethernet технологиясын қолданатын абонент келесі жылы GPRS-ді басқа коммутатор портына қосуға, абоненттің оптикалық желісін ауыстыруға және Ethernet құрылғысын Gigabit Ethernet-ден абоненттік аймаққа ауыстыру мүмкіндігіне ие болады. Бұл өзгерістер басқа FTTH Ethernet қатынау желілерінің жұмысына әсер етпейді.

Абоненттік желі департаменті. Абоненттік желі әдеттегі Ethernet FTTH архитектурасы болып табылады. Бұл оптикалық желінің белсенді емес сәулетінде іске асыруға қын PON ағашындағы таратқыштың жалпы сипаттамасы. Абоненттік желі модульдерін енгізу принципі FTTH технологиясын тандаудың негізгі өлшемі болып табылады, ал Еуропадағы кейбір жаңа компаниялар желі инфрақұрылымының бірнеше жеткізушілеріне қолжетімді желіні құруға тырысады.

Қауіпсіздік

Бүгінгі күні талшықты талшықтар жазық медиадан гөрі ең қорғалған (физикалық) орта болып табылады. Қызмет провайдерлері пайдаланатын Ethernet коннекторларында порттар мен физикалық деңгейдегі абоненттердің логикалық таратылуын қамтамасыз ету және кіріс конырауарының барлық әрекеттерін болдырмау үшін сенімді функциялар бар.

Клиенттің аумағында жабдық.

Ethernet FTTH архитектурасы - абонент аумағында қол жетімді желі кеңістігін пайдалану және әрбір абонентке толығымен қызмет ету үшін жеткілікті функционалдығы бар СРЕ абоненттік көмекші құралын пайдалану. Бұл Ethernet СРЕ құрылғылары өте қымбат және әдетте пәтерлерде немесе клиенттің үйінде орналасады.

PONEer оптикалық желі негізіндегі архитектуралық (PON) қолданғанда, СРЕ құрылғылары (ONT) PON архитектурасының ажырамас бөлігі болып табылады, ойткені олар ортақ хабар тарату ортасында жұмыс істегендегі басқа құрылғылармен өзара әрекеттеседі. Ethernet СРЕ қарапайым функцияларына қосымша (кіріктірілген маршрутизатор / қосқыш, VoIP колдау, басқару функциялары) PON архитектурасы келесі функцияларды орындаиды:

- PON органын басқару хаттамасына қол жеткізу;
- берілген OLT нүктесінде ONT құрылғысы арқылы деректерді беруді қамтамасыз етуге арналған лазерлік сәулелер (импульстік модуляцияланған лазерлер);
  - оптикалық сигнал деңгейі (Ethernet оптикалық интерфейстері арқылы 20,4 дБ дейін);
  - құшті шифрлау;
  - өте жоғары жылдамдық.

Бұл қосымша мүмкіндіктер PON архитектурасы ONT нүктеден нүктелі топологияда қолданылатын FTTH Ethernet СРЕ құрылғысынан әлдеқайда жоғары екендігін анық көрсетеді.

GPON технологиясы әлі де толық емес және OLT құрылғылары мен ONT құрылғылары мен басқа өндірушілер арасында байланыс жоқ. Бұл ADSL технологиясының ерте сатысында қолдануға үкссас.

Жоғарыда сипатталған қауіпсіздік мәселелеріне байланысты, қызмет көрсетушілер әдетте абоненттердің желінің тұтастығына зиян келтіруі мүмкін арзан құрылғыларды сатып алуға кедергі жасайтын ONT оптикалық желісін сатып алады және енгізеді.

Егер кеңседен кетудің қажеті болмаса, Ethernet FTTH СРЕ-ін арзан құрылғылармен ауыстыруға болады. Дегенмен, бұл қауіпсіздік мәселесі емес, өйткені ол кез келген қажетсіз режимдерді анықтай алады және қол жетімді қосқыштың тиісті портын өшіре алады. Қызмет жеткізушилер Ethernet СРЕ (мысалы, орталықтандырылған басқару) болуы мүмкін және олардың желілеріндегі барлық пайдалануышы құрылғыларына толық қол жеткізе алады.

Жеке сектордағы СРЕ функционалды дамуы клиенттерді қамту циклына сәйкес келеді. PON желісі үшін ONT құрылғысының жұмысын жақсарту үшін, қызмет провайдерініз ONT құрылғысын динамикалық түрде жаңартуды қажет етеді. СРЕ-ді ауыстыру құнын болдырмау үшін Ethernet СРЕ және PON ONT құрылғыларын нақты болу керек. Бұл тапсырыс берушіге немесе қызмет провайдеріне СРЕ құрылғыларын оңай ауыстыруға мүмкіндік береді.

Бағасы (операциялық емес шығындар).

FTTH желілерін орналастыруды қамтамасыз ететін компаниялардың шығындары талшықты-оптикалық желілер мен құрылғыларды иелену мен орналастырудың күрделі шығындарымен салыстырғанда елеулі болып табылады.

Қазіргі уақытта архитектураларды осы параметрмен салыстыру үшін жеткіліксіз деректер бар және нүктे-нүкте топологиясында Ethernet FTTH желісін пайдалану құны PON FTTH сәулетіне қарағанда төмен. Ең маңызды аспектілер 1.1 кестесінде көрсетілген.

### Кесте 1.1 – архитектураларды эксплуатациялауға шығындармен байланысты мәселелер

Мәселе	«Нүкте-нүкте» Ethernet FTTH	PON оптикалық желі
Қолжетімділік кезде ресурстарды жоспарлау	Жай: белгіленген оптоталшықты сызық	Күрделі: абоненттер бір-біріне тәуелді, таратушы ортақ орта
Жобалаудың ережесі	Жай: белгіленген оптоталшықты сызық	Күрделі: PON агашиндағы барлық абоненттер үшін жұмыстың орындалу қажеттілігі
Оптоталшықты сызықтың ақаулығын жою және іздеу	Жай: шағылған толқындарды өлшеу әдісімен бұзы орның анықтау (рефлектометрмен)	Күрделі: тармақтаушыдан кейін бұзы мекенің анықтау күни
Шифрлау кілтімен басқару	Қажет етпейді	Қажет
Өткізу жолағын пайдаланудың тиімділігі	Үйлесімді: шектеу жок	Шектеулі: басқару хаттамасының қызметтік мәліметтерін тарату (синхрондау циклдері), шифрлаудың қызметтік мәліметтерін тарату
Технологияның немесе өткізу жолағының жаңалауы	Жай: әр абонент үшін жеке орындалуы мүмкін	Күрделі: барлық белсенді жабдықты бір уақытта ауыстыру немесе басқа толқын ұзындығының қабаттасуы
Клиенттің басқа провайдерге өтуі	Линиялардың оптикалық реттегіш тіреуішке (кроска) қосылуы немесе кескіндердің өзгеруі	Кескіндердің өзгеруі (трафикті аудару)

	(трафикті аудару)	
Жаңа абонентті қосу	Линиялардың оптикалық реттегіш тіреуішке (крос қа) қосылуы және күрделі шығынның үне мімен орнына төлейтін коммутаторды кескіндеу	OLT конфигурациялау
Кабельдің үзілу себебінен жұмыста үзіліс	Улken, егер нүктө қатысуына жақын болса (улken оптоталшықты сзықты қалпына келтіру керек), кіші, егер абонентке жақын болса (жай диагностика)	Кіші, егер нүктө қатысуына жақын болса (кіші оптоталшықты сзықты қалпына келтіру керек), үлken, егер абонентке жақын болса (күрделі диагностика)

Бұрын талқыланған аспектілердің бірі - құрылым жұмыстарына байланысты кабель кабельдерінің әсер етуі. Ethernet желісіне сәйкес, бірнеше жүз талшықты-оптикалық сзықтары бар үлken кабельді нүктеге ұқсайды немесе АТС-ге жақын, бұл ең нашар опция. Бұл кабельді қалпына келтіру үшін көп уақыт кетеді, себебі PON трафигіне қарағанда желілер аз болады. Дегенмен, нүктелік-топологияда қолданылатын кез-келген кабельдерге төмендегілер қолданылмайды. Келесі апартты оқиғалар сирек кездеседі. Сонымен қатар, бұл мәселені үлken аумақта орналастыруға болатын кішкене кәбілдердің көп болуына байланысты азайтуға және азайтуға болады. Сонында, бір кабель (кабель) зақымдалғанда абоненттердің салыстырмалы түрде аз саны зардап шегеді.

Дегенмен, бұл аймақты ақаулықтарды жою белсенді емес PON оптикалық желісінің архитектурасы үшін маңызды мәселе болып табылады, ейткені оптикалық уақыт-рефлекторометрін қолданып, PON желісінің өнімділігі оптикалық кеңейтүгे байланысты әлдекайда қын.

#### Резюме

Жаңартылған талшықты-оптикалық желілердің болуы архитектуралар мен технологияларға негізделген. Стандарттар мен мұқият ойластырылған осы технологиялардың қажетті жабдықтары сервис-провайдер желілерінің тәуекелсіз трансформациясы болады. Олардың қызметінің табысы - осы саланы ынталанылғандағы кабелеттілігі ірі телекоммуникациялық операторларды талшықты-оптикалық желіге инвестиция салуға ынталандырады деп болжануда.

Тұрғын аудандарындағы талшықты-оптикалық желілер - бұл келесі 30-40 жылда қайтарылатын үлken инвестиция. FTTH желісінің әрбір арнасы үлken қауіп төндіреді, сондықтан қосымша инвестициялар жасалса, FTTH желісінің әрбір арнасы болашакта қысқа мерзімді перспективада PON инфрақұрылымы негізінде FTTH инфрақұрылымын қолдана отырып, талшықты ұстап тұруды айтарлықтай төмендетуі мүмкін. Біз FTTH желілерін пайдалану туралы емес, тек қашан және қаншалықты жылдам аудару туралы сейлеспейміз.

Дерек көзі: Cisco White Paper.

## 1.2 Алматыдағы қазіргі заманғы желілерді талдау

Алматытелеңком қалалық телекоммуникация торабында «Казахтелеңком» филиалында «Алматыда FTTH желісінің құрылышы» жобасы іске асырылуда.

Маркетингтік талдау бойынша, гимараттардың саны 740 болады деп күтілуде.

«Алматы-Телеңком» ЖАҚ-ның жалпы сыйымдылығы 01.01.201 ж. Жағдай бойынша 674103 құрады; «Алматытелеңком» ЖАҚ-ның жалпы сыйымдылығы 2018 жылдың 1 қантарына 518 051 нөмірін құрайды, сыйымдылығы 76, 85% құрайды.

Жобаның негізгі мақсаты - абоненттерге жоғары жылдамдықпен Интернетке шығуды қамтамасыз ету, сондай-ақ абоненттік базаны кеңейту және қызметтер спектрін кеңейту жолымен компанияның кірісін арттыру.

Жобаны іске асыру стратегиясы.

Жобаны іске асыру стратегиясының мәні 100 Мбит / с, FTNN - жаңа қолжетімді технологияларға негізделген желінің күру (ішкі казақстандық сайттар) және қолданыстағы ADSL2 + жабдығына қатынау жылдамдығы.

Стратегияны іске асыру Интернет желісіне және басқа да әмбебап қызметтерге қол жеткізу үшін жергілікті ақпаратты тарату желісін кеңейтеді.

Жоба бойынша, едендер әртүрлі болғандығын ескерсек, 740 үйді қамту жоспарланып отыр, онда екі пәтердің 24-і пайдалануға беріледі.

Жобаны іске асыру бойынша іс-шаралар тізбесі:

- UTP-5e тарату кабелін енгізу;
- Жабдықтарды жою (қосқыштар, SFP, Ethernet терминалдары);
- Реттеу және сынау жабдығы.

Технологияны ұйымдастыру үшін құрылыш-монтажды ұйымдастыру  
негізгі жұмыс түрлері

Орталықтың жабдықтарын орнату және Жетісу желісіне қатынау желілерін және ETHS (қалалық орталық) 3800 абоненттің күру жоспарланып отыр.

Негізгі желінің орнына қазіргі Ethernet желісінің Метро желісі ашылады.

ES + карталарын және агрегаттарды бөлу келесі тармактарда көрсетілген (1.2-кесте).

### Кесте 1.2 – ES+ карталарын және агрегаттарын үлестіру

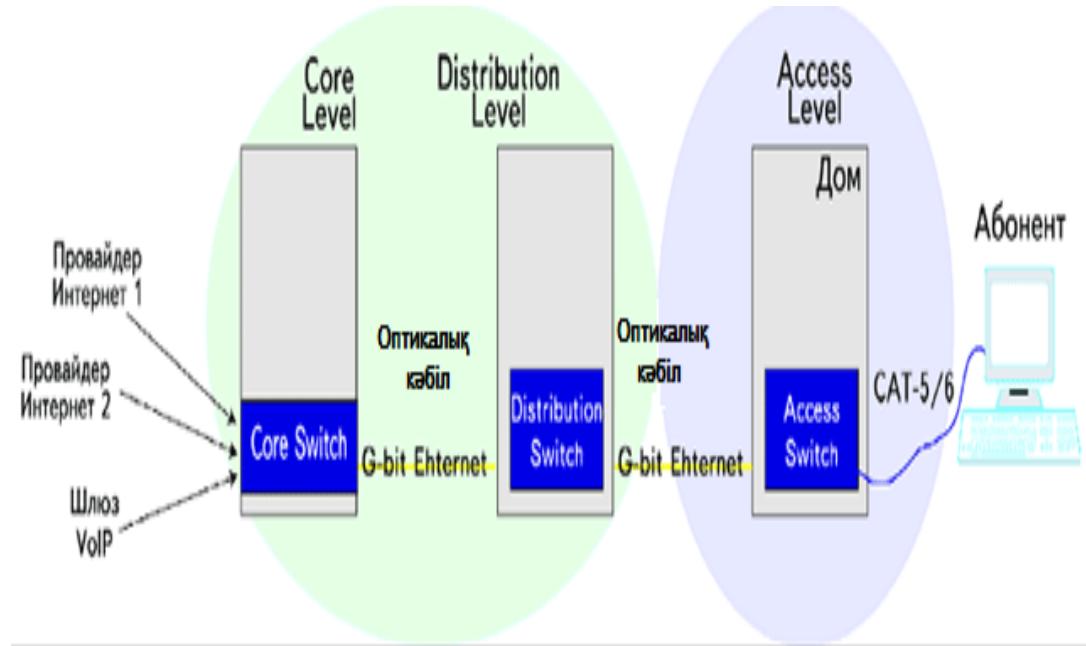
	Объектінің атауы	МЕ желісіне қосылу нүктесі (Станци я, түйін)	7600 ES+ Line Card, 4x10GE XFP with DFC 3C	7600 ES+ Line Card, 2x10GE XFP with DFC 3C	Multirate XFP module for 10GBASE- LR and OC192 SR-1	ZyXe 1 агрег атор ы 4728	Cisco агрега торы 4507
1 -3 кезең	Алматы қаласында ЕТТН желісін құрастыру 1,2,3 кезең	ОПТС-3  ОПС-73	1			4	2
4 кезең	"Алматы қаласында ЕТТН желісін құрастыру 4-кезең"		1			4	2
7 кезең	"Алматы қаласында ЕТТН желісін құрастыру 7-кезең" Жетысу шағын ауданы	АТС-23	1			4	1
ЗИП	ЗИП және жабдық қажет болғанда жаңа ауданда ЕТТН желісінің жылдам разверткасы пайдаланылады		1	1	6	1	1

### 1.3 Желіні дамыту кезеңдері

FTTB технологиясы жиі жаңа желілерді күру үшін қолданылады (Fiber To The Building, оптика үйі). Бұл негізінен оптикалық кабельдер мен белсенді оптикалық жабдықтардың бағасының төмендеуіне байланысты. Осындай жүйелерді дамыта отырып, оператор көптеген

артықшылықтарға ие болады, бұл өз абоненттеріне қызметтердің кең ауқымын пайдалануға мүмкіндік береді, сондай-ақ айтарлықтай жетілдірусіз олардың сапасы мен көлемін жақсартады. Бұл жағдайда біз екі тәуелсіз жүйені - кабельдік теледидарлық жүйені және деректерді беру үшін ғана арналған Метро-Этернет жүйесін аламыз.

Metro-Ethernet классикалық құрылымы бар, 1.7-суретте көрсетілген.



Сурет 1.7 - Metro-Ethernet жеңісін құрудың жалпы схемасы

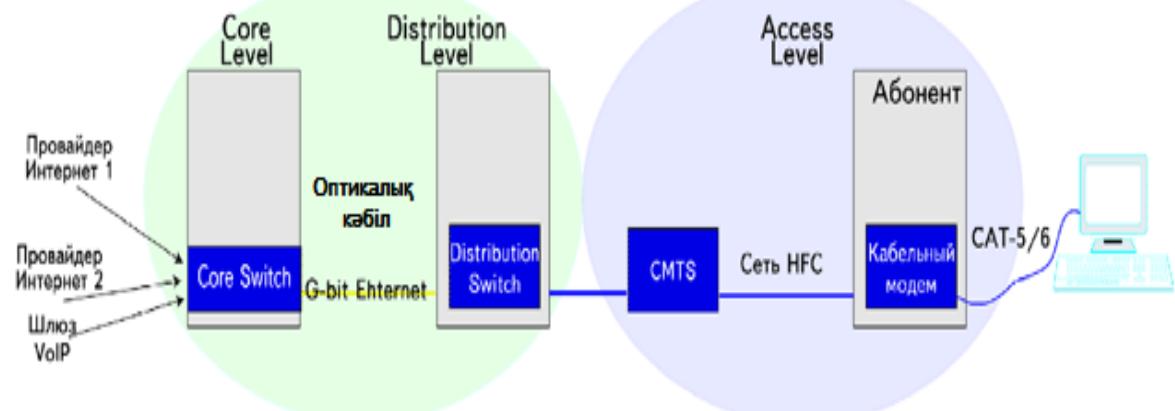
Дегенмен, соңғы онжылдықта жұмыс істеп келе жатқан және HFC-дің классикалық құрылымын - оптикалық коаксиалды жеңілін ұсынатын компаниялар не істеу керек.

