

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

Нәсенов Алдияр Болатұлы

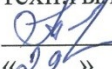
Алматы-Қаскелең арасында оптикалық технологиялар негізінде аймақтық желі
жобалау

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.канд.
 Е.Таштай
«29» 04 2019 ж.

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

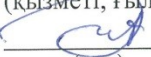
Тақырыбы: «Алматы-Қаскелең арасында оптикалық технологиялар негізінде аймақтық желі жобалау»


5B071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы

Орындаған:



Нәсенов А.Б.

Пікір беруші
АУЭС ТКСС каф.доценті,
тех.ғыл.канд.
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)
 Касимов А.О.
(қолы)
«24» 04 2019 ж.

Ғылыми жетекші
ЭТЖКТ кафедрасының
лекторы,
экон.ғыл.канд.
 А.Куттыбаева
«21» 04 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі,
техн.ғыл.канд.

 Е.Таштай

« 20 » 01 2018 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Нәсенов Алдияр Болатұлы

Тақырыбы «Алматы-Қаскелең арасында оптикалық технологиялар негізінде аймақтық желі жобалау»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі “25” сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Телефон желілері туралы мәліметтер, 2) Құрылғылар тізімі 3) есептеу тәсілдері

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Алматы-Қаскелең байланысының қазіргі жағдайы;

ә) Байланыс аппаратуралары; б) Байланыс жолдарын есептеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдары 11 слайдта көрсетілген.




Ұсынылатын негізгі әдебиет 14 атау: 1) Ағатаева Б.Б. Оптикалық байланыс жүйесі.-А., 2007. 2) Астайкин А.И. Основы оптоэлектроники.-М., 2007. 3) Барский А.Г. Оптико-электронные следящие системы.-М., 2009. 4) Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и новые перспективы/под ред. С.А.Дмитриева.-М.: «Техносфера», 2010.

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ


Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Теориялық бөлім	20.01.2019 - 01.03.2019	орындалды
ТОБЖ өткізу қабілетілігін бағалау	02.03.2019 - 02.04.2019	орындалды
Оптикалық талшықтың негізгі сипаттамаларын есептеу	01.04.2019 – 15.04.2019	орындалды

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

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Теориялық бөлім	А.Е.Куттыбаева, ЭТжҒТ каф.лекторы	24.04.19	
ТОБЖ өткізу қабілетілігін бағалау	А.Е.Куттыбаева, ЭТжҒТ каф.лекторы	24.04.19	
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы Тайсариева К.Н.	30.04.19	

Ғылыми жетекшісі _____  А.Е.Куттыбаева
 (қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____  А.Нәсенов

Күні “ 24 ” 04 _____ 2019 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобада Алматы – Қаскелең арасындағы оптикалық технологиялар негізінде зоналық желілерді жобалау мәселелері қарастырылған. Бүгінгі таңда талшықты – оптикалық байланыс желіс (ТОБЖ) телекоммуникация саласында преспективті және өзекті мәселелерінің бірі.

Негізгі құндылықтарының бірі – бұл өткізу қабілеттілігі жоғары, ұзаққа шыдамдылығы, электромагнитті толқындарға қарсы тұра алады, үлкен көлемді ақпараттарды алыс қашықтыққа аз жоғалтумен жеткізеді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассмотрено проектирование зональных сетей на основе оптических технологий между Алматы и Каскеленом в дипломном проекте. Сегодня волоконно-оптическая сеть связи (ВОЛС) является одним из перспективных и актуальных вопросов телекоммуникаций.

Одним из основных значений является высокая пропускная способность, долговечность, устойчивость к электромагнитным волнам и большие объемы информации с потерями на большом расстоянии.

ANNOTATION

Design of zonal networks based on optical technologies between Almaty and Kaskelen in the graduation project. Today, the fiber-optic communications network (FOCL) is one of the promising and relevant issues of telecommunications.

One of the basic values is high throughput, durability, resistance to electromagnetic waves and large amounts of information with losses over a long distance.

МАЗМҰНЫ

1 Жобаланатын байланыс желісінің негізгі сипаттамаларына шолу	9
1.1 Қаскелең жобасы туралы мәлімет	10
1.2 Алматы- Қаскелең жобасы телімдеріне ТОбЖ құрылыстарының негізгі өзектілігі	11
1.3 Байланыстың сұлбасын ахуалдық саралау	11
1.4 Мәселенің қойылымы	12
1.5 Гибридті тарату жүйесінің артықшылығы	12
1.5.1 Техникалық опирация ерекшеліктері	13
1.5.2 Гибридті жүйелерді қолдану мүмкіндіктері және даму келешектері	14
1.6 Атмосфералық оптикалық сызықтар	14
1.7 Радиорелейлі байланыс арнасындағы миллиметрлі радиотолқын диапазоны	21
2 Құрылғыларды таңдау	25
2.1 Талшықты-оптикалық байланыс жолы құрылғыларына талдау	255
2.2 Байланыс сұлбаларын іске асыру	26
2.3 Талдау және жабдық таңдау	27
2.4 Талшықты оптиканың түрін таңдау	30
2.5 Оптикалық кәбель түрін таңдау	33
2.6 Оптикалық кәбелде өшулікті табу	35
3 Есептеулер бөлімі	37
3.1 Оптикалық талшықтың негізгі сипаттамаларын есептеу	37
3.2 Гибридті радиооптикалық жіберу жүйесінің сипаттамасын есептеу	43
Қорытынды	50
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	51

КІРІСПЕ

Басқа ақпарат жіберу жүйелерімен ақпарат жібергенде қарағанда, ТОВЖ қолду арқылы ақпаратты жіберу артықшылығы болады. Жоғарғы байланыс диапазонын қолданумен жоғарғы жиілікте кең жолақты өткізу жолағын алуға мүмкіндік болады, бір оптикалық талшықпен жіберуді ондаған Тбит/с жиынтықты шынайы мүмкіндік береді. 0,2 – 0,3 дБ/км көп емес сигнал өшулігі және шашырауы аздық келесідей мүмкіндікті ұсынады ретрансляторсыз байланыс сызығын жүз километрге дейін соза алады.

Талшық диэлектрикалық материалын қолданып жасалады, ол аз салмақ пен көлем алады. Оптикалық байланыс арнасында жоғарғы жылдамдыққа жету арқылы ТОВЖ пайдалану процессіне бақылау жасау талаптары көбейді. Қазіргі уақытта өзекті мәселе себебтері, талшықты – оптикалық телекоммуникация желілері қолдану мүмкіндіктері шектеулі. Негізгі себебтерінің бірі талшықты – оптиканың өзі, құрамы өзінің тарату сызығы басты сипаттамасына әсер етеді – бұл максималды алшақтық желісі және максималды өткізу қабілеттілігі. Бірінші фактор талшықты жоғалумен табылады, сәуленің жіберу қуаты сызығы және қабылдағыштың сезімталдығы шектеулі, ал екінші фактор талшықтың дисперсиясына тәуелді, сондай – ақ таратқышпен қабылдағыштың жиілікті көрсеткішіне. Сонымен қатар өзекті сұрақ болып талшықты оптикалық процессін талдауға әртекті кішкентай жергілікті кабель әсері.

Бірақ – та ТОВЖ пайдалану уақыт ағынында талшық құлдырауға шалдығады. Бұл төселген кабельде сигналдың жоғалуы біртіндеп көбейеді, бірақ оптикалық кабельдерді заманауи өндірісі жоғарғы технологиялардың арқасында, бұл процесс көпке кідіртеді, ТОВЖ пайдалану мерзімі 25 жылғы жоспарланған.

Жобаның мақсаты – техникалық жоба құрылысының талшықты оптикалық байланыс сызығын өңдеуге, сандық жүйедегі байланыс қолданылады.

Жобаның талабына сай – бұл талдау ахуалдылығы сұлбасы талшықты оптикалық кабельде және көліктік байланысын жабдықтарын таңдау, өткізу қабілетін есептеу және байланыс жүйесінің энергетикалық көрсеткіштері және т.б.

Дипломдық жобамды қорытындылай келсек менің жобалауымның мақсаты – Алматы – Қаскелең арасын заманауи ТОВЖ – мен қамту.

1 Жобаланатын байланыс желісінің негізгі сипаттамаларына шолу

1.1 Қаскелең жобасы туралы мәлімет

Алматы – Қаскелең арасындағы жерде орналасатын, құрылымы бойынша төрт бірдей біріктірілетін заманауи серік қалалар.

Осы қалалар іске қосылғаннан бастап сегіз жылдың ішінде мемлекеттік – жекеменшік әріптестіктер арқылы бас үлкен жұмыстар атқарылады. Осы ойдың туындаған сәтінен бастап, ең алғаш құрылыс жұмыстары бүкіл коммуникациялармен қамтамасыз етілетін аймаққа шығуға барлық жолдармен жүріп өтті.

Бұл жобаның ерекшелігі болып тұрғын үйлерді пайдалануға берумен бірге бір уақытта мемлекеттік - жекеменшік әріптестер арқылы салынатын әлеметтік ғимараттар мен мәдени - тұрмыстық ғимараттар да бірге беріледі.

Бұл Қаскелең жобасында екі түрлі оптикалық технологиялар негізінде зоналық желіні жобаладық. Біріншісі ол оптикалық технология негізінде жобаланса, ал екіншісі буданды тарату жүйесі бойынша жобаланды. [1]

1.2 Алматы- Қаскелең жобасы телімдеріне ТОВЖ құрылыстарының негізгі өзектілігі

Қоғамдағы жаһандық телекоммуникациялық даму процесі тез жүруде. Тұрақты берілетін деректер ағындары көлемі ұлғайуда. Бір уақытта мәліметтерді жіберу жылдамдығы және сапасының талабтары өсуде. Бұл тапсырманы сәтті шешу үшін көп жағдайда байланыс сызықтарының сапасына байланысты. Дәстүрлі коксиальді және симметриялық байланыс кәбелдері енді жаңа талабтарға жауап бермейді. Қиындатылған жағдайдан шығу сандық жіберу жүйесін қолдана отырып талшықты оптикалық байланыс сызығын еңгізу кең қолданылуда.

Жобаның тақырыбы Алматы – Қаскелең аралығына оптикалық талшықты байланыс сызығы құру болып табылады. Бұл, біріншіден жаңа жұмыс орны мен осы аудандарда телекоммуникация саласын толықтай дамытады; екіншіден, жоғарғы жылдамдықты сандық арналарын ұйымдастырады, осы қалаларды сапалы және сенімді байланыспен қамтамасыз етеді, бұл дегеніміз осы қызмет көрсетуімен, ғаламтор желісіне қолжетімді қызметтері, IP-телефония, жоғарғы анықтықта сандық кәбелді теледидар, ақпараттық және іздеу жүйелеріне сандық байланыс түрлерін ұсынады.

Талшықты кәбелді топырақта жүргізу қымбат және қиын жұмыс, және баламасы жоқ жағдайда ғана қолданылады, алайда магистралдық және ішкі зоналық талшықты байланыста кең таралған. Бұл ТОВЖ ұйымдастырушылары бұл жобада бар көлікжолы бойынмен жүргізу арқылы керекті материалдарды

және жабдықтарды орнату және кабель трассасына қызмет көрсету оңай болуына байланысты осы түрі ұсынылады.

1.3 Байланыстың сұлбасын ахуалдық саралау

Ішкі зоналық және жергілікті кабель желілерін маханикаланған жолмен және болмаған жағдайда қолмен төсеуге болады, 15°C температурасынан төмен болмаған жағдайда. Өңдеу және кабельді монтаждау жұмыстары кезінде минималді температура минус 15°C төмен болмау керек. Кабельдерді төсеу және монтаж жұмыстарында мүмкін болатын созылушылығынан, басып

– жаншудан, соққылы және бұрылысы күшінен аспау керек. Кабельдерді кесу және орнату оның зақымдалуды болдырмау тәсілдері құралдарының көмегімен жүзеге асырылуы тиіс. Статикалық орнату кезінде иілу радиусы, тығыздалған операция кезінде кабель диаметрі жиырма еседен кем болуы мүмкін. Талшықты оптика монтажі кезінде иілу радиусы үш мм аз болмау керек (он минут ішінде). ОМ статикалық иілу радиусы жиырма диаметрлі ОМ аз болмау керек. Кабель монтажі муфтаға және басқы да ертификатты аксессуар үшін қысым қолдану арқылы шығарылу керек.

Қала араларындағы ұзындығы 50 км болатын ТОБЖ трассасы, автомобиль жолының бойымен жүргізіледі. Жұмыс барысында жұмыскерерді сумен, жанармаймен, тұратын жерімен сол көрсетілген қалалар қамтамасыз етеді.

Жобаланатын трассаның табиғи сипаттамасы:

- желдің максимальды жылдамдығы 25 м/с ;
- минимальді температурасы -39°C ;
- абсолютті максимальді температурсы 41°C ;
- ауаның орташа жылдық температурасы $+0,9^{\circ}\text{C}$;
- ауданның мұзқатушылығы – екінші деңгейде;
- жауын – шашын: жылына 655 мм .

Бұл аймақ үшін, кабельді автомомильді жолдың бойымен жүргіземіз. Ослай кабельді топырақта жүргізу қиын болғанымен және ұзаққа созылғанымен біздің сараптаулар нәтижеміз бойынша осы түрі тиімді. Сонымен топырақта кабельді автомобиль жолы бойымен жүргізуінің ұзындығы 50 км. Аймақ 1.1 суретте көрсетілген (Алматы Қаскелең).

ТОБЖ төсеу жобасында бір модальды 1550 нм қашықтықта жоғалу коэффициенті $0,2\text{ дБ/км}$ болатын Жапон фирмасының Fujikura Ltd талшықты оптикалық кабельді жүргізу ақылға қонымды [2].



Сурет 1.1 – Алматы – Қаскелең қалаларына кәбел төсеу трассасы.
ұзындығы 24 км

1.4 Мәселенің қойылымы

Атмосфералық – оптикалық сызықтар – гидрометеорлар және тербеліс дiңгегі оптикалық жолмен келісілмеуі немесе мұнараға жабдықтар орналастырылады.

РРРЖ өте жоғарғы диапазонда жиілігі толқын ұзындығының аналогды проблемасы бірнеше шақырым пайда болады. Радиосигнал қабылдау сапасына әрбір жаңбыр тамшысы, қар келуі потенциалды бөгеуіл көзі және бұрмалану, антеннаның қабылдаудағы тербеліс жағдайы айтарлықтай әсер етеді.

1.5 Гибридті тарату жүйесінің артықшылығы

Технологияның басты артықшылығы бұл қарапайым шешімдерді пайдаланып қажетсіз әсер ететін факторларды барынша азайтуға болады. Жүйке сақтық қорда сақтау қолданылады. Сигнал РРЖ және АОТС бойынша қатар беріледі. Тым жоғарғы сапада жіберілгенде қабылдағыш соңы шешуші құрылғы блок ішінен жайлы таңбаны тандайды. Ықтималдығы 2 Гбит/с екі тамшылардың немесе тамшы деп синхронды кедергілер екі түрлі беріліс жолдары жүйесін құру - іс жүзінде нөлге тең болады. Енді тік орналастырған

қабылдағыш пен таратқыш жүйесіндегі тіректер ауытқуының өтемақысы есебін шешу қалады.