Бұл мәселені шешудің бір жолы - CMTS-ты (кабельдік модемдер) пайдалану және кері байланыс арнадағы проблемага қарамастан бірнеше операторлармен белсенді пайдаланылады (1.8-сурет).

Алайда, CMTS-ды қолданар алдында, барлық жеңілерді жаңа жеңілерді құрудың жалпы құнынан 60-70 пайызга дейін қалпына келтіру керек.

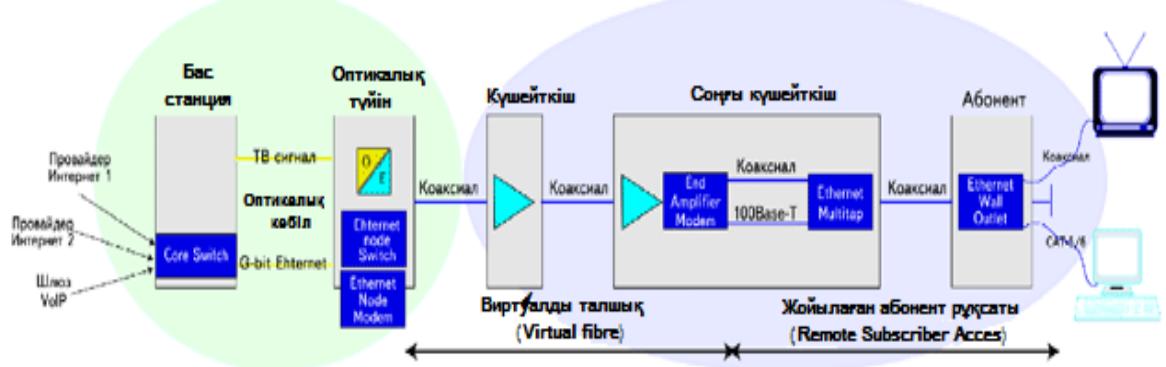
Сізге келесі мүмкіндік беретін тағы бір технология бар:

- бұл мәселені басқаша шешу;
- барлық қосымша қызметтермен (Интернет, VoIP, IP TV және т.б.) HFC жеңілерінің қызмет ету мерзімін едәуір арттыру;
- өздігінен жасалатын кабельдік жеңілін (рекультивациясыз) қайта құру.



Сурет 1.8 - CMTS пайдаланудың жалпы схемасы

Бұл технология Teleste Corporation және Tratec Telecom ETTH (Home Ethernet) - бұл өз филиалдарының ынтымақтастығы және Еуропадағы операторлар тараپынан сәтті қолданылған. ETTH жүйесінің жалпы схемасы 1.9-суретте көрсетілген.



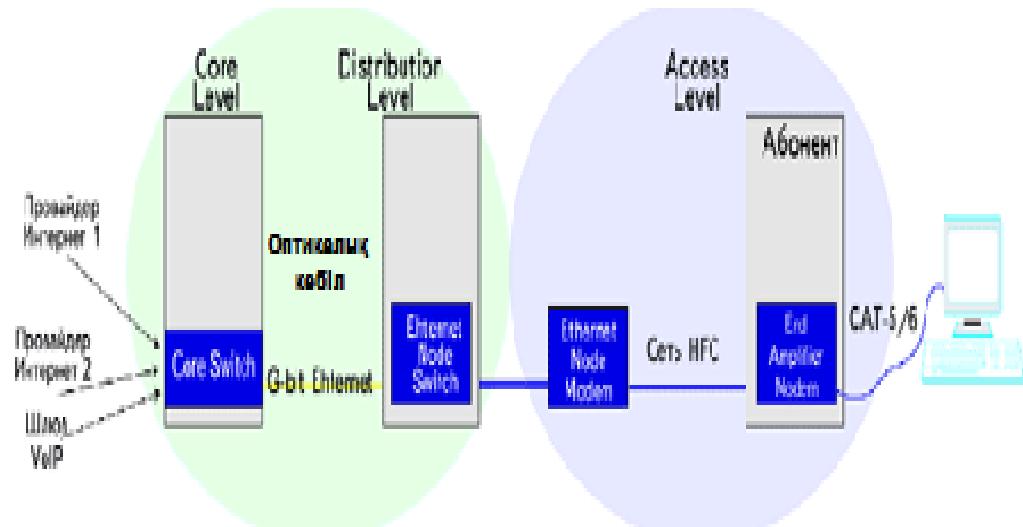
Сурет 1.9 – ETTH жүйесінің ортақ сұлбасы

Толық техникалық шешім екі бөлікке бөлінеді - абоненттің виртуалды оптикалық талшықты және алынбалы қол жетімділігі. Шешімнің екінші бөлімі Қонақ үйдегі қосымша CAT-5 шкафтарын орналастыру керек болатын қонақүйлер сияқты объектілерге қызығушылық тудыруы мүмкін. Бұл жағдайда EMT Ethernet Multitap және шығыс және шығыс 10-BaseT орнатылған. Көріп отырганыныздай, бұл шешім елді мекендерде жұмыс істейтін кабельдік операторлар үшін ете маңызды емес, себебі пәтерлердегі сокеттерді орнату оңай емес, ал Multitap үшін әдеттегі никтерді ауыстыру да қызығушылық тудырады.

Сонымен қатар үй ішіндегі тігінен күбыр арқылы CAT-5 кабелін салу мәселе емес.

Бұл шешімнің бірінші бөлімін егжей-тегжейлі түсіндіреміз.

Виртуалды талшық. Бұл жағдайда 1.10-суретте көрсетілгендей, HFC желісін қайта құрусыз және сегментсіз, коаксиалды кабель арқылы деректер трафигінің мәселесін шешеміз.



Сурет 1.10 - Маңызды виртуалды талшық (VF) схемасы

ENS классикалық Metro-Ethernet жобалау схемасында таратушы қосқыш сияқты функцияларды орындастын қосқыш болып табылады. ENM - Ethernet фреймдерді QFC желісі арқылы QAM модуляциясымен жіберуге мүмкіндік беретін модем. Ол бірнеше EAM-ке қызмет көрсете алады және 400 Мбит / с өткізу қабилеті бар. EAM HFC желісі арқылы ENM-ке қосылған және 100-BaseT интерфейсінің шығысы болып табылады. Алдыңғы арнадағы өнімділігі 50 Мбит / с дейін және арнадағы 40 Мбит / с дейін.

Мұндай шешімнің жалпы схемасын 1.11-суретте көрсетілгендей көруге болады.

EttH және CMTS күнды салыстыруды жасау үшін кейбір жорамалдарды қабылдайды:

- 2000 оптикалық түйін абоненттерінің саны;
- үйде 140 пәтер;
- Интернетке жылдам қол жеткізу қызметіне қосылу пайызы - 20%;
- бір мезгілде мазмұнмен жүктеу - 10%;
- әрбір абонент үшін жылдамдық - 2 Мбит / с.

Бұл жағдайда біз әр үйді қуатпен қамтамасыз етуіміз керек,  
 $140 \cdot 0.2 \cdot 0.1 \cdot 2 = 5.6$  Мбит / с.

Немесе оптикалық түйіннің жалпы сыйымдылығы:  $2000 \cdot 0.2 \cdot 0.1 \cdot 2 = 80$  Мбит / сек

Сонында, бұл желілік сегмент үшін бір ENM және 10 EAM пайдалану жеткілікті.

CMTS-ты қолданған кезде бізге екі модем модемі (бір шебер-модем - 55 Мбит / с және 40 Мбит / с, 4 \* 10, артқы арна) керек.

Абоненттік үлесті есептеу нәтижесі 1.12-суретте көрсетілген.

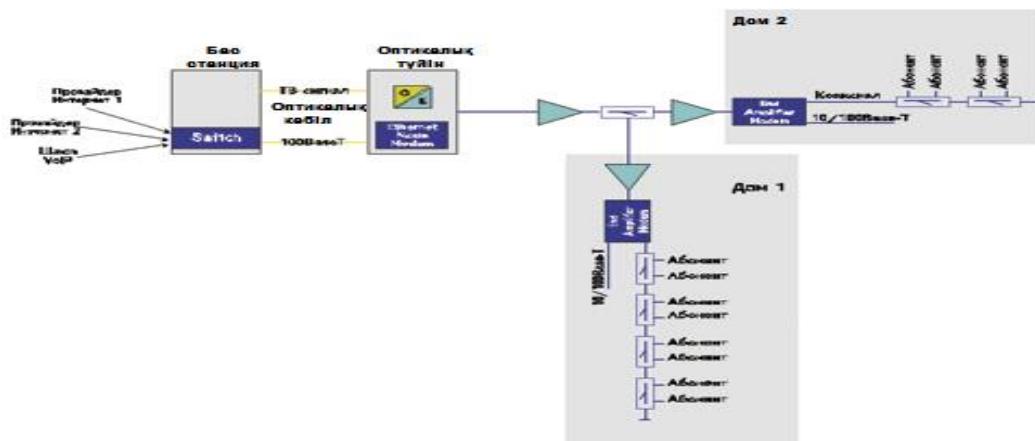
Салыстырмалы талдау кезінде келесі жабдықтар назарға алынды (кесте 1.3):

### Кесте 1.3 – ETTN және CMTS технологияларын салыстыру

ETTN	CMTS
ENM	CMTS, DOCSIS 1.0 басшы модемдер
EA	Абоненттердің кабелді модемдері
Үйде орналастырылатын коммутатор	Әр кіре берісте қосымша коммутаторлар керек
Үйлерге ескі таратуды сақтау	Үйлерге жаңа тарату қажет

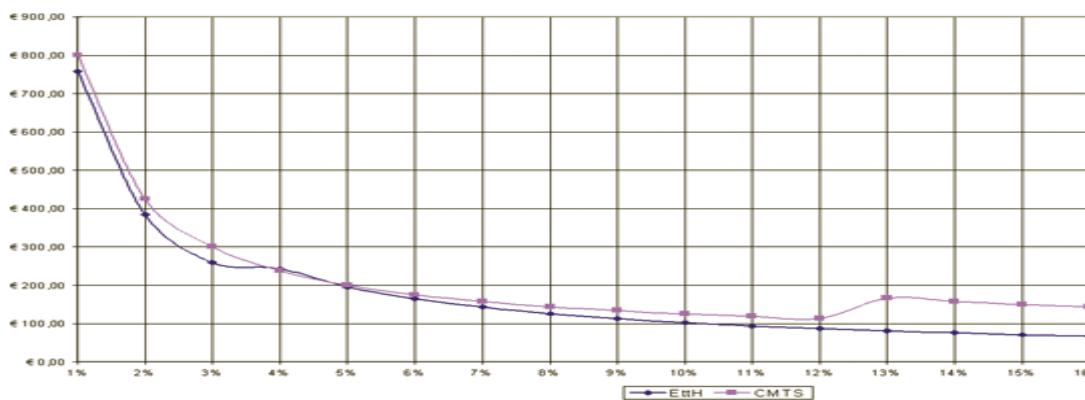
CMTS-ті қолдану шыңына жететін жүйенің қосылу жиілігінің 13% қосылу деңгейін қамтамасыз ету үшін қосымша модемді орнату қажеттілігімен байланысты.

ETTN үшін, 4 пайыздық шыңының үй иесінің төрттен үшінен көп болса (EAM 4 порт бар) қосымша қосқыш орнату қажет.



Сурет 1.11 – ETTN құрылышының нұсқаларының бірі

Коммутатор құны 250 евро. Графика көрсеткендегі, CMTS қосымшасы үйде бір абонент болған кезде жарамды (қызмет көрсету жарнасының пайызы жартысынан пайызға тең). Сонымен қатар, Интернетке жылдам қол жеткізу үшін абоненттердің 4-5% -нан ETTN технологиясын пайдалану тиімді. Абоненттер кабельдік модемдерді сатқандығы туралы мәлімдей алады, сондықтан оператор шығыстары тек бас модемдерді қамтуы керек. Дегенмен, бұл мұлдем болмайды және кез-келген жағдайда оператор дереу модем сатып алуға мәжбүр болады, содан кейін оны абоненттеріне сатады. Абонентті ETTN байланысина қосу құны кабельдік модемнің құнынан айтарлықтай төмен болуы мүмкін.



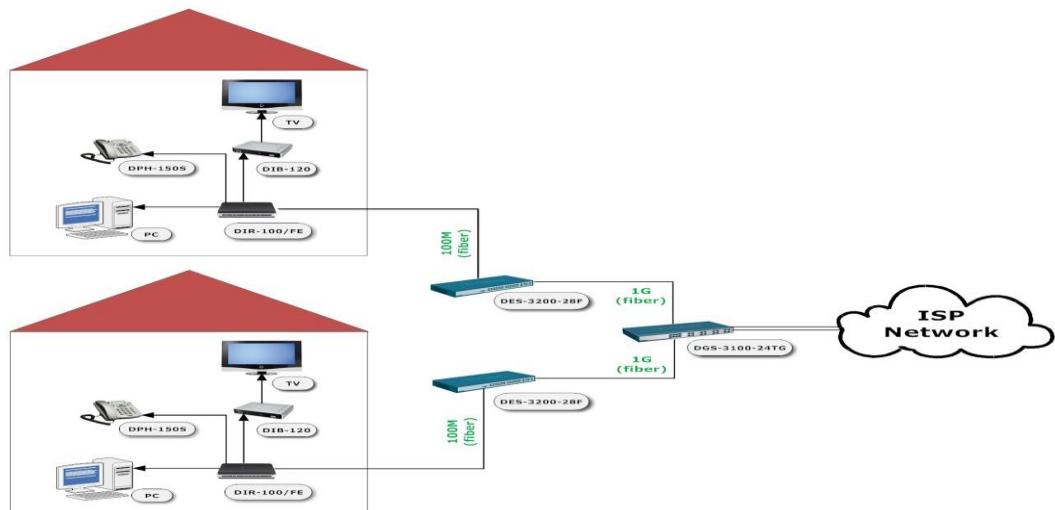
Сурет 1.12 - ЕФТ және КМТС салыстырмалы экономикалық көрсеткіштері. Абонентке қосылу құны

Кабельдік оператордың шешімі қандай болуы мүмкін:

- қайтару каналында және формулада QAM модуляциясын пайдалану симметриялық трафикті қамтамасыз етеді;
- Жабдықты тек желілік желіде пайдалану (бұл жағдайда бүкіл үйдегі желі босатылады) кабельдік модемдермен пайдалану үшін магистральмен байланысты проблемаларды шешеді;
- бүкіл жүйенің сенімділігін арттыру, өйткені абоненттердің пәтерлеріндегі белсенді жабдықтар жок;
- телекоммуникация нарығының осы сегментіндегі бәсекелестік ортада ең маңызды Интернет желісіне жылдам қол жеткізу уақытын күрт қысқарту;
- Интернетке жылдам қол жеткізууда жүзеге асыру шығындарын барынша азайту;
- Артқы арнадағы негізгі шу көрініп тұргандықтан, үйде жөндеу жұмыстарын және үй жөндеуін қайта жаңғыртпастан, ММЦ пайдалану мүмкін емес ».

Үй желісінің құны желінің жалпы құнынан 60-70 пайыз болғандықтан, бұл оператор шығынның айтарлықтай төмendetеді.

ЕГТО кез-келген технологиямен қатар, проблемаға тек бір ғана шешімді шешуі керек. Сурет 1.13-де жалпы ETTH архитектурасы көрсетілген.



Сурет 1.13 – ETTH жалпы архитектурасы

### 1.3.1 Жаңғырту қажеттілігін дәлеңдеу

Жаңа қызметтерді ұсыну ағымдағы желілердегі деректер беру арнасын кеңейтуді талаң етеді. Cisco желілік кіру мүмкіндігін кеңейту үшін FTTH технологиясын арзан шешім ретінде

ұсынады. Оптикалық кабель желілерін ауыстыру және қолданыстағы кабельдерді пайдалану мәселесіне ерекше назар аударылды.

Оптикалық желінің мүмкіндіктері арқасында, ONU әртүрлі қызмет көрсету интерфейстерінде соңғы пайдаланушыларды қосудың икемділігін қамтамасыз етеді.

Қазақстан Республикасының аумағына мультисервистік қатынау жүйесін енгізу көптеген экономикалық көрсеткіштерде артықшылықтарды көрсетті:

- телекоммуникация қызметтері мен байланыс қызметтерінің құнын едәуір төмендету;
- өндіріс қөлемін қысқарту;
- өндірістік процесті 95% -ға автоматтандыру;
- негізгі кадрларды айтарлықтай қысқарту;
- энергияны азайту.

Барлық ұйымдастырылған және заманауи цифрлық телекоммуникациялар мен жергілікті телекоммуникация желілерінде Қазақстан Республикасында сапа және сигнал берудің халықаралық стандарттарына сәйкес келетін цифрлық желінің болуы Қазақстанға жаһандық телекоммуникация желісіне қосылуына мүмкіндік береді.

Бұл тезис жобасы Алматы қаласының Шұғыла шағын ауданындағы 3,800 абонент үшін FTTH желісінің қолжетімділігін жобалауды қарастырады.

## 1.4 Тапсырманы қою

Осы тезис жобасында қол жетімді Бухла шағын ауданын Алматыда FTTH технологиясы арқылы қолжетімділік мүмкіндігін қарастырамыз. Қазіргі уақытта бәсекелестік нарықтық экономикада және тәуелсіз байланыс операторларында «Қазақтелеком» Алматы мен облысты белсенді түрде басып озды. Бұл жобада біз Алматыдағы орталықтандырылған орналасуды және орталықтандырылған орналасуды кеңейтіп, FTTH желісін 3 800 нөмірге жобалауды жоспарлап отырымыз. Орталық түйін ATS 23-ке орнатылады.

Соңғы үш жылда TOAG жалпы ұзындығы 7 км болатын Шұғыла шағын ауданына тұрғын алабында салынатын болады.

Жергілікті байланыс желісі мен дәстүрлі және балама операторлар арасындағы нарықтагы бәсекелестікті жоғарылату Интернетке қол жеткізу үшін өз желілерін онтайландыруға мүмкіндік береді және сөз, деректер және мультимедиалық қызметтердің бірыңғай пакетін ұсынады.