Бұл есеп интеллектуалды тербеліс өтемақысы жүйесі көмегімен шешіледі. Қабылдағыш – жібергіш блогында қиын гироскопиялы ылғал жұтқыш бейімді жүйеге ыңғайлау орналасады ол ± 3 градус ауытқудың орнын толтыруға мүмкіндік береді. Бұл бағаналары және түрлі конструкцияларын мұнара трансмиссия пайдалануға ғана мүмкіндік бермейді, және сонымен қабылдау – тарату блогын жағарылау орынға орнатумен қатар стандартты радиорелелік антенна және ұялы байланыс жүйелерін үшін пайдаланылады. Осыдан жаңа жабықтарды жүктеулі бағаналар мен мұнараларға РРЖ – ның қосымша антеннасы жоқ жерге орналастыруға болады. Сондай – ақ асқынжиілікте РРЖ және АОТС байланыс құралдарында бөгеуіл қалдырмай – ақ, бірден электромагниттік үйлесімділік объектісі есебін шешеді. Қабылдағыш пен таратқыштың арасындағы гибритті жүйесінің айрықша тиімді арақашықтығы 10 шақырым. РРЖ және АОТС таратқыш және қабылдағыш гибритті жүйесін бір уақытта қиыстыру жұмыс істеу характеристикасы қатты жаңбырда, қарменен тұмаға қарамай қамтамасыз 10^{-9} BER етеді. 1.2 – суретте қабылдау және беру байланысты сигналдарының 100 пайыз артық болған өтемақы коэффициенті қателігі көрсетілген.

Сондай-ақ, гибридтік беру жүйесін атмосфералық оптикалық терезе орнату мәселесін шешеді. 1.3 суретте сыртқы блок өнімін құрастыру көрсетілген.



Сурет 1.2 – Сыртқы блок

Алды шабылған гидрометрлердің тік тигізуден құтылуға көмектеседі. Арнайы тозаңдату арқылы булану және әйнекке тиетін тамшылар мәселесі шешіледі.

1.5.1 Техникалық опирация ерекшеліктері

Алматы облысының табиғи жағдайы шөл даладан мәңгі қар жататын аумаққа дейінгі 5 климаттық аймақтан тұрады. Климаты тым континенталды, қысы қоңыржайлы салқындау болып келеді. Тау жағаларының климаты жұмсақтау келеді. Обылыс байынша жауын – шашын көктем мен жаз айларында жауатындықтан. Осы факторларды байланыс объектілерін жобалау және

құрылыс барысында ескеруіміз қажет. Температураның секірістері әсерін жеңу үшін арнайы өнімнен жасалған жабдықтар немесе былғары қаптаулар қолданылады. Бірінші жағдайдағы өнім қымбатқа түседі, екіншіден температура ауытқуына және стандартты қыздыру жүйесін орындату былғарыда жабдықтың қатардан шығып қыздыру мүмкіндігі артады. Суреттелген гибритті жүйеде жіберу сыртқы блоктың интеллектуалды қыздыру жұмысында қолданылады. Әрбір ішкі түйіннің өзінің жеке термохабарлағышы болады. Және қыздыру жүйесі әр түйін температурасын жеке көтеріп, қызып кетпеуден сақтап, талап етілген температураны сақтай отырып электр энергиясын үнемдейді. Нәтижесінде жабдық стандартты жүйеде 60⁰ С температурасына дейінгі жағдайда жұмыс атқарады. Жылжымайтын нысанға орналасқан гибритті тарату жабдық жүйесі интеллектуалды толықтыруына қарамастан ол РРЖ – ның басты қарапаймдылығын сақтап отыр. Яғни «қоста да ұмыт» жабдығы болып табылады. Тарату жүйесінің гибридті жүйесін техникалық пайдалану тұрғысынан жылыту кабелі айырмашылығы жоқ тек үзіліп қалмайды. Өндіруші сыртқы блоктардың жұмысына 15 жылдық кепіл береді, оның алдыңғы талшықты кабелі буынымен салыстырғында мерзімі ұзаққа шыдайды. Оның бағасы РРЖ стандартынан көп, бірақ талшықты-оптикалық тарату желісіне қарағанда аз қызмет жасайды. Интеллектуалды автоматты баптау жүйесімен, объектіде жабдықты орнатуды айтарлықтай жеңілдетеді. РРЖ стандартынан айырмашылығы, ол аралығын реттеу үшін қосымша жабдықтар сұрағанда, гибритті жіберу жүйесінде сыртқы блокқа бағыттау жеткілікті және бәрнеше минут ішінде олар бірін – бірі тауып алады.

1.5.2 Гибридті жүйелерді қолдану мүмкіндіктері және даму келешектері

Негізгі факторлары Қазақстанда әсіресе ауылды жерлерде жаңа буындағы ұялы желілерді енгізуді тоқтататын негізгі факторлары – GSM стандарты желілерді жаңартуға көп шығын кетеді, және де жаңа волс негізіндегі бұрыннан бар РРЖ базалық желініні ауыстыру қажеттілігімен байланысты. Осымен қатар РРЖ негізінде GSM желінің жаұмыс істеу қабілеттілігін қамтамасыз ету сақталады, сонымен ұялы компания бірден екі сүйеніш желілерді қызмет жасауға міндетті болып шығады. Гибритті жіберу жүйесін қолдануы РРЖ негізіндегі бар сүйеніш желіні ескісінен жаңасына ішінара ауыстырумен жаңартуға мүмкіндік береді. Beeline операторы сенімділігі мен қуаты жоғары талаптарына жауап беретін бірыңғай желісін алады.

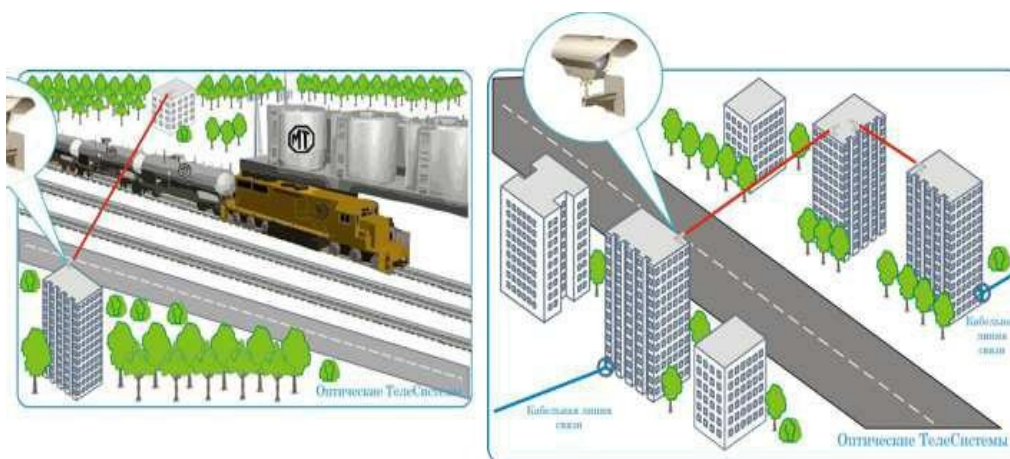
1.6 Атмосфералық оптикалық сызықтар

Атмосфералық оптикалық байланыс сызығы (АОБС) модуляцияланған жарықтық толқындар инфрақызыл диапазоны ақпараттарды жіберу үшін қолданылады. Технологияның қазіргі жағдайды 100 метрден 7 шақырымға дейінгі аралықта сенімді байланыс жасауға мүмкіндік береді. Тарбағытта инфрақызыл сигналды ұстап алу қиын, ал оны көрінбейтін қылу одан да қиынырақ болып саналады. Бұл өндірушілерге қауіпсіздігінің өскендігін жариялауға мүмкіндік береді. АОБС электромагнитті бөгеуілге тұрақты және оларды өздері жасамайды.

АОБС негізгі сенімсіздік көзі ол ауа райына тәуелділігі. Ауа райының қатты тұмандануы, қар, жаңбыр, түтіндену 100 метрден кем ара қашықтық аралықта байланыс орната алмайды. Осы себепті арналардың бос болуы коэффициенті 0,997 жақын. Қабылдап – жібергіш модульдер арасындағы тікелей көріну қажеттілігі тағы да АОБС қолдану аймағын шектейді.

Бүгінгі таңда өндірушілер бөгеуілден қорғағыш жүйе және жаңа бейімді буын ұсынады, тұман түскен кезде гибритті жылдамдық функциясы тым шапшаңдықпен оптикалық жол энергияны автоматты түрде басқаруға қабілеттілігімен қосымша тұрған радиоканал қосылады, осыдан қатты тұман кезінде радио тек жұмыс уақытында гибритті сымсыз арнаға байланыс 100% қол жеткізу минимальді (уақыт бойынша күнтізбелік жыл ішінде 1% аспайды)

Атмосфералық оптикалық байланыс радио-эфир немесе атмосферадағы объект арасында оптикалық байланысты оптикалық-талшықсыз бере алады мәліметтерді (ғаламтор, дауыс, бейне жазба, телефония, теледидар) атмосферамен жіберуді мүмкін қылады. АОБС технологиясы ЛАНтастИКа - 3Speed системасына арналған. «нүкте - нүкте» байланысы бойынша талшықты төсеу, Wi - Fi, Wi - Max тосқауыл болатын жағдайлар (жд жолдары, тас жол, энергиялық объект күш тудырады, тығыз қалалық құрылыс, өнеркәсіп аймағы, канализация, сулы бөгендер, «қонақ жай емес» жерлер, таулар және т.б.).



Сурет 1.3 – АОБС қолдану мүмкіндіктері

Атмосфералық оптикалық беру желілерінің артықшылықтары; АОТС орнатуда рұқсат алудың қажеті жоқ; жобалау - іздестіру жұмыстарын жасаудың қажеті жоқ; АОТС байланыс жүйесін байланыс желісіне жылдам орнату; басқа

сигнал түрлеріне бөгеуіл болмайды; жергілікті кең жолақты байланыс тығыз қалалық құрылыс кезінде тармақтай жасау мүмкіндіктері тез және де арзан келеді оптикалық кабелге қарағанда, оның құрылымын өзгерту және байланысты күшейту оңай, инфрақызыл спектрін пайдалануға арналған лицензиялық талаптарының болмауы; көбею орта дисперсия қасиеттерінің болмауы айтарлықтай деректер бағамы бойынша шектеулерді алып тастайды.

Кез келген оператор желісіне қолжетімділік мәселелердің бірі – жылдамдығы бәсекелестерге қарағанда байланыс қызметтеріне пайдаланушыға қол жетімділікті қамтамасыз етеді, және неғұрлым төмен бағамен. Атмосфералық оптикалық тарату сызығы АОТС көп жағдайларда осы талаптарды қанағаттандырады (мысалы, ведомствалық және корпоративтік байланыс құрылысы кезінде, абоненттерді ғаламтор және кабелді теледидарлы байланысқа қосу кезінде, сондай – ақ олар ұялы желі сегменттері ретінде пайдаланылады). АОТС келешекте қолдану жылдамдығы 160 Гбит/с және одан да жоғары.

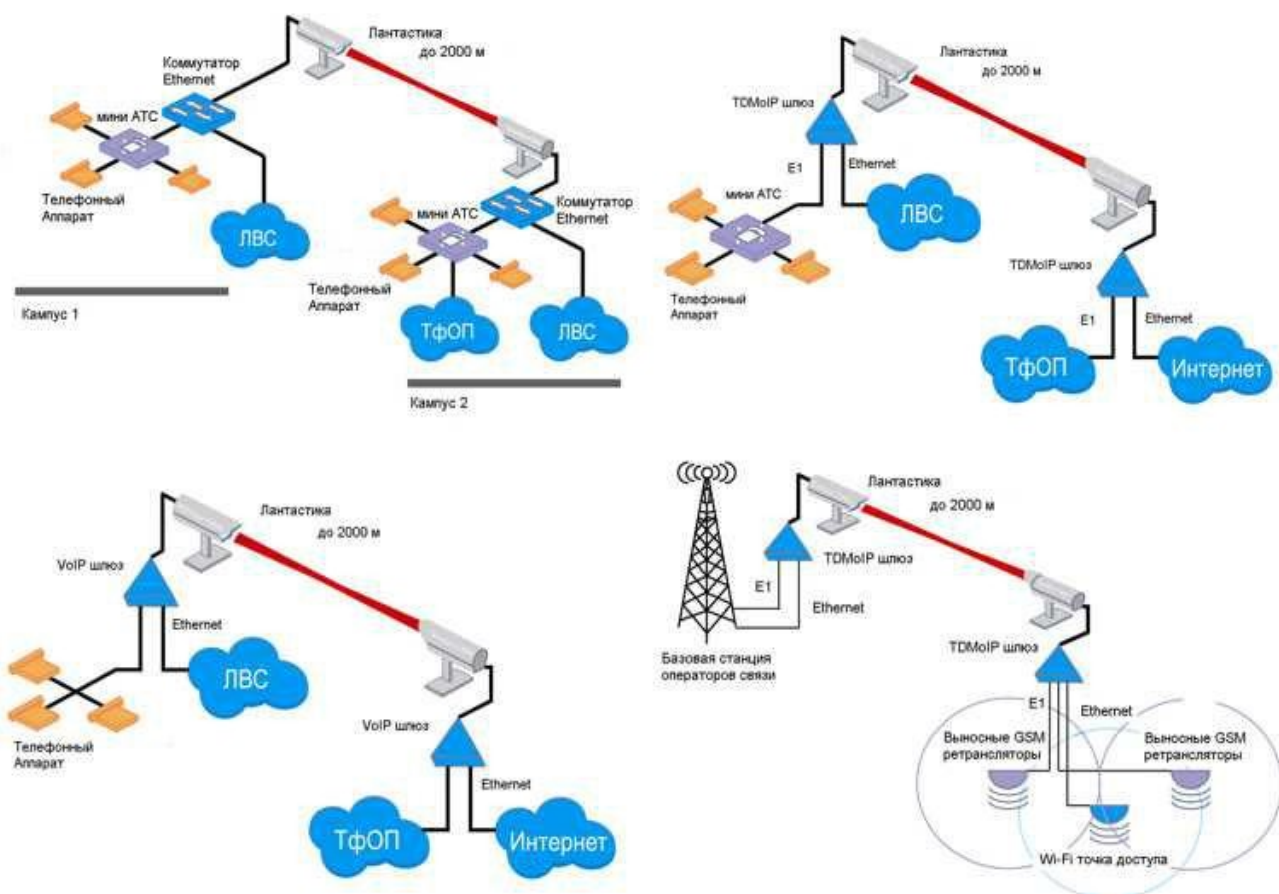
Осылайша, АОБС жақсы жақтары: экономикалық тиімділігі (транш қазудың және байланысты ұйымдастыратын арна үшін жерді жалға алудың қажеті жоқ); архитектуралық желі өзгерістерін және деректерді жіберу жүйесін тез күшейту; пайдалануға аз қаражат жұмсалады; жоғарғы сапада сандық байланыс және өткізу қабілеті 10 Гбит/с дейін; автомобиль жолы, теміржол, өзен, жер бедері және т.б. секілді, сигнал жолындағы бөгеуілдерді оңай жеңеді; сигналдың тұрақтылығы және әртүрлі метеожағдайларға бөгеуілден қорғаушылық жеткілікті; жіберілетін ақпаратты тыңдау мен жазып алудан жоғарғы қауіпсіздігімен қамтамасыз етеді; радио бөгетке бейімсіздікті болдырмайды; АОБС жанында жұмыс істегенде ол өзінің және көршісінің өткізу қабілеттілігін түсірмейді, абоненттік ақыны талап етпейді; резервтегі және қосарланушылық орнатылған жабдықтарды пайдаланып, бұрыннан орнатылғын радионың өткізу қабілетін өсіреді немесе DSL арнасын 100 рет.