Болашақ тұтынушылар болашақ тұтынушыларды жылдам өсуге дайын желілік архитектуралық пайдалану үшін бейне және мультимедиалық интернет қосымшалары сияқты үлкен өткізу қабілеттіліктерін талап ететін «кеleşешек қаржыландырылатын» шешіммен болашақ клиенттерді тарту үшін бәсекелестерге бәсекелес артықшылықтарды қажет етеді.

Тұрғын үй (МДУ, көп пәтерлі тұрғын үйлер) және көп пәтерлі үйлер (SOHO, Small Office / Home Office) арзан үй көнсерверін халық тығыз қоныстанған қалаларда талшықты-оптикалық кабельді орнатумен қамтамасыз етеді.

Цилиндрлерді құру түрлі опцияларды: оптикалық талшықтарды, коаксиалды кабельді, 5-ші бүктелген жұпты, заманауи телефон желілерін (DSL пайдалану) және сымсыз технологияны қолдана отырып жасалуы мүмкін.

Ethernet тиімділігі, жылдамдығы және тиімділігі, сондай-ақ қарапайымдылығы және Ethernet беделі қалалық желілерді құрудың жаңа тәсілінде үлкен жетістік. Кең жолақты қолжетімділікті қамтамасыз ететін Ethernet қолжетімді метрополитендік желілер (Metropolitan Area Networks) - бұл үлкен өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ететін ең қолайлы шешім. Бірақ ең бағыты ол пайдалы қызметтер үшін мүмкіндіктер ашады.

Бұл жобада ETTH (Home Ethernet) технологиясы Triple Play кең жолақты байланыс қызметі тұжырымдамасына (Megaline, iD phone, iD TV) арналған.

FTTH шешімінің мақсаты қарапайым және арзан Ethernet желісі бойынша мәтіндік және бейне ақпараттарды жіберу. Осы шешімнің бірегей аспектің клиенттің бөлмесінен желіні гигабайтпен қамтамасыз ету үшін талшықты Ethernet тарату ортасы ретінде пайдалану мүмкіндігі.

Желілік қызметтерді жеткізушілер үшін нарықта көптеген тартымды ғимараттар бар: оғистік кешендер, сауда-саттық парктері, қонақ үйлер, университеттер, көп пәтерлі үйлер, коттедждік ауылдар.

Әкімшілік желілер (MAN) әдетте жаңа ғимараттарға Ethernet байланысын қамтамасыз ету үшін «қара» талшықтарды пайдаланады. Бұл қол жеткізудің басты артықшылығы - аралық күштейтусіз 100 км дейінгі қашықтық пен жылдамдық, шексіз өткізу қабілеттілігі және регенерациясыз.

Gigabyte Ethernet (1 және 10) корпоративтік желілерге ғана емес, сондай-ақ Metro Ethernet операторларының желілерін құруға баға мен өнімділік коэффициенттерін қадағалау үшін керемет таңдау болды.

Ғимарат ішіндегі сызық үшін ең жақсы шешім - бір реттік және полиметалл талшық, сондай-ақ 5-ші санаттағы свинг жұбы. DSL Ethernet технологиясы ретінде дамытылған Ethernet технологиясы кабельдік модемдер мен сымсыз шешімдерге қарағанда әлдекайда тиімді өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді.

## **2 Жобалық шешімдер**

### **2.1 ЕТTH - құрылышының әдістері**

ЕТTH - Үйге Ethernet - Ethernet технологиясына үйге жылдам кіру. ЕТTH шешімдерінің мақсаты (сөздік - Ethernet үйі) қарапайым және арзан Ethernet желісі бойынша мәтіндік және бейне ақпаратын жіберу болып табылады. Мұндай шешімдердің бірі - клиенттің бөлмесінен желі бойынша гигабитті қолжетімді ету үшін Ethernet тарату ортасы ретінде талшықты оңтайлы пайдалану мүмкіндігі. Желілік қызметтерді жеткізушилер үшін нарықта көптеген тартымды ғимараттар бар: оғистік кешендер, сауда-саттық парктері, қонақ үйлер, университеттер, көп пәтерлі үйлер, коттедждік ауылдар. Қалалық желілер Ethernet желісін жаңа ғимараттарға қосу үшін талшықты пайдаланады. Бұл қол жеткізудің басты артықшылығы - аралық күштейтусіз 100 км дейінгі қашықтық пен жылдамдық, шексіз өткізу қабілеттілігі және регенерациясыз. Ғимараттың ішіндегі сзық үшін ең жақсы опция - бір метрлік және мульти-модальды талшық, сондай-ақ 5-санаттағы бұралған жұп.

ЕТTH-ке қосылудың негізгі артықшылығы - ұсынылатын қызметтердің сапасы:

- барлық хабарламалар талаптарға қатаң сәйкес келеді;
- Әрбір үйде салынған талшықты-оптикалық кабельдер жер астымен, ағаштар мен қалалық жарықтандырыштармен жабылған жоқ.

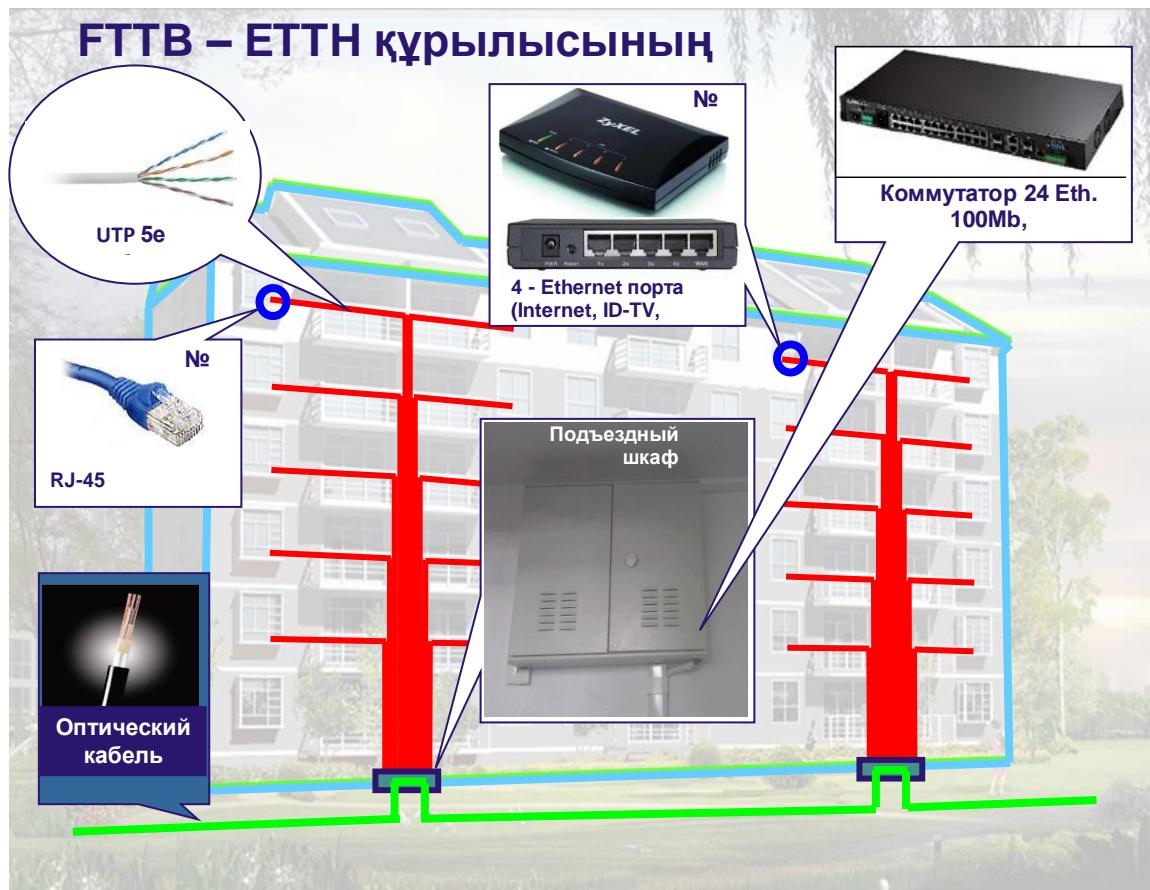
ЕТTH технологиясы - кеңжолақты абоненттік қатынаудың тамаша шешімі. ЕТTH «DSL» -ге тән барлық жылдамдық пен қашықтығы шектеулерден «босатылады».

ЕФТ маңызды инвестиция қажетіне қарамастан, ұзақ мерзімді шешім ретінде танылады. Бұл технология ұзақ мерзімді және ағымдағы шектеулері жоқ.

Бүгінгі күні кеңжолақты қатынауды қамтамасыз ететін бірқатар қолжетімділік технологиялары бар, ал ЕТTH қызмет провайдеріне бәсекелестерінің артықшылықтарын пайдалануға көмектеседі.

Маркетингтік тәжірибеге сәйкес 118 көпқабатты үй қосылады.

Инвестициялық жобалардың үлгілік матрицасына сәйкес, «Самұрық-Қазына» холдингінің талаптарына сәйкес, бұл жоба D1 типті жіктелуіне сәйкес келеді.



Сурет 2.1 – ЕТТН құрылышы

Кесте 2.1 – Инвестициялық жобалардың үлгісі

Жоба түрлері, қолдану аясы	Стратегиялық ірі		Кеңейту және жаңғырту	Күрделі жөндеу және жаңалау
	S	D	R	
Профилді қызмет	S1	D1	R1	
Профилді емес қызмет	S2	D2	R2	
Басқару және әкімшілік	S3	D3	R3	
Әлеуметтік сала	S4	D4	R4	

Жобаның маңызы.

Жобаның негізгі маңызы абоненттерге жоғары жылдамдықпен Интернет желісіне қол жеткізу, сондай-ақ абоненттік базаны кеңейту және қызметтер спектрін кеңейту жолымен Компания кірістерін арттыру болып табылады.

Жобаның маңызы.

Маңызатқа жету үшін біз:

- ГЭФ дамыту;
- СНР үшін мердігерлік шарт жасасу;
- жабдықтарды сатып алуға арналған жабдықтарды жеткізу және бәсекелесу;

- UTP-5e тарату кабелін енгізу;
- TTN жабдықтарын орнату және орнату;
- Жабдықты орнату және тестілеу.

Жобаны іске асыру стратегиясы

Жобаны іске асыру стратегиясының мәні - 100 Мбит / сек, ТРА деректер беру жылдамдығы бар жаңа ADSL2 + жабдықтарына қол жеткізудің жаңа технологиясына (жергілікті қазақстандық веб-сайттарға) қолжетімділік пен жылдамдыққа негізделген желі құру.

Бұл жоба қызметтер көрсетуді кеңейтуге, бизнесті дамытудың жаңа жоғары деңгейіне жетуге және бәсекеге қабілеттілікті арттыруға топтастыруға болады.

Стратегияны іске асыру Интернет желісіне және басқа да әмбебап қызметтерге қол жеткізу үшін жергілікті ақпаратты тарату желісін кеңейтеді.

Жоба бойынша, едендер әртүрлі болғандығын ескерсек, 740 үйді қамту жоспарланып отыр, онда екі пәтердің 24-і пайдалануға беріледі. Жобаны жүзеге асыру үшін жоспарланған порттардың саны 28416. Жобаны сәтті жүзеге асырудың нәтижесінде:

- 3800 жаңа байланыс;
- 1200 релелік қосылыштар.

## 2.2 Жобаның техникалық сипаттамалары

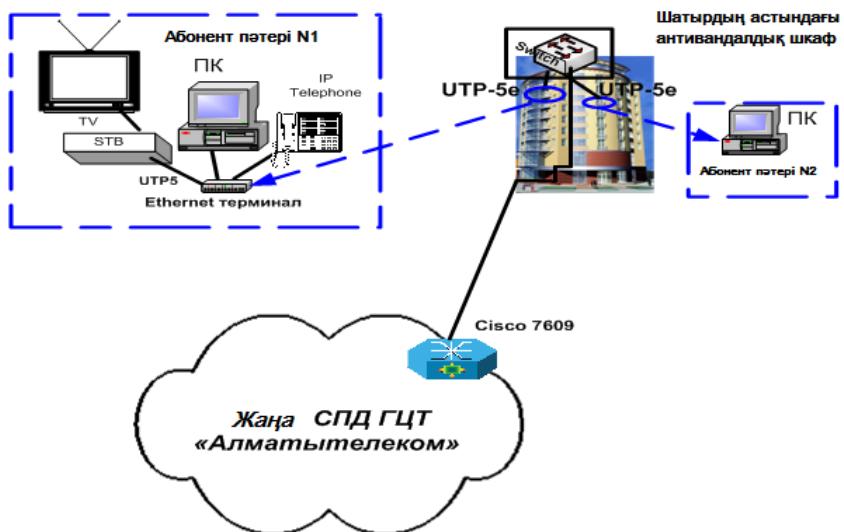
Жобаны іске асырудың негізгі алғышарттары бәсекеге қабілеттілігін арттыру, қолданыстағы клиенттік базаны қолдау және кеңейту қажеттілігі болып табылады. TPP-ке қол жеткізу желісін құру Ethernet коммутаторларын түрғын ауданының кіреберісінде орнатылған шкафтарда орнату арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда, жабдық клиенттің жанында орналасады, ол көрсетілетін қызметтердің сапасы мен жылдамдығын едәуір арттырады.

2.2-сурет ТЕМ байланыс желісінің қолжетімділігін ұйымдастыруды көрсетеді.

Жобаның техникалық шешімі - кабельді төсеу, шкафты орнату, UTP кабелін салу.

Көлік құралы ретінде, Cisco желілік жабдыққа негізделген Алматының Шұғыла ауданындағы МЕ деректер желісі пайдаланылады.

Zyxel 4728 қосқыштарын ең кішкентай түйіндерді қосу үшін пайдалану, ал үлкен түйіндерді қосу үшін Cisco 4507 қосқышы пайдаланылады. (2.3 және 2.4 қосылым диаграммаларын қараңыз)



Сурет 2.2– ЕТН қолжетімділігінің ұйымдастырылу сұлбасы

Климаттық жабдықтар мен ЭПУ жабдығының талап етілмейді, өйткені жабдық диапазоны  $-20^{\circ}\text{C}$ -тан  $+40^{\circ}\text{C}$ -ге дейін. Электр қуатын жоғалтқан жағдайда, әр қосқышқа арналған UPS үздіксіз іске қосу үшін қосқышты сатып алынады.

Желінің қол жетімділігі.

3 функционалдық деңгей дамыды:

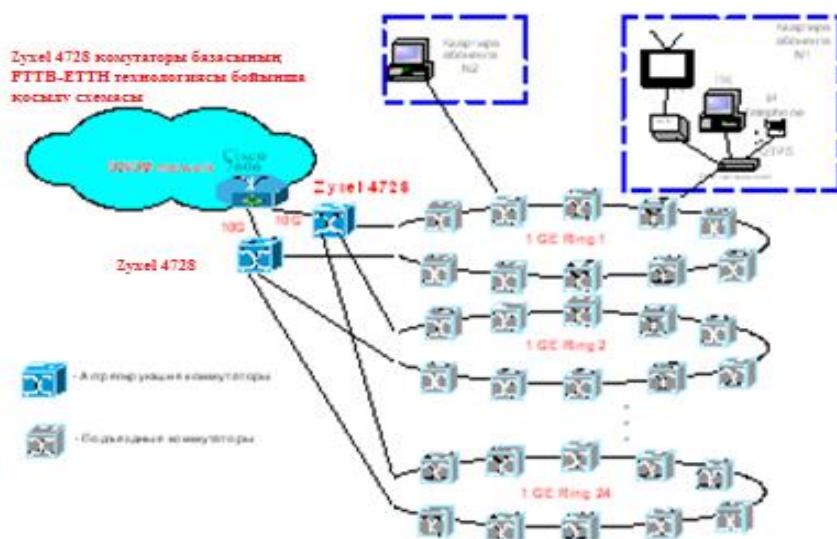
- 1) клиентке қол жетімділікті қамтамасыз ететін қол жетімділіктің деңгейі;
- 2) агрегацияның деңгейі;
- 3) қалалық магистральдық желі.

Metro Ethernet магистральдық желі ретінде пайдаланылады. Оптикалық Gigabit Ethernet порттары Cisco 7609 коннекторы болып табылады.

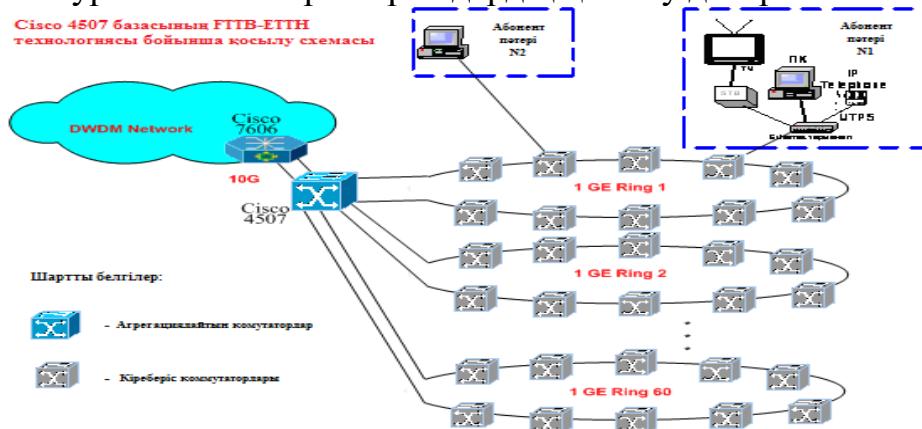
Cisco жабдықтары Layer 2 Ethernet қосқышын 16 оптикалық Gigabit Ethernet портына қосады. Олар жобаланған желіні біріктіру деңгейін күрайды.

Ethernet Switch 2 24 сымды Fast Ethernet порттары және 2 оптикалық порттары бар опция ретінде пайдаланылады.