Ақпаратты жіберуде ешқандай кешігулер болмайды ($ping < 1ms$). Бірнеше жергілікті есептеуіш байланысын біріктіру, керекті кезінде тез жаю қажет болғанда, апаттық байланыс арнасын құруда пайдаланады. АОБС радио бөгеуілге бейімсіз және оны өзгері пайда қылмайды. Сондай – ақ Wi – Fi, WiMax, UMTS, LTE базалық станцияларын қосқанда пайдаланады.

АОБС иілгіштікпен қамтамасыз етеді: желі көлемі және конфигурациялық өзгерістер қайта құрылымдау тез; Gigabit Ethernet арнасы жылдамдығында және арақашықтығы 2 км дейін ЛАНтастИКА жүйесінің құны миллиметрлік радиомост жылдамдығымен салыстырғанда 5 есе аз, басқа заттардың арасында, ол, ауыр жаңбыр жылы гибритті арнаға қосылуды тоқтатуға құқылы, осындай жаңбырлы ауа райында FSO жүйесі гигабитті жылдамдықпен тарата алады.

FSO (Free Space Optics) технологиясы – атмосфералық оптикалық байланыс, АОБС, АОТС, сымсыз оптикалық байланыс арнасы (СОБА) – бұл электромагнитті спектр қысқа толқынды бөлігі ақпараттарды сымсыз жіберу түрі. Ол толқын ұзындығының лицензияланбаған диапазонында атмосферадағы (немесе ғарыштық кеңістіктегі) және оптикалық фотоқабылдағыш құрылғының

оны кейіннен анықтау арқылы сәулелену модуляциясы (инфрақызыл немесе көрінетін) арқылы сандық сигнал беру принципіне негізделген. Тәжірибе жүзінде жарық сәулесі импульсі атмосферадан өткенде бұрмалау дисперсия фронтына түседі, бұл кез келген оптикалық талшық үшін ерекше. Бұл қағида тұрғысында секундына терабитқа дейінгі жылдамдықпен деректер ағынын беруге мүмкіндік береді. Осы әдістің негізгі артықшылығы ақпарат беруді келесідей қамтиды: жоғарғы жылдамдықты жіберу (ол кез келген басқа сымсыз технологияларды пайдалана отырып, қол жеткізу мүмкін емес), орнату оңай, сондай – ақ жиіліктер диапазонын пайдалану үшін төле төлеудің қажеті жоқ. Қазіргі технология 10 Гбит/с дейін цифрлық ағындарды берумен қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін, осының мүмкіндіктері: жоғары қауіпсіздік байланыс арнасы бойынша «соңғы миляның» мәселесін шешу үшін; дауыс және қалалық деректер желілерін дамыту; SONET/SDH желісі үшін WDM (толқындық мультиплекстеу) шешімдердің әзірлеу.



Сурет 1.4 – АОБС мобильді желіде және «соңғы миля» мәселесі шешімі үшін

Радиожилік спектрін бітіру және электромагнитті жабдыктарын қиын жағдайда жаңа базалық станцияларға қосу. Резервтегі жоғарғы жылдамдықтағы

арнаны «тар жерде» ұйымдастыру магистральді желі меселесінің шешімі – «соңғы миля» (1.5 сурет).

850 нм технологиялар үшін шығару қуаты төменгі рұқсатпен, алайда қабалдығыштар сезімтал болып жасалынуы мүмкін. 1550 нм технологиясы үшін, үлкен қуат қарсы беріледі, сол уақытта қабылдағыш аздап сезімтал болады. Осылайша, билік жеткілікті жабдықтау қателер шағын бірқатар жұмысын қамтамасыз ету жүйелерін екі түрлері үшін қол жеткізуге болады. Сондай – ақ, 200 және 350 ТГц зор салмақ түсетін жиіліктің арқасында, жоғары бағытталған сәуле жеткілікті, тіпті кішкене ғана оптикалық диометрлінің өзі жеткілікті, сәуленің кішкене ісініп кетуі шиеленістіред және физикалық деңгейі қосымша қауіпсіздікпен қамтамасыз етеді, кезгелген ақпараттың қосымшасына, осылардың ішінен тағыда осылай болуы мүмкін. Атмосфералық оптикалық тарату сызығы мәліметтер жүйесінің негізгі мәселесі – бұл жергілікті жердегі климатына қатты тәелді (маусымдық және тәуліктік) және ауа райының жағдайы ауадағы өшулік коэффициентінің алмасуына байланысты. Тұман су тамшылары инфрақызыл диапазонында толқын ұзындығы сияқты мөлшерін бірдей тәртібі бар болғандықтан, ол, негізінен, орнына жарық сәуленің билік шығын қарағанда, бағдар жоғалту әсер етеді, (дифракциялық Ми) шашырау туғызады. Жаңбыр төменгі әлсіреу тудырады, бірақ тамшы тасымалдаушының толқын ұзындығы салыстырғанда әлдеқайда көп, себебі, олар аз сын болып табылады геометрия шашырау тудыруы. Сондай – ақ қар үлпектері де жоғарғы коэффициентті өшулік тудырады мүмкін олар ашық емес. Қар әсері жарық сәуленің диаметрі және үлпек диаметрі арақатынасына байланысты. Сонымен қатар, осындай ресивердегі құлайтын тікелей күн сәулесінің әсері, ауада перде, сәуленің немесе бүкіл жүйесін ауытқу, сондай-ақ байланыс сапасын төмендетуі немесе қателерді беру әкелуі мүмкін.

Жерсерік арасындағы байланыс үшін, мысалы, атмосфераның жағдайында және кеңістікте 100 000 км 2000 м – FSO технологиясы (сымсыз оптикалық байланыс) ағымдағы мемлекеттік 1500 100-ден қашықтықта қауіпсіз байланыс арналарын жасауға болады. Айтарлықтай төмен құны бойынша - талшықты қатысты балама шешу ретінде, атмосфералық оптикалық деректерді беру желісі (АОТС) сымсыз оптикалық сілтемені (10 – 15 минуттық қосылым ұялы жүйесі астрокезеу құру қамтамасыз етеді) құрауға мүмкіндік береді. М1 сериялы ARTOLINK өнімдері FSO технологиясына негізделген және белсенді жабдықтармен екі нүктелер арасындағы сандық деректерді сымсыз толық дуплексті беру үшін арналған. E1, Ethernet және Fast Ethernet - Қазіргі уақытта, осы сериясы ең танымал деректер хаттамалар өзара қамтамасыз үлгілерін қамтиды. Кеңістік бөлінген объектілер арасындағы ақпарат беру үшін жоғары жылдамдықты және тиімді шешім қажет болғанда М1 сериясы өнімдері, ұялы базалық станция қосылу, Интернет желісіне қатынауды ұсыну, интеграцияланған қызметтерінің телекоммуникациялық желілерді, жергілікті есептеу желілерін ұйымдастыру үшін пайдаланылатын биржалары мен басқа да жағдайларда жатыр (1.6 сурет).