Бұл үлгідегі қуатты үнемдейтін 2 трафикті біріктіру түйіндері. Арнайы түйіндер жүлдізды агрегация түйініне қосылады. Бұл схеманың артықшылығы - желілік тұтастығын тек агрегирлеу түйіндерінде сақтау мүмкіндігі.



Сүрет 2.3 - Кішірек түйіндердің қосылу диаграммасы



Аудандардың біреуінің мысалында жабдықтың қосылу сұлбасы төменде көрсетілген, 2.5-сурет.



## Сурет 2.5 – Шұғыла ықшам ауданында жобаланатын ЕТТН желісінің сұлбасы

Аралас коммутациялық қондырғылар орнатылған ауаны баптау жабдықтары, компьютерлер мен батареялар, сыртқы шкафттардағы оптикалық сөрелер. ОК-16 қосылымы талшықты-оптикалық кабель болып табылады. Қол жетімділік қосқыштары ОК-8 кабелі арқылы командаларға ауысу және үйде тұру үшін қосылады. Ғимараттың жоғарғы қабаттарында, оптикалық массивтермен, патч панелімен, телекоммуникациялық шкафтармен жабдықталған оптикалық сигналдық құлыш қосылды.

Талшықты-оптикалық кабельдің радиолокациялық желілерінде жер асты байланысы есебінен телефондық кәріз құрылышының күрделілігіне байланысты «төменгі аймаққа» ену үшін құбырлы колонканы пайдалану ұсынылады.

Негізгі идеялар:

- сегіз сымды кабель;
- тұсіруге арналған клиптер;
- Радиобайланысты пайдалану;
- Жер деңгейіндегі үзіліссіз жұмыс жүргізу.

Авиация әдісінің негізгі артықшылықтары:

Бұл сзықтар үйдің төбесін бойлайды, ал сзық қарапайым және үнемді.

ШОК құрылышы оте арзан, жер асты суларынан, ауыр техникадан, крандардан және т.б. қарағанда әлдекайда арзан.

Жоғары құрастыру жылдамдығы.

Бес адамнан тұратын команда күніне бір километр жол жүре алады. Бұдан басқа, орнатудан кейін ешқандай қоқыс шығарылмайды.

Төтенше және арзан апартарды қалпына келтіру және жөндеу.

Жазуды жеңілдету.

Порттардың сыйымдылығын кеңейту қажеттілігіне қарай 8, 16 немесе 24 Fast Ethernet порттарына қосымша порттар орнатылады. Қосымша қосқыш UTP кабелін пайдаланып каскадқа қосылады және қосымша талшықтарда оптикалық кабельде қосымша орын жоқ.

Дизайн шешімдерін тандау факторлары.

Жабдықтың болуы аймақтағы абоненттердің тығыздығына байланысты тандалады. Бұл жағдайда Fast Home Ethernet үйінде 1 порт 24 порты болады.

Жоғары өнімділік

Ethernet технологиясы ағымдағы коммутация технологиялары, DSL, кабельдік модемдер, ATM / FR және тіркелген желілерден жылдамырақ. Жоғары өткізу қабілеттілігінің мүмкіндіктері пайдаланушылар арасында ең толық ақпараттық мазмұнды таратуға мүмкіндік береді.

Басқа технологиямен интеграциялау (интеграция)

Бұл схема (Wi-Fi) 802.11b стандарты арқылы сымсыз құрылғылармен оңай біріктіріледі. 802.11b кіру нүктелерін қарапайым орнатуды қоспағанда, арнайы шаралар қажет емес.

### **3 Есептеу бөлімі**

#### **3.1 Тарату жүйесінің және оптикалық кабелдің сипаттамасы**

Талшықты-оптикалық коммуникациялар металдық негізде жіберуші ортаны пайдаланатын электрондық жүйелермен салыстырғанда қатар артықшылықтарға ие. Талшықты-оптикалық жүйелерде жіберілетін сигналдар сыртқы электрондық, магнитті немесе радиожиілікті бөгеттердің ешқандай пішіндерінен бұрмаланбайды. Қорыта келгенде, оптикалық кабельдер жоғарғы кернеудің көзін тудыратын бөгеттерге толық қабілетті емес. Тіпті, оптикалық талшық компьютер қосымшаларына қазіргі стандарттардың талаптарына сәйкес болу үшін оны мінсіз жасайтын сәулеленуді шығармайды. Оптикалық сигнал жерге тұйықтаудың жүйесінің бар болуын талап етпейтіндіктен, таратқыш пен қабылдағыш бір-бірінен электрлік оқшауланған және паразиттік тоқ топсаларының пайда болуына байланысты мәселелерден еркін. Ұшқындауды немесе электр дәрежелері шығаратын екі терминалдың арасында жерге тұйықтаудың жүйесінде потенциалдардың жылжуы жоқтығынан, жарылатын немесе тұтанғыш орталардағы қауіпсіз жұмыс талап болып табылғанда, талшықты оптика көп қосымшаларды іске асыру үшін аса артышылықты таңдау болады.

Сандық есептеуіш жүйелері, телефон соғу және видео-хабар тарататын жүйелері таратушы сипаттамаларды жақсарту үшін жаңа бағыттар талап етеді. Оптикалық кабелдің спектрінің үлкен ені каналдың сыйымдылығын жоғарылатуды білдіреді. Одан басқа, кабельдің ұзындау кесінділері репитердің кіші саның талап етеді, өйткені талшықты-оптикалық кабель өшудің өте төмен деңгейлеріне ие болғандықтан. Бұл қасиет толықтай хабарлау және телекоммуникациялық жүйелер үшін тамаша жарасады.

Талшықты-оптикалық кабельдердің тең өткізгіштік қабілеті бар кәдімгі коаксиалды кабелдермен салыстырғандағы кіші диаметрі және салмағы салыстырмалы жеңіл монтажды білдіреді, әсіресе толтырылған тас жолдарда. Бір талшықты кабельдің 300 метрі 2, 5 кг-ға жуық тартады. Коаксиалды кабельдің 300 метрі 32 кг тартады – жуық шамамен 13 есе артық.

Жасырын тыңдаудың электрондық әдістері электромагнитті бақылауға негізделген. Талшықты-оптикалық жүйелер осыған ұқсас техникаға қатысы жоқ. Оған мәліметтерді алу үшін сигналдың деңгейін төмендететін және қателердің деңгейін жоғарылататын физикалық қосылуы керек – екі оқиға онай және тез мәлім болады.

**Ядро.** Ядро - шыныдан да, пластикадан да жасалатын талшықтың сәуле таратқыш бөлігі. Ядроның диаметрі үлкейген сайын талшық бойымен саны көп сәуле тарала алады.

**Демпфер.** Демпфердің тағайындалуы - ядроға жарықтың қайта шағылыстыру үшін, яғни сәуле толқындары талшық бойымен тарапу үшін ядромен шекарада аса төмен сыну коэффициентін қамтамасыз ету.

Қабық. Қабық әдетте көп қабатты болады, талшықтың беріктігін қамтамасыз ету, соққыларды жүту үшін және қоршаған орта әсерінен талшықты қосымша қорғауды қамтамасыз ету үшін пластикадан жасалады. Мұндай буферлік қабықтардың жуандығы 250-ден 900 мкм-ге дейін болады.

Жалпы жағдайда талшықтың өлшемі оның ядросы, демпфер және қабықтың сыртқы диаметрлері бойынша анықталады. Мысалы, 50/125/250 - 50 мкм ядроның диаметрімен, 125 мкм демпфердің диаметрімен және 250 мкм қабықтың диаметрімен талшықтың сипаттамасы.

Талшықтың түрі талшықтың ядросында сәулемен өтетін "мода" деп аталағын жолдардың түрі бойынша теңестіреді. Талшықтың негізгі екі түрі бар

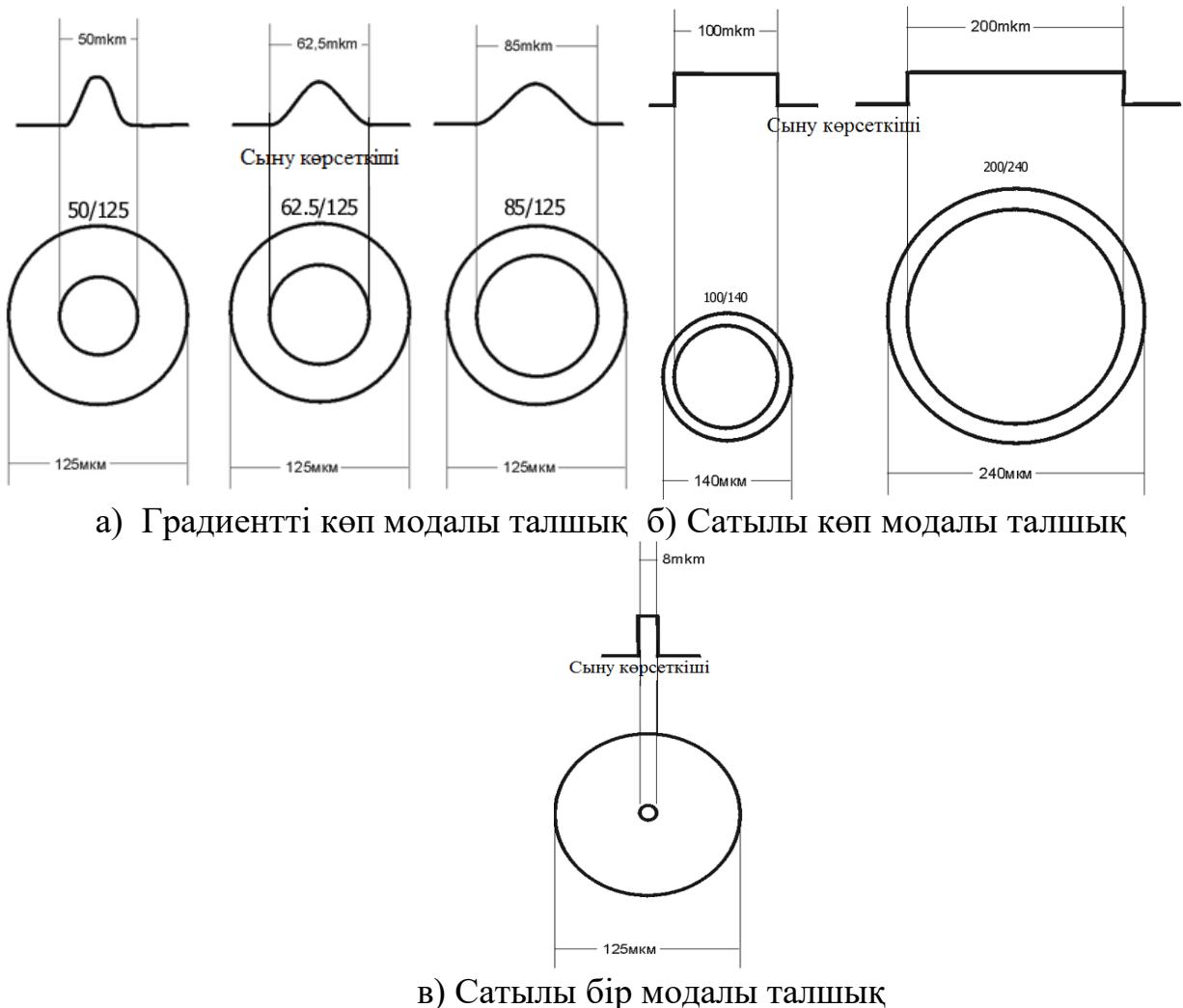
- көп модалы және бір модалы. Көп модалы талшықтардың ядросы сатылы немесе градиентті сыну көрсеткіштеріне ие бола алады.

Сатылы сыну көрсеткішпен көп модалы талшық ядроның және демпфердің сыну көрсеткіштерінің арасындағы кенет, сатылы айырмашылықтан өз атын алды. Градиентті сыну көрсеткішімен кең тарлаған көп модалы талшықта жарық сәулесі саны көп жолдар бойынша талшықта таралды. Сатылы сыну көрсеткішті талшықтан айырмашылығы, градиентті көрсеткішпен ядрода әрқайсысы талшықтың өсінен жоюдың өлшемі бойынша алдыңғы қабатпен салыстырғанда өте төмен сыну көрсеткішіне ие болатын шынының саны көп қабаты бар. Мұндай сыну көрсеткіштің градиентін қалыптастыру нәтижесі жарық сәулесі сыртқы қабаттарда үделенуі және олардың талшықта таралу уақыты талшық өсіне жақын өте қысқа жолдар бойымен өтетін сәулелердің таралу уақытымен теңесуі болып табылады.

Қорыта келгенде, градиентті сыну көрсеткішпен талшық әр түрлі модалардың таралу уақытын, талшық бойымен мәлімет өте алыс қашықтықтарға және жарықтың импульстары қабылдағыштың жағында жабыла және айырғысыз бола бастаған сол моментке дейін өте жоғарғы жылдамдықта тарала алатындей, осылай түзейді.

Градиентті көрсеткішпен талшық нарықта 50, 62,5 және 100 мкм ядроның диаметрлерімен бар.

Бір модалы талшық көп модалыдан өзгешелігі ядрода жалғыз ғана сәулениң немесе жарықтың модасының таралуына мүмкіндік береді. Бұл импульстердің қабаттасуын тудыратын кез келген бұрмалауды жояды. Бір модалы талшықтың ядроның диаметрі өте кіші – шамамен 5-10 мкм. Бір модалы талшық көп модалы түрлердің кез келгеніне қарағанда өте жоғарғы өткізгіштік қабілетке ие. Мысалы, су асты теңіз телекоммуникациялық кабельдері бір модалы талшықтардың бір жұбында 60000 сөздік каналдарын таси алады. Оптикалық талшықтардың түрлері 3.1-суретте көрсетілген.



Сурет 3.1— Оптикалық талшықтардың түрлері

### 3.2 Оптикалық кабельдегі негізгі энергия шығындары

Жарық электромагниттік толқын болып табылады. Жарық жылдамдығы вакуумда жарықтың таралу жылдамдығымен салыстырғанда мөлдір материалдарда таралған кезде азаяды. Сонымен бірге инфрақызыл диапазонды толқындар оптикалық талшықта әр түрлі тарайды. Сондықтан өшү немесе оптикалық қуаттың жоғалуы талшықтың әр түрі үшін арнағы толқын ұзындықтарында өлшенуі тиіс. Толқын ұзындықтары нанометрде (нм) өлшенеді.

Әр түрлі толқын ұзындықтарында оптикалық қуаттың шығыны оптикалық талшықта жұтылу, шағылышу және шашырау салдарынан болады. Бұл шығындар жүрілген қашықтықтан және талшықтың нақты түрінен, оның өлшемінен, жұмыс жиілігінен және сыну көрсеткіштерінен бағынышты болады. Белгілі толқын ұзындығында жұтылу және жарықтың шашырау

салдарынан оптикалық қуаттың шығын мөлшері оптикалық қуаттың децибелінің километрге қатынасымен (дБ/км) өлшенеді.

Талшық белгілі толқын ұзындықтарындағы жұмыс үшін оптимизациялаған. Мысалы, 1300 нм толқын ұзындығындағы 50/125 мкм көп модалы талшық үшін 1 дБ/км жоғалтуға және 850 нм-дегі сол талшық үшін 3 дБ/км-ден кем (50%-ші қуат шығыны) шығынға жетуге болады. Бұл екі толқындық аймақтар – 850 және 1300 нм оптикалық талшықтардың жұмыс сипаттамалары үшін жиі анықталатын облыстары болып табылады және қазіргі коммерциялық қабылдағыштар және таратқыштармен пайдаланылады. Одан басқа, бір модалы талшық 1550 нм аймақта жұмыс істеу үшін оптимизациялаған.

Коаксиалды кабельде жиілік артқан сайын, соншалықты қашықтықты үлкейтумен сигналдың амплитудасы азаяды және бұл оқиға өшү деп аталады. Оптикалық талшық үшін жиілік ол жұмыс жиілігінің диапазонының шегіне жетпейінше тұрақты боады. Сонымен, оптикалық шығындар тек арақашықтыққа пропорционалды. Талшықта мұндай өшү химиялық ластанулармен туған біртекті еместе және талшықтың материалының молекулалық құрылымындағы жарық толқындарының жұтылу мен шашырауымен пайда болған. Бұл талшықтағы микрообъектілер оптикалық сәулеленуді жұтады немесе шашыратады, ол ядроға түспейді және жоғалады. Талшықта өшү белгілі толқын ұзындықтары үшін өндірушімен спецификациялайды: мысалы, 850 нм толқын ұзындығы үшін 3 дБ/км.

Шағынқатпарлардағы шығын. Арнайы қорғаусыз оптикалық талшық шағынқатпарлар салдарынан оптикалық қуаттың шығынына ұшырайды. Шағынқатпарлар – бұл талшықтың ядродан оптикалық қуаттың шығыныны алып келетін сыртқы күштердің әсерінен микроскоптық бұрмалануы. Шағынқатпарлардың пайда болуын алдын алу үшін әр түрлі талшықты қорғаудың түрі қолданылады. Сатылы көрсеткішті талшық градиентті көрсеткішті талшыққа қарағанда шағынқатпарлардағы шығындарға қатысты аса төзімді.

Әткізу жолағы (спектр ені) – бұл талшықтың бірлік уақытта белгілі көлемді ақпаратты жіберу қабілетінің өлшемі. Жолақ кең болса, соғұрлым талшықтың ақпараттық сыйымдылығы жоғары болады. Жолақ МГц-км көрсетіледі.

Мысалы, 200 МГц-км жолақпен талшық бойымен 1 км арақашықтыққа 200 МГц жиілікпен немесе 2 км-ге дейін арақашықтыққа 100 МГц жиілікпен мәліметтер жіберуге болады. Салыстырмалы үлкен әткізу жолағының арқасында талшықтар айтартықтай ақпарат көлемдерін жібере алады. Градиентті сыну көрсеткішпен бір талшық секундына 500 миллион бит ақпарат онай жібере алады. Талшықтың барлық түрі үшін жолақ енінің талшық құрамынан және пайдаланатын оптикалық қуаттың көзінің түрінен тәуелді шектеулігі бар. Талшық бойымен жіберіліп отырған мәліметтерді дәл жаңғырту үшін жарық импульстары айқын ажыратып танылатын пішінді және импульстік аралыққа ие болатындағы бір-бірінен бөлек таралуы керек. Алайда, импульстардың әрқайсысын таситын сәулелер көп модалы

талшықтың ішінде әр түрлі жолдармен өтеді. Сатылы сыну көрсеткіші бар талшықтар үшін, әр түрлі бұрыштармен талшық бойымен ирек тәрізді өтетін сәуле әр түрлі уақытта қабылдағышқа жетеді. Бұл қабылдау нүктесіне жеткен импульстердің уақыт айырмашылығы сзықтың шығысындағы импульстердің бұрмалануына және бір-біріне қабаттасуына алып келеді. Бұл модалді шашырау немесе модалді дисперсия, немесе жарық импульсінің кеңеоі деп аталатын жиіліктің таралу үшін мүмкіндікке шек қояды, себебі қайда бір импульстің бітетінің және келесінің басталатының детектор анықтай алмағандықтан. Талшыққа бір уақытта кіретін және 1км өтетін жарықтың ең тез және ең баяу модаларының өту уақыттарының айырмашылығы бар болғаны 1-3 нс болуы мүмкін, алайда мұндай модалді дисперсия үлкен қашықтықтарда жұмыс істейтін жүйелерде жылдамдық бойынша шектеуге әкеліп соқтырады. Қашықтықтың екі еселенуі дисперсияның әсерін екі есе өсіреді. Модалді дисперсия шақырымға наносекундтерде жілі көрсетіледі, мысалы, 30 нс/км. Сонымен қатар, ол жиілік түрінде көрсетілуі мүмкін, мысалы, 200 МГц-км. Бұл талшық немесе жүйе 200 МГц-ке дейін жиілік шектерінде жұмыс істей алатындығын білдіреді, алдымен шашырау бір километрден астам қашықтықтарда өткізу қабілетіне біліне бастағанда. Бұл жүйе екі шақырымды қашықтыққа 100 МГц жиілікпен сигнал жібере алады.

Дисперсия талшықтың барлық үш түрінің арасынан жолақтың ені бойынша сатылы сыну көрсеткішті көп модалы талшықты ең аз тиімді жасайды. Сондықтан ол таралудың қысқа бөлімшелерінде және төмен жиілігінде пайдаланылады. Сатылы талшықтың жолақ енінің мәні 20 МГц-км болып табылады.

Бір модалы талшықтың ядросының өлшемдері кіші, талшық бойымен жалғыз жарық сәулесі өтуіне мүмкіндік беретін – 8-ден 10 мкм-ге дейін. Бұл жағдайда модалді дисперсия толық болмағандықтан, мұндай талшықтың шақырымға бірнеше жұздеген гигагерцтен артық жұмыс жиіліктеріне жетуге мүмкіндік беретін өткізу жолағы көп модалыға қарағанда үлкенірек (ГГц-км).

Оптикалық талшықтар әр түрлі толқын ұзындықтары ортада әр түрлі жылдамдықпен тарайтын салдарынан пайда болатын дисперсияның тағы бір түріне ие болады. Мұндай "спектрлік дисперсияны" шыны призма арқылы өткенде ақ жарық кемпірқосақтың жеті түсіне ыдырағанда бақылауға болады. сәулелердің таралу траекторияларында айырмашылыққа алып келетін, әр түрлі түстер көрсететін толқындар ортада әр түрлі жылдамдықпен қозғалады. Егер талшықты жүйенің оптикалық көзі бір жиіліктегі жарықты сәулелесе, онда спектрлік дисперсия немесе материалдық дисперсия (немесе оны әлі жиі атайтын хроматты дисперсия) жойылар еді. Шынымен де, абсолютті монохроматты жарық көздері жоқ. Лазер сәулеленетін жарықтың спектрінің белгілі, өте шағын кеңеюіне ие. LED (жартылай өткізгіш жарық диодтар) негізіндегі жарық көздерінің, лазерге қарағанда, спектрлік диапазоны 20 есе кең және спектрлік дисперсиясы да әлдеқайда жоғары. Шыны талшықта дисперсия бір модалы талшықтарға осы толқын ұзындықта айтарлықтай жолаққа ие болуға мүмкіндік беретін 1300 нм жуық аймақта ең төмен.

Бір модалы талшық әдетте өзінің жоғары спектрлік тазалығының арқасында лазер көздерімен пайдаланылады. Бұл жүйелердің қызмет етуін қамтамасыз ету үшін өте дәл коннекторлар және жалғастырыш керек.

Өзінің төмен шығындарының және жоғарғы өткізу сипаттамаларының арқасында бір модалы талшықтар, әдеттегідей, ең жақсы және қала аралық телекоммуникациялық жүйелер сияқты ұзын жоғарғы жылдамдықты сзығықтар үшін жалғыз таңдау болып табылады.

Бір модалы талшық пен сатылды сыну көрсеткішті талшықтың арасында градиентті сыну көрсеткішті талшық орналасады. Модалді дисперсияның әсерін азайту үшін мұндай талшықтарда сәуле ядроның өстеріне біртінде артқа қайта бағытталады. Градиентті сыну көрсеткішті талшық сатылды сыну көрсеткішті талшыққа қарағанда, анағұрлым үлкен жолақтарға ие. 600 МГц-км жолақпен градиентті сыну көрсеткішті талшық бойымен 30 км-ге дейін қашықтыққа 20 МГц модуляциямен сигнал жіберуге болады. Мұндай шыны талшықтың құны ең төмендердің бірі болып табылады. Оптикалық кабельдердің стандарттары 3.1-кестеде көрсетілген.

**Кесте 3.1 – Оптикалық талшықтардың стандарттары және олардың қолдану аймағы**

Көп модалы талшық		Бір модалы талшық
MMF 50/125 Градиентті талшық	MMF 62,5/125 Градиентті талшық	SF 8/125 Сатылды талшық
ЛВС(Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	ЛВС(Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	Ұзын желілер (Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM, SDH магистралдары)

### **3.3 Талшық параметрлерін және регенерациялық бөлімшениң ұзындығын есептеу**

ЕТН технологиясы бойынша абоненттік қолжетімділіктің таралу орта ретінде бір модалы талшықтар пайдаланылады.

Талшықты жарық өткізгіштің ең маңызды қорытылған параметрі апертура болып табылады.

Апертура - бұл толық ішкі шағылышу шарты орындалатын, оптикалық ось пен талшықты жарық өткізгіштің шетіне түсетін жарық конусын құрастыратындардың бірі арасындағы бұрыш.

Қабықтың сыну көрсеткішін есептейміз  $n_2$ , кабелдің оптикалық сипаттамаларынан сүйене отырып, сандық апертура  $NA = 0,13$

Белгілі:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (3.1)$$

мұнда  $n_1$  – өзекшениң салыну көрсеткіші, 1,4681.

Онда:

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

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

Талшықты жарық өткізгіштің оның құрылышын бағалу үшін қолданылатын маңызды параметрі нормаланған жиілік  $V$  болып табылады.

Ол озекше ( $g1$  а) мен сыртқы қабық ( $g2$  а) үшін цилиндрлік функциялардың аргументтерінің қосындысы болады:

$$\begin{aligned} V &= ((g1\text{ a})^2 - (g2\text{ a})^2)^{1/2} = ((k1^2 - b^2) + (b^2 - k2^2))^2 = (k1^2 - k2^2)^{1/2} = \\ &= 2 \cdot \pi \cdot a(n_1^2 - n_2^2)^{1/2} / \lambda = 2 \cdot 3.14 \cdot 4.5 \cdot 10^{-6} \cdot 0.13 / (1.55 \cdot 10^{-6}) = 2,3702, \end{aligned} \quad (3.3)$$

мұнда  $a$  – қабықтың өзекшесінің радиусы,  $a = 4,5$  мкм;

$n_1$  – өзекшениң салыну көрсеткіші,  $n_1 = 1,4681$ ;

$n_2$  – қабықтың салыну көрсеткіші,  $n_2 = 1,4623$ .

Кабелдің параметрлерінің есептелуін, біз  $2a = 9$  мкм өзекшениң диаметрімен және  $\lambda = 1250$  нм критикалық толқын ұзындығымен сатылы салыну көрсеткішті бір модалы талшыққа ие екенімізге сүйеніп, 1550 нм толқын ұзындықта моданың өрісінің диаметрі  $2\omega_0$  түрлендірейік.

$$2\omega_0 \approx (2,6 \cdot \lambda / V_c \cdot \lambda_c) \cdot 2a, \quad (3.4)$$

мұнда  $\lambda$  – жұмыс толқын ұзындығы, нм;

$\lambda_c$  – кризистік толқын ұзындығы, жарық өткізгіште тек қана негізгі мода бағытталатыннан жоғары;

$V_c$  – бір модалы  $V_c = 2,405$  үшін критикалық нормаланған жиілік критическая нормированная частота, для одномодового режима  $V_c = 2,405$ .

$$\lambda = 1550 \text{ нм}: 2\omega_0 \approx (2,6 \cdot 1550 / 2,405 \cdot 1250) \cdot 9 = 12 \text{ мкм}.$$

Бұл 12 мкм дейін өзекшениң диаметрімен ОТ таңдауға болатының білдіреді.

Жарық өткізгіште өзекше – қабық орталарының бөлімінің шекарасы мөлдір шыны болатының ескергенде, оптикалық сәулениң шағылышы ғана емес, сонымен қоса оның қабыққа енүі болуы мүмкін. Қабыққа энергияның ауысуын және қоршаған кеңістікке сәулеленуді алдын алу үшін толық ішкі шағылышу шартын және апертураны ескеруіміз қажет. Үлкенірек тығыздықты ортадан кішірек тығыздықты ортаға ауысу белгілі, яғни  $n_1 > n_2$ ,

толқын белгілі бұрышпен түскенде толық шағылысады және басқа ортаға өтпейді. Барлық энергия бөлімнің шекарасынан шағылысынан бастағанда,  $w_p = \theta$  болғанда түсү бұрышы толық ішкі шағылысу бұрышы деп аталады:

$$\sin \theta = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{\frac{m_2 \cdot e_2}{m_1 \cdot e_1}}, \quad (3.5)$$

мұнда  $m$  және  $e$  –  $(m_1, e_1)$  өзек және  $(m_2, e_2)$  қабықтың тиісінше магнитті және диэлектрлік өтімділіктері.

$w_p < \theta_v$  болғанда сынған сәуле «өзекше – қабық» бөлімнің шекарасынан бойлай өтеді және қоршаған ортаға сәулеленбейді.

$w_p > \theta_v$  болғанда өзекшеге келген энергия толық шағылады және жарық өткізгіште тарапады. Толқынның  $\theta_v$  –дан 90 градусқа дейін шектіліктे  $w_p > \theta_v$  түсү бұрышы үлкен болған сайын, таралудың шарты жақсырақ болады және қабылдау нүктесіне толқын тезірек жетеді. Бұл жағдайдада барлық энергия жарық өткізгіштің өзекшесінде шоғырланады және қоршаған ортаға іс жүзінде сәулеленбейді. Толық шағылысу бұрышынан кіші бұрышпен сәуле түскенде, энергия қабыққа енеді, қоршаған ортаға сәулеленеді және жарық өткізгішпен жіберу тиімсіз болады.

Толық ішкі шағылысу заңы талшықты жарық өткізгіштің кірісіне жарықтың ену шартын алдын ала анықтайды. Жарық өткізгіш тек өлшемі толық ішкі шағылысу бұрышымен  $\theta_v$  шартталған  $\theta_a$  бұрышы шегінде алынған жарықты өткізеді. Бұл  $\theta_a$  бұрышы сандық апертураламен сипатталады:

$$NA = \sin \theta_a = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = (1.4681^2 - 1.4623^2)^{1/2} = 0.13.$$

Толық ішкі шағылысу бұрыштары мен сәулениң апертуралық түсү бұрышының арасында өзара байланыс бар.  $\theta_v$  үлкен болған сайын,  $\theta_a$  талшықтың апертурасы кішірек болады. «Өзекше – қабық» бөлімнің шекарасында  $w_p$  сәулениң түсү бұрышы толық ішкі шағылысу бұрышынан  $\theta_v$  үлкенірек болуына және  $\theta_v$ -дан 90 градусқа дейін аралықта болуына, ал жарық өткізгіштің шетіне сәулені енгізу бұрышы  $w$  апертуралық бұрышқа  $\theta_a$  ( $w < \theta_a$ ) жатқызылуына ұмтылу керек.

Толық ішкі шағылысу шарты орындалып жатқанда,  $\theta_c$  кризистік бұрышын табамыз:

$$\theta_c = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{1.4623}{1.4681}\right)^2} = 0.09 \text{ rad} \approx 5,16^\circ. \quad (3.6)$$

Өзекшенің  $n_1$  және қабықтың  $n_2$  сыну көрсеткіштерін біле  $\Delta$  сыну көрсеткіштердің салыстырмалы айырымын есептейміз:

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

(3.7)

ТОК-де SZ-құрылымын есептейік:

360° -қа толық айналымның өрісінің адымы S бұра қадамы деп аталады.

Есіслетін(свиваемыми) элементтер мен кабелдің көлденен қимасы арасындағы бұрыш бұра бұрышы  $\alpha$  деп аталады. Кабелдің өсі мен есіслетін элементтер арасындағы арақашықтық бұра радиусы R деп аталады.

Кабелдің осы түрлері үшін бұра адымы S=170мм және бұра радиусы R=4,3мм, онда қосымша ұзындық Z тең болады:

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

(3.8)

Сондықтан кабелдің әр жүз метр ұзындығы үшін свиваемые элементтері 1,25м-ге ұзынырақ.

Бұра бұрышы тең:

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

(3.9)

Сәйкес қисық радиус тең:

$$\rho = R \left( 1 + \left( \frac{S}{2\pi R} \right)^2 \right) = 4.3 \cdot \left( 1 + \left( \frac{170}{6.28 \cdot 4.3} \right)^2 \right) \approx 0.175 \text{ м}$$

(3.10)

Созылудағы жүктеменің тапсырылған диапазондарда және ТОК-дегі температуралық диапазондарда жіберу сипаттамалардың рұқсат етілмейтін өзгерістері мен жарық өткізгіштердің бұзылуына қауіп тумау үшін, қатпармен бірге желілерде жарық өткізгіштердің созылуы мен сығылуын шектеу керек. Ұзындықтың қатысты өзгерісі  $\Delta L/L$  BOK, яғни кабелді ұзартуға болатын Ек немесе сығу Етк тең:

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

(3.12)

мұнда «+» белгі Етк кабелін сығу үшін; «-» белгі Ек кабелін ұзарту үшін.

Сонымен, қабықтың көрсетілген ішкі диаметрі  $\alpha i = 2\text{мм}$  біле отырып, сатылы сыну көрсеткішті 12 жарық өткізгіш ортақ саңылауға ие:

$$\Delta R = (2.0 - 1.0)/2 = 0.5 \text{мм} = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Онда кабелдің максималды рұқсат етілетін ұзартылуы тең:

$$Ek = -1 + \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 \cdot 4.3^2}{170^2} \left( 2 \frac{0.4}{4.3} - \frac{0.4^2}{4.3^2} \right)} \approx 0.001064 = 0.1064\% . \quad (3.13)$$

Күрьымымен ерекшеленетін толқындардың түрлері мода деп аталады. Өрістің көп модалық сипаттамасы оптикалық талшық бойымен таралатын электромагниттік толқын бірнеше әр түрлі толқындармен жасалғаның білдіреді. Жарық өткізгіштің жұмыс режимін анықтау үшін нормалық жиілікті  $V$  білсек жеткілікті,  $V \leq 2,405$  болса көп модалық, ал осы дипломдық жобада  $V=2,3702$  (2.9), яғни бір модалық. Жалпы түрде ТЖ-та модалар саны мына формула бойынша анықталады:

$$N = V^2(1+2/n)/2 , \quad (3.14)$$

мұнд  $n$ -сыну көрсеткішінің профилінің өзгеру дәрежесінің көрсеткіші. ОК маңызды екі параметрмен сипатталады: өшү және дисперсиямен.

Өшү  $\alpha$  талшықты жарық өткізгіштердегі меншікті шығынмен  $\alpha_c$  және бұрамен шартталған кабелде болатын қосымша шығындармен  $\alpha_k$ , сонымен қатар оптикалық кабель өндіру процесінде қорғаыш жабындылар мен жабындыларды салған кезде жарық өткізгіштердің бүгілістерімен шартталған оптикалық кабелдердің регенерациялық бөлімшелердің (регенераторлар арасындағы арақашықтық) және тракттардың ұзындығын анықтайды.

ТЖ меншікті шығыны біріншіден жұтылу шығынданан  $\alpha_p$  және шағылу шығынданан  $\alpha_r$  тұрады. Талшықты жарық өткізгіш бойымен электромагнитті энергияны тарату кезінде пайда болатын шығынның механизмі былай түсіндіріледі: жарық өткізгіштің кірісіне түсетін қуаттың бір бөлігі жүйесіздіктерде сәулелердің таралу бағытының өзгеруінің және олардың қоршаған кеңістікке жарық түсіруі ( $\alpha_p$ ) нәтижесінде шағылады, ал джоуль жылуы түрде ерекшелене ( $\alpha_p + \alpha_{pr}$ ) қуаттың басқа бөлігі бөтен қоспалармен жұтылады.

Жұтылудағы шығындар материалдың тазалығынан тәуелді және бөтен қоспалар болған кезде айтарлықтай мөлшерге ( $\alpha_p + \alpha_{pr}$ ) жете алады.

Шағылудағы шығындар талшықты жарық өткізгіштерде шығынның минималды рұқсат мәнінің шегін шектейді.

$$\text{Нәтижесінде } \alpha = \alpha_p + \alpha_r + \alpha_{pr} + \alpha_k.$$

Өшумен бірге өткізу қабілеті dF ТОЖТ-дың маңызды параметрі болып табылады. Ол жарық өткізгішпен өткізілетін жиілік жолағын және сәйкес оптикалық талшық бойымен жібере алатын ақпарат көлемін анықтайды.