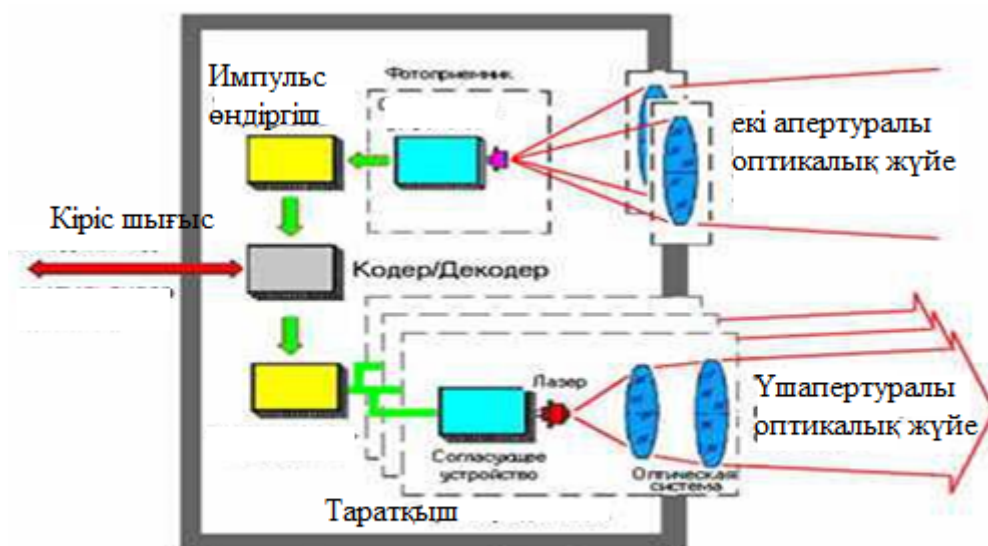
Барлық өнім сериясы екі бірдей терминалдар тұрады. Әр терминал өзімен мыналарды қамтиды қабылдап – жіберуші модуль (ҚЖМ), атмосфералық арнада оптикалық сигналдарды қабылдап жіберумен қамтамасыз етеді және сыртқы интерфейс құрылғысы (СИҚ) торабтың сыртқы жабдықтарымен және қабылдап – жіберу модульін қуаттаумен қамтамасыз етеді.



Сурет 1.6 – ARTOLINK терминалы

Сурет 1.5– FSO технологиясы негізінде интеграцияланған қызметтерінің телекоммуникациялық желілерді ұйымдастыру

Әрбір лауазымға блоктар, 100 м ұзындығы ішкі интерфейс кабелінмен (ИК) өзара байланысты. Сымсыз оптикалық байланыс арнасы (СОБА) таратқыш және қабылдағыштар тұратын әрбір оптикалық тораб ҚЖМ құрамы аясында құрылған.

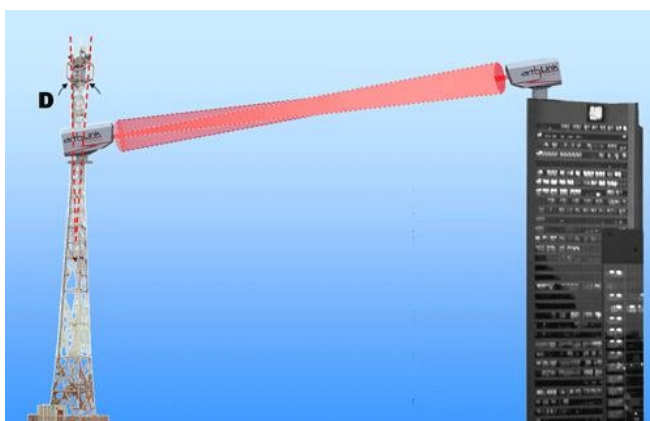


Сурет 1.6 – ҚЖМ оптикалық тораб

Оптикалық таратқыштың 3 синфазалық лазерлі сәулесі 800 ± 50 нм толқын ұзындықта жұмыс істейтін және 120 – 135 мВт импульсті сәулелену қуаты когорентсіз жиынтығымен қамтамасыз етеді. ҚЖМ қабылдағыш бөлігі оптикалық схемасының барлық ауданы 70 см^2 екі қабылдағыш объектен тұрады, олардың кеңістіктік және жеке фильтрі және фотоқабылдағыш құралдыры тез әсер ететін PIN фотодиодымен немесе APD негізінде жасалған. Фотоқабылдағыш құралдың амплитудалы жиілікті қасиеттері сызықты деректер кодтау түріне және әрбір модельдің керекті жіберу жылдамдығына оңтайландырылған.

Қабылдағыштың тағы бір бөлігіне оптикалық өстің кеңістіктегі жағдайы, сонымен қатар ҚЖМ бір біріне тура бағытталғанын тексеруге мүмкіндік береді. Оның жұмыс істеуі үшін, оптикалық тұйықталу жалпы алынған оптикалық сәулелену шағын бөлігін (шамамен 4%) пайдаланады.

Кеңістіктік тұрақтандыру жүйе (КТЖ, autotracking) автоматты түрде сіз тұрақсыз негіздерін (ағаш шатыр, ұялы телефон мұнаралары, т.б.) бойынша ҚЖМ орнатуға мүмкіндік беретін ішкі оптикалық қосылым бағытын сақтайды.



Сурет 1.7 – $D_{\max} = 50 \text{ мРад}$

Сыртқы интерфейсінің түріне байланысты ҚЖМ оның құрамына тиісті бақылау бағдарламасымен қажетті интерфейс бар. Бұл олардың оптикалық перекодировка арна талаптарына сәйкес электр желілері арқылы таралатын қабылдау және беру сигналдарын береді және, қажет болған жағдайда, тығыздау ағыныын. Барлық интерфейстер мөлдір, үйлесімділігімен бағдарламаланатын емес болып табылады. Сигнал кабельдерді ұзындығы Ethernet және Fast Ethernet ағындары үшін 100 м дейін және E1 үшін 150м болуы мүмкін.

Тағыда, ҚЖМ құрамына арнайы әзірленген операциялық жүйесімен жұмыс істейтін мультипроцессорлық есептеу модуль кіреді. Бұл нақты уақыттағы асинхронды және синхронды процестерді өңдеуге мүмкіндік береді. Барлық M1 сериясы модельдері келесі мүмкіндіктерді және қызметтерді ұсынады: ҚЖМ жұмыс істеу торапын, температурасын басқару; қоршаған орта жағдайында өзгерістер бүкіл өнімнің тұрақтандыру параметрі; төмен температура кезінде жұмсақ құрылғылары қосу; ҚЖМ жұмыстарын ауыстыру; КТЖ ортаға байланыс

бағытта автоматты қызмет көрсету; ҚЖМ индикация жағдайы және кіріктірілген 24 биттік басқару тақтасында байланысты бағыт; RS – 232 стандарты ақпарат дәйекті ағынын қалыптастыру қашықтан мониторинг және бақылау функцияларын қамтамасыз ету үшін.

Құрылғыны бұру - атмосфералық оптикалық байланыс орнату ыңғайлы және оңай болуы үшін, әрбір кейінгі қолдау жабдықталған. Ол көлденең қолдау бетінде қатаң бекіту КТЖ, өрескел және дәл бұрыштық туралауды қамтамасыз етеді. Атмосфералық оптикалық беру желісін бастапқы көзбен контакт (АОТС) үшін ARTOLINK диоптрический кіреді. Сыртқы, әр түрлі өнімдер сериясы сигнал порттар коннекторлар түрі бойынша ғана ерекшеленеді. АОБС ARTOLINK комплект жеткізіліміне өшірілген программа да кіреді, ол ҚЖМ мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді, RS – 232 сериялық порты арқылы компьютерге қосылады. 32 – x разрядтық программасы қолданылады, ол ОС Windows'9x/NT/2000/XP бойынша жұмыс істейді.