Теория бойынша талшықты жарық өткізгіш бойымен үлкен қашықтыққа ақпарат жіберу үшін арнаның үлкен саның ұйымдастыруға болады. Алайда, сигнал қабылдағыш құрылғысының кірісіне бұрмаланып келеді, сзыық ұзын болған сайын бұрмалану көбейетіндіктен айтарлықтай шектеулер бар. Осы құбылыс дисперсия деп аталады және жарық өткізгіште әр түрлі модалардың таралу уақытының айырмашылығымен, сыну көрсеткішінің жиіліктік тәуелділігімен шартталған.

### Дисперсияны есептеу<sup>7</sup>

Кез келген ТО жарық өткізгіш маңызды параметр-дисперсиямен сипатталады.

Дисперсия – оптикалық сигналдың модалық немесе спектрлік құраушылары кезіндегі шағылысу. Дисперсия ОК-мен өткендегі импульс ұзақтығын үлкейтуге алып келеді.

Дисперсия жарық өткізгіштердің пайдалану жиліктік диапазоның шектейді, сонымен қатар, сзыық ұзын болған сайын, дисперсия көбірек болатындықтан және импульс көбірек кеңейтіледіктен ОК-мен жіберу алшақтығын төмендетеді.

Талшықты жарық өткізгіштің дисперсиясының 3 түрін ажыратады: мода аралық, материалдық және толқын арналық. Модалық дисперсия жарық өткізгіште бірнеше моданды тарату кезінде пайда болады. Бір модалық жарық өткізгіште модалық дисперсия болмайды. Материалдық дисперсия өзекшениң материалының сыну көрсеткішінің толқын ұзындығынан тәуелділігімен шартталған. Толқындық дисперсия тұрақты таралудың толқын ұзындығынан тәуелділігімен түсіндіріледі, яғни сәулелену көзі тек бір ғана толқын ұзындығын λ емес, көздің спектрлік енінің мәнімен  $\Delta\lambda$  сипатталатын бірнеше толқын спектрін сәулелейді.

Дисперсия мен өшуді ескерумен регенерация бөлімінің ұзындығын есептеуді түрлендіреміз және есептеулерді сараптаймыз.

Талшық түрі -SF( сатылы СКТ).

Толқын ұзындығы  $\lambda=1550\text{nm}$ .

Меншікті хроматты дисперсия (бір километрге)  $D(\lambda)=18 \text{ ps/nm}$ .

Меншікті өткізу жолағы (бір километрге)  $W=0,44/\tau \text{ МГц}$ .

Лазердің импульсінің ені  $\Delta\lambda=0,1\text{nm}$ .

Дисперсия (бір километрге)  $\tau=\Delta\lambda \times D(\lambda) \text{ ps}$ .

Жіберу жүйесі SMA-16, жылдамдық  $V= 2488.320 \text{ Мбит/с}$  ( жіберу жолағы 1,25 коэффициентке көбейтілген жылдамдықта тең).

Модуляция жиілігі нормаланған (қабылдағыш кірісіндегі импульс спектрінің ені)  $\Delta f(\lambda)=1,25\times 2500=3125\text{МГц}$ .

L- РБ ұзындығы;  $L= W / \Delta f(\lambda)$ .

Дисперсия бойынша шектеу есептелуі.

Импульсті дисперсиялық кеңейту, ps:

$$\tau=\Delta\lambda \cdot D(\lambda)=0,1\times 18=1,8\text{ps.} \quad (3.15)$$

Меншікті өткізу жолағы:

$$W=0,44/\tau=0,44/1,8 \cdot 10^{-12}=244444 \text{ МГцхк.}$$

(3.16)

РБ ұзындығы, м:

$$L=W/\Delta f(\lambda)=244444/3125=78200 \text{ м.}$$

(3.17)

Осы ЖТ және кабелдің тандалған түріне қолданылатын регенерация бөлімінің ұзындығын есептеуді түрлендіреміз.

Материалдық дисперсия (бір километрге) келесі формулада анықталады, с:

$$\tau_{mat}=\Delta\lambda \cdot M, \text{ с,}$$

(3.18)

мұнда  $M$  – меншікті материалдық дисперсияның коэффициенті; балқыған кварц үшін ( $M=0,3098$ );

$\Delta\lambda$ - лазердің спектрлік ені ( $\Delta\lambda=5 \text{ нм}$ ).

$$\tau_{mat}=0,5 \cdot 10^{-9} \cdot 0,3098=1,549 \cdot 10^{-10} \text{ с}$$

Сатылы жарық өткізгіш үшін толқын арналық дисперсия мына формуламен анықталады:

$$\tau_{ee}=\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot \frac{2n_1^2 \cdot \Delta}{c},$$

(3.19)

мұнда  $c$  – вакуумдағы жарық жылдамдығы ( $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ),

$$\tau_{ee}=\frac{0,5 \cdot 10^{-9}}{1,55 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{2 \cdot 1,4675^2 \cdot 0,003}{3 \cdot 10^{-5}}=1,39 \cdot 10^{-11} \text{ с.}$$

Бір модалық ТО жарық өткізгіш үшін қосынды дисперсия материалдық және толқын арналық дисперсиялардың қосындысымен анықталады:

$$\tau\Sigma=\tau_{BB}+\tau_{mat},$$

(3.20)

$$\tau\Sigma=1,39 \cdot 10^{-10} + 1,549 \cdot 10^{-11}=1,41 \cdot 10^{-10} \text{ с}$$

Ортақ дисперсия көмегімен жарық өткізгіштің өткізу енің анықтауға болады  $\Delta F$ :

$$\Delta F=\frac{1}{\tau\Sigma},$$

(3.21)

$$\Delta F = 1 / 1.41 \cdot 10^{-10} = 7.09 \text{ ГГц.}$$

Регенерация бөлімінің ұзындығын анықтау

Регенерация бөлімінің ұзындығы екі фактормен анықталады: жарық өткізгіштің дисперсиясымен және регенерация бөлімінің өшуімен.

Регенерация бөлімінің ұзындығын жарық өткізгіштің дисперсиялық сипаттамасы бойынша анықтаймыз:

$$\frac{\Delta F}{\Delta F_x} = \sqrt{\frac{l_x}{l}}, \quad (3.22)$$

мұнда  $\Delta F$ - 1 км жарық өткізгіштің өткізу жолағының ені;

$\Delta F_x$ - Регенерация бөлімінің соңындағы өткізу жолағының ені;

$l$  - құрылыштық ұзындық ( $l = 6$  км);

$l_x$ - Регенерация бөлімінің ұзындығы.

Келесі есептеудерде  $\Delta F_x = 2500$  МГц деп аламыз.

Регенерация бөлімінің ұзындығын анықтаймыз:

$$l_x = \frac{\Delta F^2}{\Delta F_x^2} \cdot l = \left[ \frac{7.09 \cdot 10^9}{2.5 \cdot 10^2} \right] \cdot 6 = 49000 \text{ м} \quad (3.23)$$

Сатылы сыну көрсеткішті жарық өткізгіштепен ТО кабелді қолданған кезде регенерация бөлімінің ұзындығы дисперсиямен шектеуленетіні есептеуде көрініп тұр. Үлкен экономикалық шығынды талап ететіндіктен, ол магистралды БС-на жарамсыз.

Таңдалған кабель түріне және осы жіберу жүйесіне пайдалана, регенерация бөлімінің ұзындығын өшуді ескерумен есептейміз:

Жіберу деңгейі 15 дБм оптикалық күшеткіш қолданғанда толқын ұзындығы 1550 нм-ге тең болғанда болуы мүмкін, сезімталдық бустер қолданғанда болуы мүмкін.

$$L_{py} = \frac{A - M}{L_\kappa + \frac{L_M}{L}}, \quad (3.24)$$

мұнда  $A$  – жүйенің энергиялық қоры;

$L_\kappa$  – кабелдің километрлік өшуі;

$M$  – ескіргендегі шығын;

$L_m$  – жарық өткізгіш-жарық өткізгіш түйіскен жерде өшу;

$L$  – кабелдің құрылыштық ұзындығы.

Жіберу жүйесінің энергиялық қоры жіберу және кабылдау соңындардағы сигналдың мүмкін деңгейлерімен максималды анықталады:

$$A = (P_{\text{permax}}) + (P_{\text{prmin}}), \quad (3.25)$$

$$A=45+15=60 \text{ дБн.}$$

ЕТТН құрылғылары үшін ескіргендегі шығынды 11Дб-ге тең деп аламыз.

$$L_{py} = 214000 \text{ м.}$$

Регенерация бөлімінің ұзындығын күшейткішсіз және бастапқы күшейткішсіз есептейміз:

$$L_{py} = \frac{A - M}{\kappa + \frac{M}{L}} , \quad (3.26)$$

$$L_{py} = 73000 \text{ м.}$$

Регенерация бөлімінің ұзындығын күшейткішпен, бірақ бустерсіз есептейміз:

$$L_{py} = \frac{A}{\kappa + \frac{LM}{L}} , \quad (3.27)$$

$$L_{py} = 188000 \text{ м.}$$

Регенерация бөлімінің ұзындығын және ОТ арасындағы километрді ескере. Бізде кабель ұзындығы 7 км-ге тең болғандықтан, біздің желі Регенерациялық бөлімді қажет етпейді.

### 3.4 EDFA оптикалық күшейткіштерін есептеу

Теменде EDFA сипаттайтын негізгі параметрлер анықталады: қанығу қуаты, күшетту коэффициенті, күшеттілген жоспарсыз сәулелену қуаты және шүйл-факторы.

Қанығу қуаты  $P_{out\ sat}$  (saturation output power) - күшеткіштің максималды шығыс қуатын анықтайды. Қуаттың үлкен мәні ретрансляциялықсыз бөлімнің қашықтығын ұлғайтуға мүмкіндік береді. Бұл параметр оптикалық күшеткіштің түрінен тәуелділігімен өзгереді. Ол қуатты EDFA-да 36 дБм (4 Вт) асып түсіү мүмкін.

Күшетту коэффициенті G (gain) мына қатынастардан анықталады:

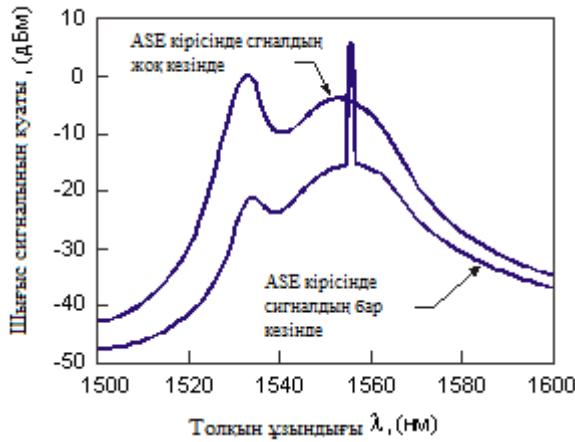
$$G = P_{S\ out} / P_{S\ in}, \quad (3.28)$$

мұнда  $P_{S \text{ out}}$  және  $P_{S \text{ in}}$  – күшеткіштің кірісі мен шығысындағы (пайдалы) сигналдардың қуаттары, ал логарифмдік эквивалент мына формуламен анықталады:

$$g = 10 \lg G \text{ дБ.} \quad (3.29)$$

Күшеттілген жоспарсыз сәулелену қуаты ASE (amplified spontaneous emission). Кіріс сигнал болмағанда EDFA фотондардың жоспарсыз сәулелену көзі болып табылады. Сәулелену спектрі эрбия атомдардың энергиялық аймағының формасынан және аймақтардың деңгейінің орналасу статикалық бөлінуінен тәуелді. EDFA күшеткішінің белсенді аймағында талшық бойымен тарала жоспарсыз жасалған фотондар көбейеді, нәтижесінде сол толқын ұзындықта, сол фазамен, поляризациямен және таралу бағытымен екінші фотондар жасалады. Жоспарсыз фотондардың нәтижелік спектрі күшеттілген жоспарсыз сәулелену деп аталады (3.2-сурет). Оның қуаты 1 Гц-те есептеуде нормаланды және Вт/Гц өлшемділігін иеленеді. Егер күшеткіштің кірісіне лазерден сигнал берілсе, онда бұрын күшеттілген жоспарсыз сәулеленуде жұмыс істеген энергиялық өткелдердің белгілі үлесі кіріс сигналды күшете, лазерден келген сигналдың әрекетімен болады. Тек пайдалы кіріс сигналды күшету емес, сонымен бірге әлсіздендіру де ASE жүреді (3.2-сурет). Кіріске мультиплексті сигнал бергенде, күшеттілетін мультиплексті арналардың пайдастынадағы ASE-нан келесі қуаттың қайтуы болады. Әдетте күшеткіштер шығыстағы сигналға қатысы бойынша қаныгу режимінде жұмыс істейді. Бұл тізбектелген күшеткіштердің үлкен санымен созылған сыйықтар үшін әсіресе керек, арналардағы сигналдардың деңгейлерінің табиғи теңесулерін жасайды. Егер күшеткішке алдыңғы лазер спектрлік терезеде сәулеленуді туындарта  $\Delta v$  ( $\Delta v = c \Delta \lambda / \lambda^2$ , где  $c$ - жарық жылдамдығы) және сәйкес осы терезеде қабылдау оптоэлектронды модулдің сүзгісіне сигнал өткізсе, онда шуыл қуатына салым шығыста күшеттілген жоспарсыз сәулелену арқасында тең болады  $ASE = ASE \times \Delta \lambda$ . Сонымен, мультиплексті сигнал бөлек арналардың спектрлік катынасында тарлау болғанда, EDFA каскадом оптикалық сыйықтар жақсырақ болады.

Тар жолақты сүзгілерді жұмыс толқын ұзындығында жөнге салынған оптоэлектронды қабылдау модулінің алдында қолдану, күшеттілген жоспарсыз сәулеленуден шуыл деңгейін төмендетуге көмектеседі



Сурет 3.2 – спектрлік анализатормен түсірілген EDFA шығыс спектрі (ASE шуылдың спектрлік тығыздығы)

EDFA үлкен меншікті уақыттық тұрақтылары – мета тұрақтылық күйдегі ~1 мкс уақыт өткелінің тұрақтысы, оптикалық күшейткіштердің каскадының мета тұрақтылық күйінің өмір сүру уақыты ~10 мкс. Күшетілген жоспарсыз сәулеленудің қуаты күшету коэффициентіне мына формуламен байланысты:

$$ASE = h\nu \cdot \frac{n_{sp}}{\eta} (G - 1), \quad (3.30)$$

мұнда  $h$  - планк тұрақтысы,  $6,6252 \times 10^{-34}$  Вт·с<sup>2</sup> тең,

$\nu$  - 1530-1560 нм диапазондағы толқын ұзындығына  $\lambda$  сәйкес жиілік (Гц),

( $\nu = c/\lambda$ ,  $c$  - жарық жылдамдығы,  $2.9979 \cdot 10^8$  м/с тең),

$n_{sp}$  - жоспарсыз эмиссия коэффициенті,

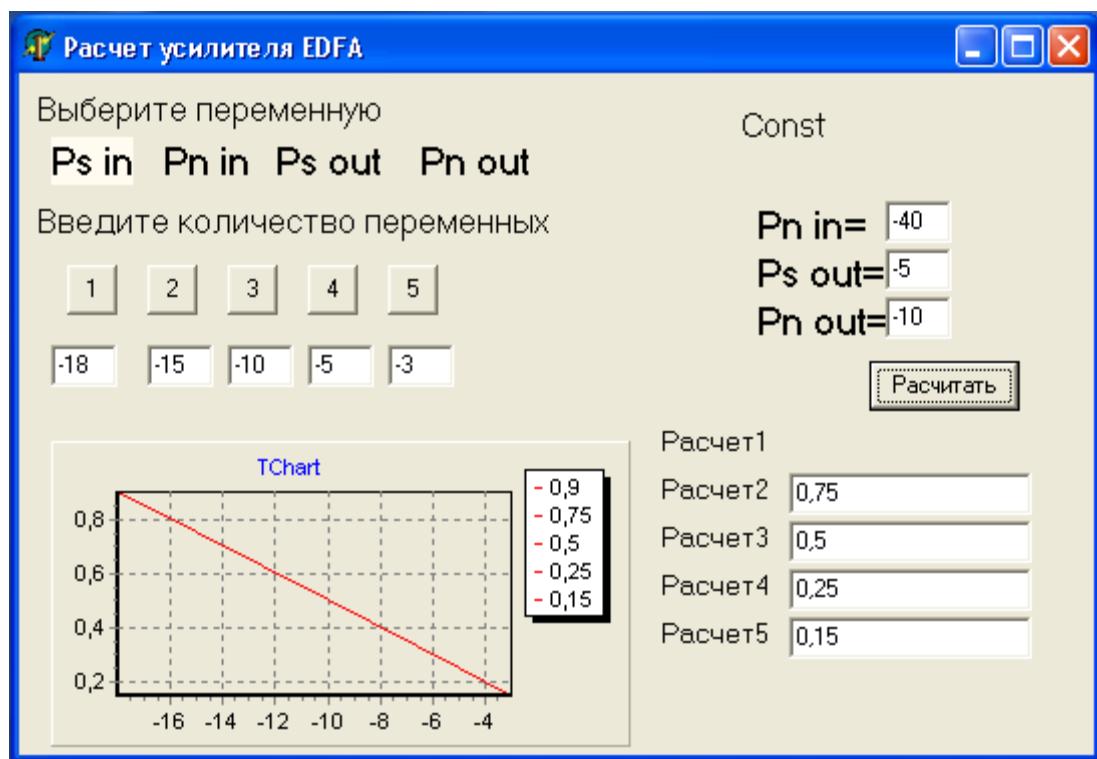
$\eta$  - квантты тиімділік.

Нақты жағдайда кіріске қатысты  $G \gg 1$  болғанда  $n_{sp} = \eta = 1$   $ASE_{id}/G$  квантты күшеткіштің күшетілген жоспарсыз сәулеленудің қуаты  $\lambda = 1550$  нм-де спектрлік жолаққа 1 Гц есептегендеге  $1.28 \times 10^{-19}$  Вт/Гц қурағанда  $h\nu$  тең. Анализатордың терезесінің өлшеміне 0,8 нм-де 100 ГГц-тегі кіріске келген күшетілген жоспарсыз сәулеленудің қуатының тиімді мәнін (1.28 · 10<sup>-8</sup> Вт немесе -48,9 дБм) анықтайтын спектрлік терезе сәйкес келеді.

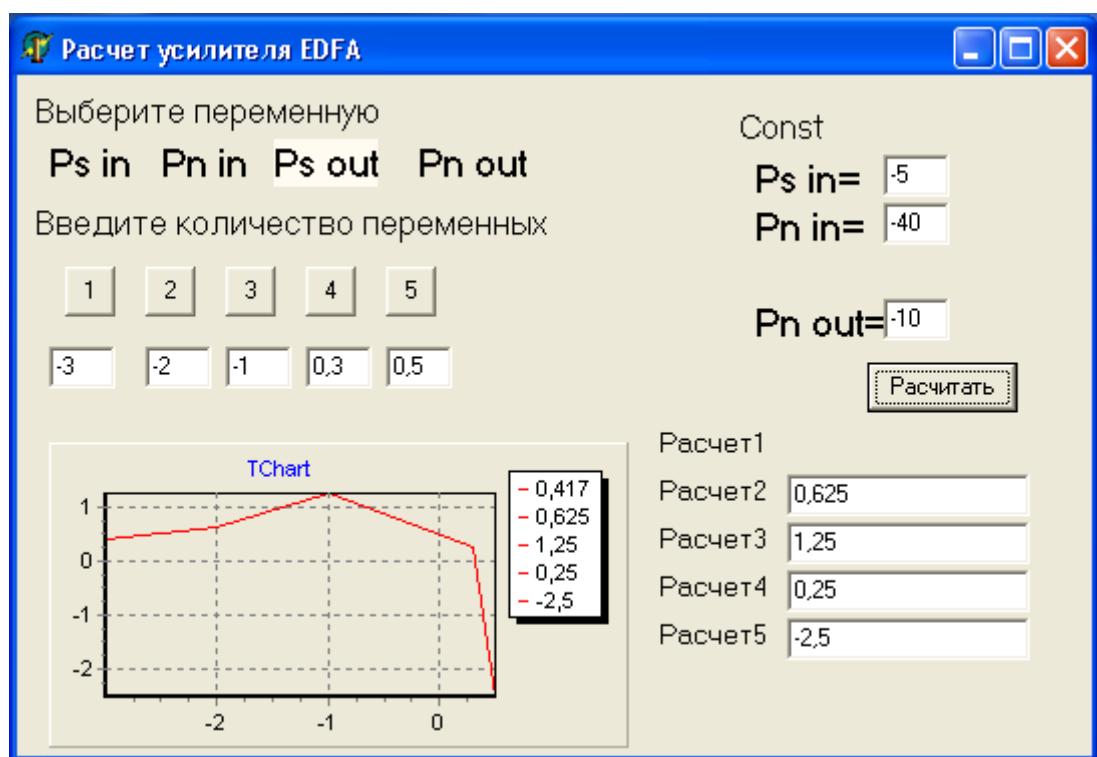
Шуыл-фактор NF(noise figure) кірістегі сигнал/шуыл қатынасының ( $SNR_{in}$ ) шығыстағы сигнал/шуыл ( $SNR_{out}$ ) қатынасына анықталады:

$$NF = \frac{P_{Sin}}{P_{Nin}} / \frac{P_{Sout}}{P_{Nout}} \quad (3.31)$$

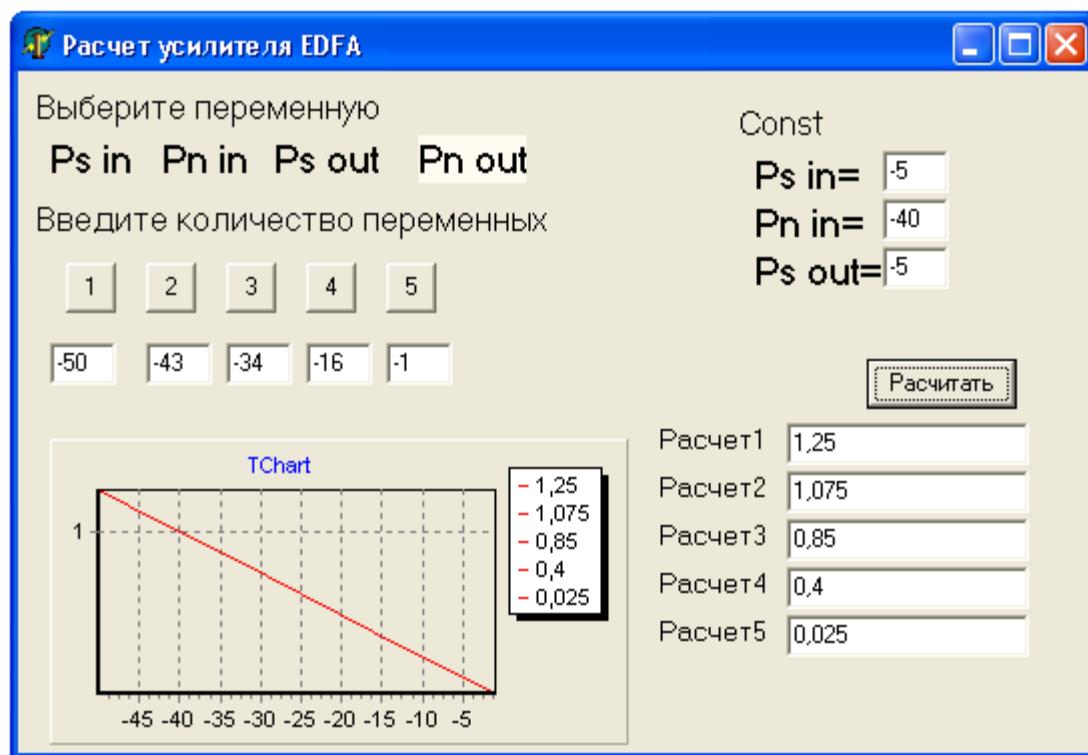
А қосымшада көрсетілген



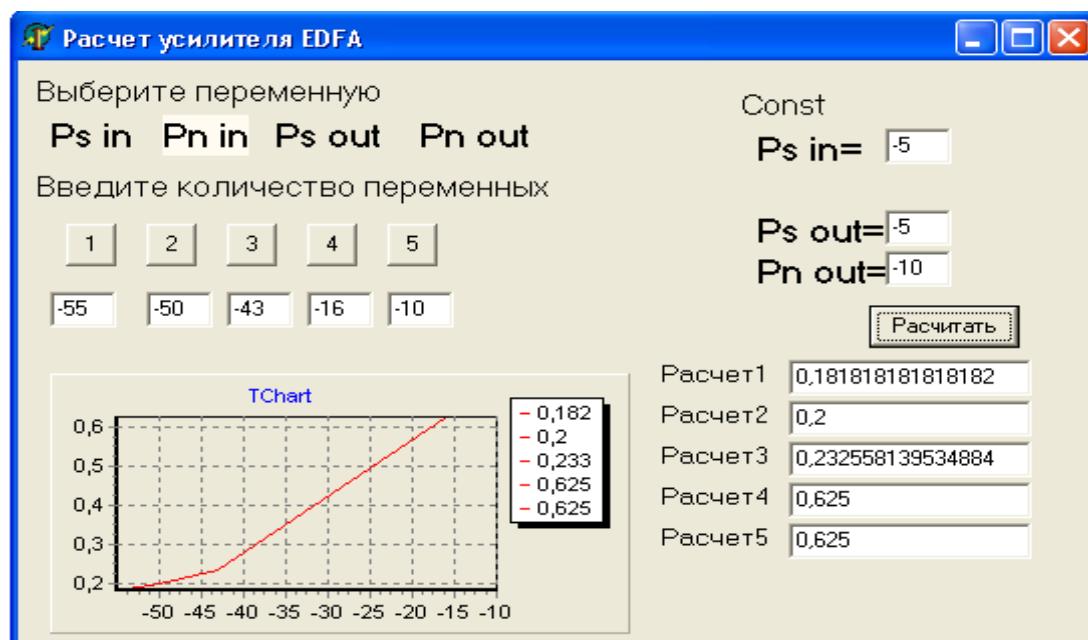
Сурет 3.3 – NF шыыл-фактордың  $P_{S \text{ in}}$  айнымалыға тәуелділігі



Сурет 3.4 – NF шыыл-фактордың  $P_{S \text{ out}}$  айнымалыға тәуелділігі

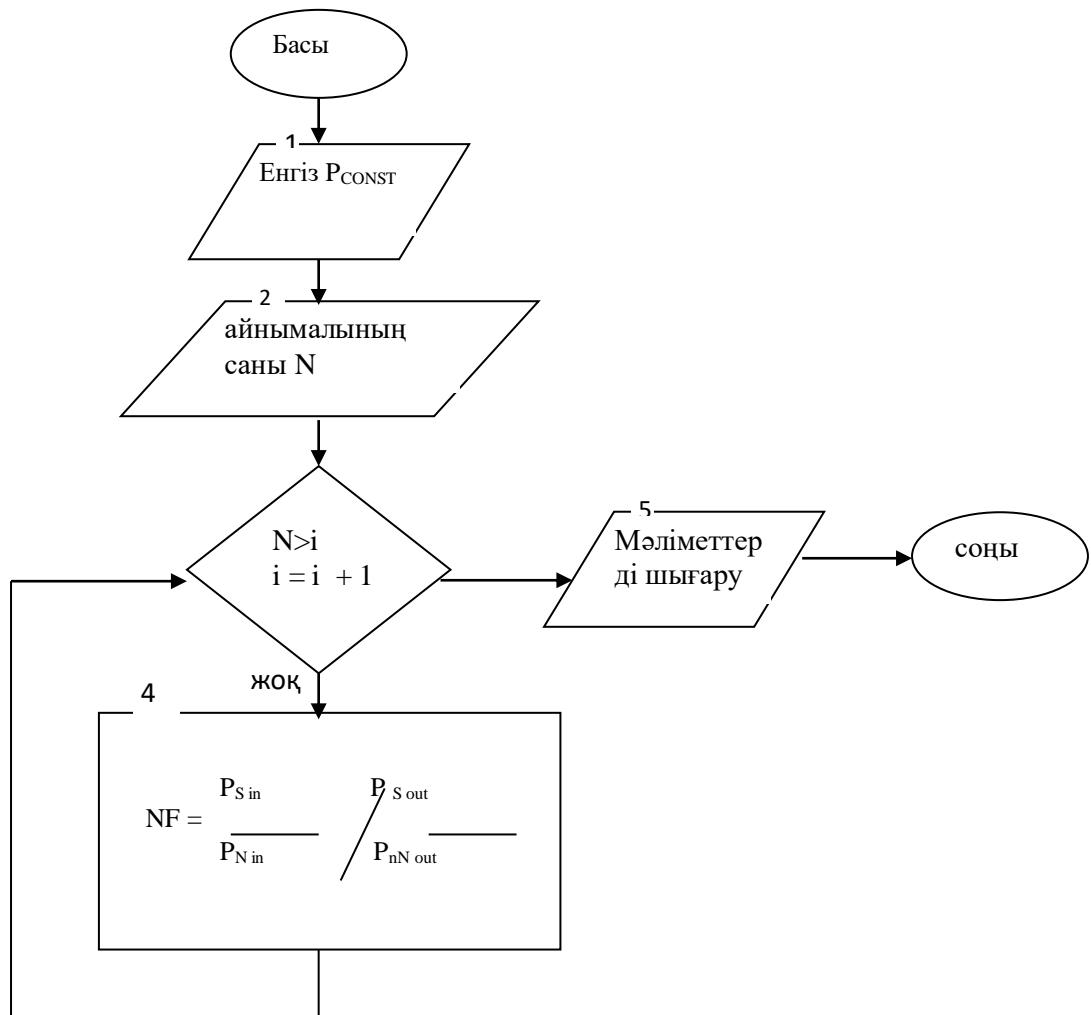


Сурет 3.5 – NF шуыл-фактордың  $P_{n\ in}$  айнымалыға тәуелділігі



Сурет 3.6 – NF шуыл-фактордың  $P_{n\ out}$  айнымалыға тәуелділігі

Шуыл – факторды есептеудің блоктық сыйбасы 3.7-ші суретте көрсетілген.



Сурет 3.7 – Шуыл – факторды есептеудің блоктық сыйбасы

Кірістегі шуыл қуаты квантты-шектеулі минималды өлшем болып табылады және вакуумның нөлдік флюктуациясымен вакуума  $P_{N_{in}} = h\nu \cdot \Delta\nu$  анықталады. Шығыстағы шуылдың қуаты күшейтілген жоспарсыз сәулеленудің қуаты мен күшейткіштен өзгеріссіз өтетін вакуумның нөлдік флюктуациясының шуылының қуатының қосындысынан тұрады:  $P_{N_{out}} = ASE_{\Delta\nu} + h\nu \cdot \Delta\nu$ . Егер  $P_{S_{out}}/P_{S_{in}} = G$  екенің ескерсек, онда шуыл-факторды күшету коэффициенті және күшетілген жоспарсыз сәулеленудің қуаты арқылы өрнектеуге болады:

$$NF = \frac{1}{G} \left( 1 + \frac{ASE}{h\nu} \right)$$

### 3.5 Ишкі тарату

Ғимарат аумағында 3 негізгі құрамдас бөлік бар:

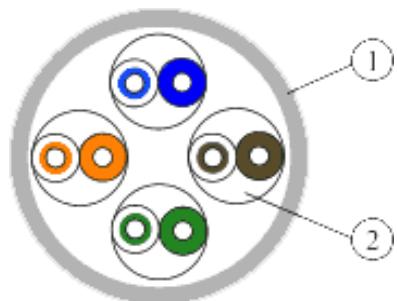
- 1) қолжетімділіктің коммутаторы,
- 2) ғимарат ішінде жүргізу.

Коммутатордан абонентке дейінгі аумақта сыртқы төсемеге қолданылатын UTP-4x2 cat.5e PE кабелі пайдаланылады.

Кабель, 4 жұп кат.5е, PE, 500м. сырты -60С дейін.



Сурет 3.8 – UTP кабелінің жалпы түрі



1 – қабығы, 2 – жұбы

Сурет 3.9 – Кабелдің кесіндісі



Сурет 3.10 – Кабелдің қаптамасы

3.2-ші кестеде кабелдің техникалық сипаттамалары көрсетілген.

Орташамен, есептеу үшін бір абоненттегі кабельдің 70 м алады. Осы жобада 31 үйге 24 порт бойынша жабдық орнатылады, барлығы 744 қосылу нүктесі. Сәйкес UTP кабелінің  $744 \cdot 70 = 52080$  м керек болады.

### Кесте 3.3 – Техникалық сипаттамалар

Параметр	Мәні
Кідірістің біркелкілік еместігі, нс/100 м	-
Өрт жүктемесі, мДж/км	-
Өзара ықпалдың өшүі 30 МГц, дБ	-
Кабель қабығының түрі және түсі	ПВХ, сұр
Отқа шыдамдылық	IEC 332-1
Оқшаулаудың диаметрі, мм	-
Таралудың салыстырмалы жылдамдығы, %	69
Кабель диаметрі, 10 <sup>-3</sup> м	5,1
Толқындық кедергі, Ом	100 ± 15
Кабель түрі және жұп саны	UTP, 4 жұп
Өткізгіштің диаметрі, 10 <sup>-3</sup> м (AWG)	0,55
Температуралардың қолдану кезіндегі диапазоны, °С	- 60 С-қа дейін
Өткізу жолағының шекаралық жиілігі, МГц	100
Таралу кідірісі, нс/100 м	-
Стандарттар	ISO/IEC 61156-5
Номиналды салмақ бір километрге, кг	35
Санат	5e
Маңызды ерекшеліктер	
Фирма Адвакомның осы кабелі сыртқы төсеме үшін пайдаланылады	
Сыртқы қабық полиэтиленнен жасалынған	

Жабдық. Қолжетімділіктің және біріктірудің жабдығы ретінде D-link бірлестігінің жабдығы таңдалып алынды.

Біріктіру деңгейі. DGS-3100-24TG – 8 портымен 10/100/1000Base-T + 16 белгіленген SFP портымен 2 деңгейдегі басқарылатын коммутатор.



Сурет 3.11 – қолжетімділік коммутаторы

Сипаттама.

DGS-3100 - 2 деңгейдегі басқарылатын коммутаторлардың топтамасы көп функциялы және қымбат емес бағада тұратын бастапқы деңгейдегі басқарылатын коммутаторды өзіне қосады. Осы топтамаға 20 Гбит/с дейін физикалық стекирлеу және 802.3af Power over Ethernet (PoE) (тек қана DGS-3100-24P және DGS-3100-48P құрылғылары үшін) қолдау мүмкіндігімен 24-және 48- портты коммутаторлар 10/100/1000 Мбит/с кірді. Сонымен қатар, өткізу жолағын басқару және бай функция желілік басқару үшін. Баға

бойынша икемді, функциялы, сонымен бірге қолжетімді шешімді алуды қалайтын шағын және орташа бизнес кәсіпорындары Gigabit Ethernet жылдамдығында жұмыс станцияларының қосылуын және бірлестіктің магистралды желісінің развертывания қамтамасыз ету үшін осы коммутаторларды қолдануға болады.

Физикалық стекирлеу.

DGS-3100 топтамасының коммутаторлары стекирлеу үшін HDMI\* белгіленген 2 портымен жабдықталған, әрқайсысы 5 Гбит/с өткізу жолағын қамтамасыз етеді (стекирлеу үшін өткізу жолағының барлық жүйесі үшін - 20 Гбит/с дейін толық дуплексті режимде). 6 коммутаторға дейін сызық ты немесе сақина тәрізді топологиядағы стекте біріктіруге болады. Стекте 10/100/1000Мбит/с коммутаторларының PoE қолдауын иеленуден тәуелсіз бірігуіне болады. Желінің кеңейткендегі стекке ақырында коммутаторлар қосуға, бірнеше стекті біріктіруге немесе стек пен магистралды желі немесе сервер арасында арна ұйымдастыруға болады.