АОБС шетелде ARTOLINK M1 сериясы ең алуан түрлі климаттық жағдайлары бар ресейлік бірқатар өңірлерде орнатылған, сондай-ақ Аргентина, Қытай, Оңтүстік Корея мен Сирия секілді шет елдер де пайдаланады. Базалық станциялар санының үздіксіз өсуі және жаңа сапалы қызметтерді қамтамасыз етуші (Triple Play, 3G, 4G) арнаның өткізу қабілеті айтарлықтай өсуін талап етеді. Бұл проблема оңай радио жиілігі рұқсат талап етпейді FSO жабдықтармен қабылдаумен шешіледі. Сонымен қатар E1 сызықтық өнім мультиплексорына тиесілі, Ethernet трафигі және E1 бір сызық бойымен параллель 2 ден 24 ағынға мүмкіндік береді, және арнақұрастырушы жабдықтағы инвестицияны сақтауға мүмкіндік береді. Гибридтік беру жүйесінің негізделген желісін құрудың жаңа тұжырымдамасы радио сілтеме интерфейсін және атмосфералық оптикалық желісі интерфейсін жаңа ұсыныс біріктіреді. Сонымен қатар, осы екі интерфейс параллель жұмыс істейді және 2 Гбит / с, толық дуплексті режимде кезінде трансмиссиялық ақпарат ағынын қамтамасыз етеді.

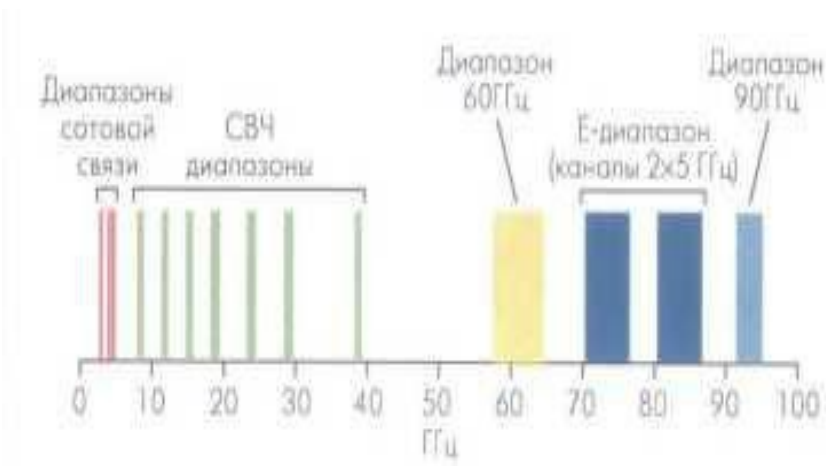
1.7 Радиорелейлі байланыс арнасындағы миллиметрлі радиотолқын диапазоны

Миллиметрлі радиодиапазондында бірнеше ондаған ГГц – тен 100 ГГц дейінгі жүйелер ішінде жұмыс істеуі жиілікке жоғарғы салмақ түсуінің арқасы, сонымен қатар АОБС салыстырғанда, мәліметтерді жоғарғы жылдамдықпен жеткізе алады. Дифракция ішіндегі жұмысында, жоғары бағыты тіпті 20 см мақсатында шағын мөлшері бар антеннаға қол жеткізуге болады. Бүкіл әлемде диапазон ішіндегі жиілік 375 ГГц дейін болғанына қарамастан арнайы комиссиялар мен әртүрлі ұйымдардың қарауында, сондай - ақ лицензиялауды талап етпейтін, қуаты және басқа да параметрлер бойынша белгілі шектеулермен, бірнеше жиілік жолағы бар (мысалыға, 77 ГГц). Ерекше көп мәнді технологиялар жартылай өткізгішті

күшейткіштер негізінде нарықта экономикалық жағынан тиімді болғандықтан кең қолданыста. Алайда бұл жаңа технологияларда техникалық жағынан әлі шешілмеген бірнеше мәселелер бар. Температуралы дрейф генераторлар және сүзгілер, шу, төмен немесе шығу қуаты, жылу стресс әсерінен құрылғының тез ескіруі – барлығы осы күннің ең сынды мәселесі болып табылады. Сондықтан, арақашықтықтың өсуі коэффициент қолжетімділігі және фиксиялық жазып алу өткізу қабілеті кезінде, миллиметрлі жартылай өткізгішті радио күшейткіш бағасы біртіндеп өседі, олай болса барлық жүйе де өседі.

Атмосфералық радио миллиметрлі лазерлік оптикалық сымсыз арнасының әр түрлі сипаттамалары бар. Жаңбыр басты өшулік туғызады. Басқа жағынан тұманның арналарға әсер етуі төменірек (толқын ұзындығын қоспағанда, ол су буын жұтады мысалыға, 22 ГГц жиілік аймағында). Бұл толықтыратын оптикалық мінез-құлық пен радио жүйелері атмосфералық оптикалық желісін беру және миллиметрлік диапазонында радио арнасын артықшылықтарын біріктіретін гибриді жүйесін тұжырымдамасын алға қоюға мүмкіндік береді. Мұндай жүйе, сымсыз байланыс арнасын құруға мүмкіндік береді үлкен өткізу мүмкіндігін қамтамасыз ету және бүкіл жүйенің қалыпты құны бойынша қол жетімділігін жоғары коэффициенті бар болады.

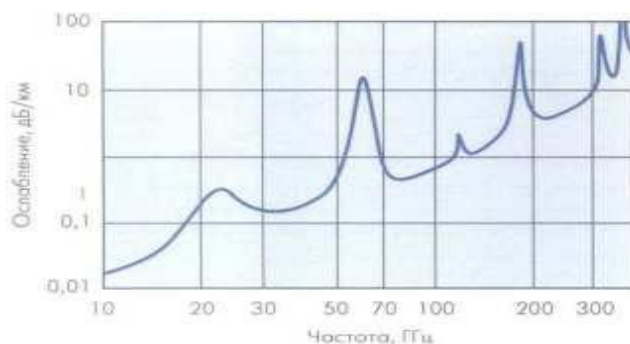
Қазіргі таңда көптеген елдер E – диапазонын меңгеруге миллиметрлік қысқа толқынды бөлігінде жұмыс істейтін, - ауқымы осындай «нүкте нүкте» ретінде сымсыз байланыс жүйелерін құру. E – диапазоны екі 71 – 76 және 81 – 86 ГГц жиілік жолағынан тұрады (1.10 сурет).



Сурет 1.8– Сымсыз байланыстың негізгі жиілік диапазоны (АҚШ)

Мұндай жиілік бөлу өз артықшылықтары бар. Біріншіден, 10 ГГц тең спектр жиынтығы қазіргі уақытта байланыс үшін қолданылатын, кез келген басқа спектр жиілігінен әлдеқайда үлкен. Ол АҚШ қабылдауы бойынша ұялы

байланыстың барлық түрі спектрден 50 есе үлкен және барлық аса жоғарғы жиілік диапазоны айтарлықтай өседі. Мұндай жоғары жиілікті сымсыз байланыс жүйелерін бүкіл жаңа буынын жұмыс істеуге қамтуды қамтамасыз етуге қабілетті болып табылады. Екіншіден E - диапазоны жиілігі орналасуы 5 ГГц екі арнаны қосады, одан әрі ешқандай ұсатылмайды, көп жағдайда төменгі жиілікте аса жоғарғы жиілік диапазон. Мысалы, АҚШ Федералдық байланыс комиссиясы 50 МГц-ден аспайтын өткізу қабілеті жеке арналар бойынша ортақ тасымалдаушымен әрбір жиілік ауқымын бөледі. Мұндай арна ені, түптеп келгенде, ол өткізіп қабілетті деректер көлемін шектейді. E – диапазоны қарапайым сұлба модуляциясын пайдаланып 1 Гбит/с жылдамдықпен мәліметтерді таратуға қауқарлы, мысалыға екі еселенген қозғалысты (BPSK). Неғұрлым күрделі модуляция схемаларын пайдалана отырып, толық дуплексті режимде беру жылдамдығы 10 Гбит/с жетуі мүмкін. Осылайша, қысқа арна арқылы мәліметтерді жіберу артықшылығы, мәліметтерді қысуда қажеттілік жоқ барлық құрылымы жүйесі біркелкі оңтайландырылған. Ол төмен тәртібі модуляция, сызықты емес электр күшейткіштер, тікелей айырбастау қабылдағыштардың және басқа да көптеген қарапайым бөлшектерден модемдерін пайдаланып салынған болуы мүмкін. Бұл оның сенімділігі мен параметрлерін нашарлатпай жүйесін құнын төмендетеді. 1.9 суретте көрсетілген жиілік диапазонында байланысты атмосферада радиотолқындар сіңіру сипаттамалары.