Желілік қауіпсіздік.

Коммутаторлар, қолжетімділік бақылауының тізімдерін (Access Control List, ACL), порт / MAC-адрес негізіндегі 802.1x аутентификацияны, сонымен қатар, желіге тек авторландырылған қолданушыларға қолжетімділік алуға мүмкіндік беретін Guest VLAN-дағы 802.1x аутентификацияны қосқанда, желінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін бай функцияға ие. D-Link Safeguard Engine функциясы вирус/құрттардың белсенділігінен пайда болған зиянды трафиктерден коммутаторларды қорғайды, желілік қауіпсіздікті кеңейтеді.

Күйге келтіру/өнімділіктің жақсартылған икемділігі.

Желінің икемділігі мен тоқтамаушылығын арттыру үшін, DGS-3100 коммутаторлардың стегі Spanning Tree (802.1D, 802.1w, 802.1s) хаттамаларын пайдалануға болады. 802.3ad Link Aggregation байланыс арнасының қолжетімділік өткізу жолағын үлкейтүге мүмкіндік береді. Қызмет көрсетудің қажетті сапасын (Quality of Service, QoS) қамтамасыз ету үшін коммутаторлар, қолданушыларға желіде ағынды аудио және видео, VoIP сияқты кідіріске сезімтал қосымшаларды пайдалануға мүмкіндік беретін, басымдылықтардың кезегін 802.1p және TOS, DSCP, MAC-адрес, IP-адрес, VLAN ID және 4-ші деңгейдегі хаттамалар негізіндегі дестелердің жіктеуілігін қолдайды.

Трафиктің бақылауы /Өткізу жолағын басқару.

Өткізу жолағын басқару функциясын 64 Кбит/с дейін адыммен пайдалана, әкімші әр порт үшін өткізу жолағын икемді күйге келтіре алады. Толықтай хабарлау дауыл мен ағын бойынша өткізу жолағын басқару функцияларының арқасында, құрылғыға желіде вирустардың белсенділігімен байланысты әсер ету азаяды. Одан басқа, коммутатор -көп адресті дестелерді және порттардың зеркалау функциясын басқару үшін және – бақылау жүргізу үшін IGMP Snooping и MLD Snooping 2 функцияларды қолдайды.

Басқару.

DGS-3100 стандартты басқару протоколын қолданады, әсіреке SNMP, RMON, Telnet, Web GUI, SSH/SSL. Хаттама DHCP көмегімен автоконфигурацияның функциясы әкімшіге DHCP-серверінен IP күйге келтірулердің коммутаторларымен автоматты алуды қуйге келтіруді мүмкіндік береді.

Кесте 3.3 – Физикалық параметрлер

Қорек	Айнымалы токтың 100-ден 240 В-қа дейін, 50/60 Гц, ішкі қорек көзі
Тұтыну қуаты	38.30 Вт
Резервтегі қорек көзі	DPS-200
Өлшемі	0.44 x 0.21 x 0.044 м, тіреуішке орнату үшін 19", биіктігі 1 U
Салмағы	2.95 кг
Жылу бөліну (BTU/сағ)	120.26
Жұмыс температуrasesы	0°-ден 40° С-қа дейін
Сақтау температуrasesы	-10°-нан 70° С-қа дейін
Жұмыс ылғалдылығы	10%-дан 90%-ға дейін конденсаттың болмауының
Ылғалдылығы	5%-дан 90%-ға дейін конденсаттың болмауының
MTBF	195,655 ч

Қолжетімділік деңгейі.

DES-1228 – 24 портымен 10/100Base-TX + 2 портымен 1000Base-T + 2 комбо-портымен 1000Base-T/Mini GBIC (SFP) басқарылатын коммутатор.



Сурет 3.12 – Басқарылатын коммутатор

Сипаттама.

Келесі кезеңнің Web Smart топтамасының коммутаторы шағын және орта бизнестің желілері (SMB) үшін экономикалық тиімді шешім екенің көрсетеді және Plug and Play технологиясына негізделген орнатудың сенімділігі мен қарапайымдылығын қамтамасыз етеді. Коммутатордың кеңейтілген функционалы Gigabit Ethernet-тің 4 портын қосады, екеуі

1000BASE-T/SFP комбо-порттары болып табылады, қауіпсіздікті қамтамасыз ету функциялары, трафикті сегменттеу, QoS және икемді басқару.

Порттардың жоғарғы тығыздығы.

DES-1228 коммутаторы желінің торабына немесе серверлерге қосу үшін Fast Ethernet-тің 24 портымен және 4 гигабитті портпен жабдықталған. Порттар жұмыс станцияларының қосылуының қарапайымдылығын қаматамасыз ете, MDI/MDIX полярлығының автоматты анықтауын қосады.

2-ші деңгейдің кеңейтілген функциялары.

2-ші деңгейдің құрылғысы болып табылатын бұл коммутатор өзіне мынадай функцияларды қосады, IGMP snooping, порттарды зеркалирование, Spanning Tree және желінің тоқтамаушылығын және өнімділігін арттыру үшін порттарды агрегаттау сияқты.

Виртуалды жергілікті желілер(802.1q) және QoS.

Коммутатор топ бойынша трафикті сегменттеу, желінің қауіпсіздігін және өнімділігін арттыру үшін 802.1Q VLAN Tagging хаттамасын қолдайды. Ол, сонымен қатар, 802.1p қатарларын қолдайды, қолданушыларға желіде аудио и видео және VoIP сияқты кідіріске сезімтал қосымшаларды (приложения) пайдалануға рұқсат етеді. Бұл функциялар коммутаторға VLAN және 802.1p пайдаланумен желілерде жұмыс істеуге рұқсат етеді.

Желілік қауіпсіздік.

DES-1228 коммутаторда желіге қолжетімділікті шектеу үшін MAC-адрестердің статикалық кестесі бар. Порттарға негізделген 802.1x аутентификация қолданушыларды авторландыру үшін сыртқы RADIUS-сервер пайдалануға рұқсат етеді. D-Link Safeguard Engine сияқты қосымша функциялар вирус/құрттардың белсенділігінен пайда болған зиянды трафиктерден коммутаторды қорғайды.

Икемді басқару.

Коммутатор SmartConsole утилит немесе Web-интерфейс арқылы күйге келтіріледі және басқарылады. SmartConsole жергілікті ДК-ден коммутаторға қарапайым қолжетімділікті қамтамасыз етеді, сонымен бірге, қолданушыларға IP-адресті және желі бет пердесін енгізу қажет емес. Одан басқа, желінің барлық қолжетімді коммутаторлары утилиттің терезесінде бейнеледі. Web-интерфейс желінің кез келген жерінен немесе Web-браузера көмегімен жойылған коммутаторға қолжетімділікті алуға рұқсат етеді.

Одан басқа, қолданушылар коммутатордың жағдайын сұрау үшін және штаттық оқиғалар туралы хабарламаларды жіберу үшін MIB пайдалана алады. MIB қолданушыларға коммутаторды шеттегі өндірушілердің басқа құрылғыларымен SNMP-басқарудың бір ортасында интегралдауға рұқсат етеді.

### Кесте 3.4 - Физикалық параметрлер

Қорек	Айнымалы токтың 100-ден 240 В-қа дейін, 50/60 Гц, ішкі қорек көзі
Тұтыну қуаты	18.35 Вт (макс.)
Өлшемі	0.44 м x 0.14 м x 0.044 м
Салмағы	2.088 кг
Жылу бөліну (BTU/сағ)	62.57
Жұмыс температурасы	0о-тан 40о С-қа дейін
Сақтау температурасы	-10о-тан 70о С-қа дейін
Жұмыс ылғалдылығы	10%-дан 90%-ға дейін конденсаттың болмауыныз
Ылғалдылығы	5%-дан 90%-ға дейін конденсаттың болмауыныз

Колжетімділік түйінінің сыйымдылығын кеңейткенде келесі жабдықтарды қолдануға болады:

DES-3016 – 10/100 Base-TX-тің 16 портымен 2-ші деңгейлі басқарылатын коммутатор

DES-2108/E/B – 10/100Base-TX-тің 8 портымен 2-ші деңгейлі басқарылатын коммутатор.

Абоненттік жабдық (СРЕ).

Megaline қызметін алу үшін абонентке тек Ethernet желілік картамен дербес компьютер керек болады(қазіргі уақытта барлық компьютерлер осы картамен құралдандырылған).

Бір қызметтен көп қажеттілік жағдайында (Megaline+iD TV, Megaline+iD phone, Megaline+iD TV+iD phone) абонентке 4 портқа Ethernet-router қажет болады.

Осы жабдықтың шамамен құны – 4000-нан (4 Ethernet-портқа сымды роутер) 12000 теңгеге дейін (4 портпен сымсыз Ethernet-роутер). Megaline қызметін жеткізетін ADSL-модемге сияқты, клиент жабдығына шығындарды абонент төлейді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жобада Алматы қаласында Шұғыла ықшам ауданына FTTH желісін жобалау жүргізілді. Байланыс сапасын және қолжеткізілетін қызметтердің көлемін арттыру мақсатымен осы желіні жаңарту қажет екені туралы қорытынды шығарылды. Ол үшін ETTN жана технологиясы таңдалып алынды.

Қалалық желілерді құрастыруға жаңа тәсілде Ethernet-тің үнемділігі, жылдамдығы және шығын бойынша тиімділігі, сонымен қатар, қолдануда қарапайым, жеңіл және танымалдығы үлкен пайда болып табылады. Нақты кең жолақты қолжетімділікті қамтамасыз ететін Ethernet- қолжетімділіктің қалалық желілері (Metropolitan Area Networks) жоғары өткізу қабілеттің қамтамасыз ететін өмірге қабілетті шешім болды. Бірақ, ең маңыздысы, бұл табысты қосымша қызметтер үшін мүмкіндіктер ашады.

Осы жоба Triple Play (Megaline, iD phone, iD TV) концепциясының кең жолақты қолжетімділік қызметтерін қолжеткізу үшін ETTN (Ethernet to the Home) технологиясын ұсынады.

ETTN шешімінің мақсаты – қарапайым және қымбат емес Ethernet желісі арқылы мәлеметті, дыбысты және бейнені тарату болып табылады. Тарату ортасы ретінде оптоталшықпен Ethernet қолдану тұтынушының бөлмесінен жері арқылы гигабитті қолжетімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіні осы шешімнің бірегей аспектісі болып табылады.

Осы дипломдық жобаның тапсырмасы Алматы қаласының Шұғыла ықшам ауданына негізгі жүктеме шоғырланған бөлімшесінде АТС желісіндегі тарату жүйелерін жаңарту болып табылады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи –М: Радио и связь, 1990
- 2 Бутусов М.М. и др. Волоконно-оптические системы передачи – М: Радио и связь, 1992
- 3 Ким Л.Т. Синхронные линейные тракты. Электросвязь, 1991, № 6.
- 4 Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. - М: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999
- 5 Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH – М: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999
- 6 Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф, Хан В.А. Волоконно-оптические кабели. –М: Изд. НТЛ,1999
- 7 Замрий А.А. Проектирование цифровых каналов передачи. Методические указания к курсовому проектированию.– Алматы: АИЭС, 1998.
- 8 Замрий А.А., Мауленов О.Н. Волоконно-оптические системы передачи. Конспект лекций.- Алматы: АЭИ,1994.
- 9 Краткое техническое описание аппаратуры SL – 4 для волоконно-оптических систем со скоростью передачи 622 Мбит/с – Мюнхен: Сименс, 1996
- 10 Попов Б.В. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи – М: Радио и связь, 1996
- 11 Баклашов Н.И., Китаев И.Ж. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды- М: Радио и связь, 1989
- 12 Носов Г.Я. Техника безопасности и противопожарная техника на предприятиях связи – М: Связь, 1972
- 13 ВСН 45.122.-77. Инструкция по проектированию искусственного освещения предприятий связи –Алматы: АИЭС, 1994.
- 14 Экономика предприятия. Под ред. О.С. Срапионова. – М: Радио и связь, 1998
- 15 СТП 786-01-07-97. Стандарты предприятия. –Алматы: АЭИ, 1997
- 16 Сайт: <http://itsfor.narod.ru> "Последняя миля" оптических коммуникаций
- 17 Ссылки по оптическому кабелю, и абонентскому доступу. С сайта KUNEGIN.NAROD.RU. <http://itsfor.narod.ru>: <http://ability-afterwards.narod.ru>; <http://counter-terrorism.narod.ru/magazine1/hai-5.htm>; <http://korptl.narod.ru>

**СЫН – ПІКІР**

дипломдық жоба

**Канатбекова Даирине**

5B071900- Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тақырыбына: Алматы қаласында Шұтыла ықшам ауданында FTTH желісін жобалау

Орындалды:

- а) графикалық бөлімі 30 бет;  
б) түсіндірмे жазбасы 63 бет.

**ЖҰМЫСКА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ**

Дипломдық жобада Канатбекова Даирине Алматы қаласында Шұтыла ықшам ауданында FTTH желісін жобалашу қарастырган. Дипломдық жұмыс келесі болімдерден тұралы:

Бірінші болімде жобаның тақырыбы бойынша аналитикалық зерттеулер және оларды шешу, Алматыдагы көзірі заманғы желілерді талдау қарастырылды.

Екінші болімде ETTN - күрвальсының әдістері, Шұтыла ықшам ауданында жобаланатын ETTN желісінің сұлбасы қарастырылған.

Үшінші болімде жоба бойынша техникалық есептеулер болімі қарастырылған. Тарату жүйесінің және оптикалық кабелдің сипаттамасы, Оптикалық кабельдегі негізгі энергия шығындарының есептеулері көрсетілген.

Бұл дипломдық жоба жоғары оку орындарының талаптарына сай жеткілікті жөндер дәрежеде жазылған, алынтан иетижелер акпаратты өндеп тарату технологиялардагы ғылыми бағытқа жауап береді.

**Жұмыс бағасы**

Жалпы, дипломдық жұмыс "95/A/ оте жақсы" деген бағага, ал студент Канатбекова Даирине 5B071900 - РЭТ мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Рецензия беруші

ҚазҰАУ, ӘУжА каф.

доктор PhD,

қауымдастырылған профессор

 Нұрбек Н.Б.

«30 » 04 2019 ж.

о қазақта 704-24. Сын нұр

ФЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІН  
ШІКІРІ

дипломдық жоба

Канатбекова Даиріна

5B071900- Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Такырыбының номинациясы: Алматы қаласында Шұғыла ықшам ауданында FTTH желісін жобалау

Дипломдық жобада Канатбекова Даиріна Алматы қаласында Шұғыла ықшам ауданында FTTH желісін жобалау қарастырылған. Телекоммуникациялық жүйелердің көзірігі заманғы дамуы екі маңызды айырмашылықпен сипатталады. Біріншіден, жаңа ақпараттық және коммуникациялық кызметтер операторлар үшін толеуге кабелетті болады, бул операторға негізгі табис экспеді. Екіншіден, ақпаратты коммутациялау, коммутациялау және ондаудің жана технологиялары электр желілерін тиімді жаңғырутуға және оператордың бассектеге қабіттептілігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұтан ақпараттық және коммуникациялық кызметтердің көн ауқымы бар мультисервистік жүйелерге бірте-бірте кешу арқылы қол жеткізіледі.

Дипломдық жұмыс көлесі болімдерден тұрады:

Бірінші болімде жобаның тақырыбы бойынша инноватикалық зерттеулер және оларды шешу, Алматыдагы көзірігі заманғы желілерді талдау қарастырылды.

Екінші болімде FTTH - күрылтысының адістері, Шұғыла ықшам ауданында жобаланатын FTTH желісінің сұлбасы қарастырылған.

Үшінші болімде жоба бойынша техникалық есептеулер болімі қарастырылған. Тарапту жүйесінің және оптикалық кабелдің сипаттамасы, Оптикалық кабельдегі негізгі энергия шынындарының есептеулері көрсетілген.

Бұл дипломдық жоба жоғары оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғары дөрежеде жазылған, алынған нағызжелер ақпаратты ондаң тарапту технологияларданғы ғылыми бағытта жауап береді.

Студент дипломдық жобаны жоссандылда озлігінен жұмыс істеу кабілетін көрсете алды. Дипломант Канатбекова Даиріна алдына қойған инженерлік есептерді шеше алғатынын, адебиеттермен жұмыс істей алғатынын көрсетті. Соньмас коса, дипломдық жоба стандарттаған жағдайда жасалған. Студент Канатбекова Даиріна диплом алдынғы коргауга жіберілді.

Фылыми жетекші  
ЭТжFT каф. техн.ғыл.маг.,  
докторы

 Г.Байкенова  
02.05.2019 2019 ж.

## ГЫЛЫМИ ЖЕТЕКШИНИЦ ШКІРІ

*Лит. зондажъс жюри*

Канатбекова Дарина

5B071900- Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тақырыбына: Алматы қаласында Шүгым ықшам ауданына FTTH желісін жобалау

Бірінші белгімде жобаның тәкбірыбы бойынша аналитикалық зерттеулер және олардың шешү, Алматыдағы кәсіргі заманғы жетілдерді талдау көрастырылды.

Екінші болімде ЕТТН - күралысының әдістері, Шұғыла ықтам ауданында жобаланатын ЕТТН желісінің сұлбасы көрсетілген.

Үшінші бөлімде жоба бойынша техникалық есептеулер белгі қарастырылған. Тарапту жүйесінің және оптикалық кабелдің сипаттамасы, Оптикалық кабельдегі перегіз энергияның пығындарының есептеулері көрсетілген.

Студент дипломдық жобаны жасауда өздігінен жұмыс істеу қабілеттің көрсете алды. Дипломант **Канатбекова Даиріна** жұмыс істей алғатының көрсетті. Жалпы дипломдық жобаны "95/A/ете жаксы", деп бағалац, ал студент **Канатбекова Даиріна** 5B071900 - «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы бойынша техникиң және технологиялар бакалавры белгілілігіне сай.

Фылыми жетекші  
ЭТжГТ каф. техн.лыл.маг.,  
лекторы  
 Г.Байсенова  
2019 ж.