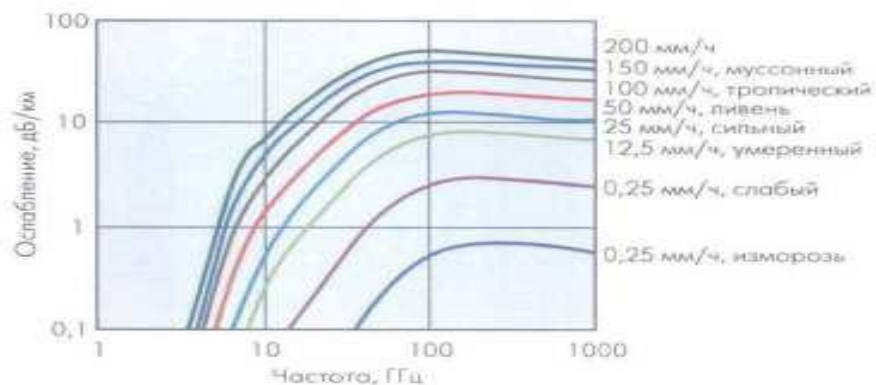


Сурет 1.9 – Атмосферадағы радио толқынға тән сіңіру(теңіз деңгейінде)

Аса жоғарғы жиілік диапазоны 38 ГГц дейін атмосферадағы өшулік 0,3 дБ/км аспайды. 23 ГГц кейбір биік аудандарда 60 ГГц, су буының және оттегі молекулаларының арқылы сіңіру салдарынан радиотолқындар кезінде күшті басылу болуы тиіс. 60 ГГц жиілікте әлсірету 15 дБ/км жетеді, ол қатты радиотолқындар беру қашықтықты шектейді. 100 ГГц-ден жоғары жиіліктерде жұмыс сигналдарды тарату тиімділігін шектейді басқа молекулалық сіңіру әсерлерін әсер бастайды. Салыстырмалы «тазалау» терезе жиіліктер 70 – 100 ГГц аралығында орналасқан. Онда атмосфералық әлсіреу дәстүрлі микротолқынды басылу құндылықтарға жақын шамамен 0,5 дБ/км, құрайды. Нәтижесінде, сымсыз жүйелер бірнеше километрге дейін

кашықтықтарда сигналдарды жіберуге мүмкін болады. Жаңбырлы кезде жиілік 10 ГГц жетеді, жаңбыр ақпарат берудің ұзақтығын шектейді (1.10 сурет).

Қатты жаңбыр жауған кезде E – диапазонындағы сигналдың өшулігі 10 дБ/км жетеді. ITU Халықаралық телекоммуникациялар одағы әлемнің түрлі бөліктеріндегі жауынды аудандарды карталарда ұқсас аймақта ұзақ мерзімді байқаулар негізінде. Бұл карталар жобалаушыларға әлемнің әр түрлі аудандарына түсетін жауын шашынның мөлшерін беруге көмектеседі. Сонымен қоса Тұманның әсерін және күн бұлттылығын.



Сурет 1.10– Жаңбырлы кезде қарқынды шақыратын әр түрлі радио толқынның өшулігі

Тұман, бұлт кезінде E диапазоны әлсіз тәуелділігі жиіліктер сымсыз байланыс артықшылықтарының бірі. 50 м ғана көрінетін тығыздығы $0,1 \text{ г/м}^3$ қалың тұман кезінде сигнал бар болғаны 0,4 дБ/км болады. Мұндай төмен басылу тұман бөлшектердің мөлшері шамамен 4 тең таратылмайды сигнал толқын ұзындығы қарағанда әлдеқайда аз болып табылады, өйткені - 5 мм, ал нәтижесінде олар радиотолқындар күшті шашырау себеп емес. Қарама-қарсы жағдай кезінде E-диапазонында сымсыз байланыс балама ретінде қарастыруға болатын бос орын, жоғары жылдамдықтағы оптикалық деректер байланысатын орын. Қатты тұманда сигналды оптикалық беру өшулігі 200 дБ / км жетуі мүмкін. Шаң, құм және басқа да шағын бөлшектердің әсері. Мұндай бөлшектердің мөлшері сондай – ақ 4 мм аз болатын бөгеуіл E – диапазон жүйесіне тәжірибе жүзінде "көрінбейді". Миллиметрлі жиілікті диапазонының әлсіз жүктелуі, кең жолақты жиіліктің бөліну мүмкіндігі (7 ГГц дейін), жеңілдетілген жиіліктердің бөлінуі рәсімі, жергілікті және сымсыз транспортты желіге сонымен қатыр «нүкте – нүкте» арналары, әлемдегі барлық елдерде бұл дербес диапазон құрылым үшін өте сирек.

Бұл диапазонның басқа ақпараттарды жіберу жүйесінің артықшылығы: - 10 Мбит/с дейінгі аса жоғарғы жылдамдықпен мультимедиалық ақпаратты сымсыз жіберуі; -антеннаның фазалық тор чипсеті интегралдауға дейін,

шағын антенна жүйелерін қалыптастыруы мүмкін. Сонымен бірге тар диаграммалы бағытына жету үшін (яғни, антеннаның жоғарғы күшейуі) габариті аз болуын талап етеді; радиотолқындар осы ауқымы тез әлсіреу тән автоматты жиілік қайта пайдалану проблемасын шешуге болады түрлі көздерден араласу мәселесін (жиілігі жоспарлау) жояды; байланыс жүйелерін түрлі іске асыру схемасы, қате түзету кодтау, модуляция схемасын және қарапайым бірнеше қол скремберлеу мүмкін; Е-диапазоны жүйелерінде FCC комиссиясы АҚШ сингалын рұқсат етілген шығу қуатта 3 Вт дейін орнатқан, басқа миллиметрлік толқын қарағанда айтарлықтай көп болып табылатын; Е - диапазонындағы арналар жолағы модуляцияның төменгі деңгейімен қолданып

ГГц мәліметтер жіберуде жоғарғы жылдамдықты жібереді. Осылай, жиілікті модуляция сұлбасы (FSK) немесе екілік модуляция қимылын 2 Гбит/с дейінгі жылдамдықпен жіберілетін мәліметтерді оңай қамтамасыз етеді. Қаншалықты жеңіл модуляция сұлбаларын қосымша сызықтық талаптарға қоймауға болады, олай болса таратқыштың қуаты күшейткіштер максималды қуатта жұмыс істей алады. Үлкен шығыс қуаты антеннаның күшейткіші бірдей жоғарғы коэффициентімен жоғарғы сәулелену қуатымен қамтамасыз етіп, беруі мүмкін шығындар үшін есесін қайыру және Е - диапазонындағы аса жоғарғы жиілікті жүйесімен салыстырғанда "нүкте - нүкте" байланысымен байланысты; - байланыс жүйесін құрудың мүмкіндігімен қамтамасыздандыру: байланысты жасыру (анықталмаушылық); бүтіндік (көздемелі бөгеуілге тұрақтылық және рұқсат етілмегенділікке қосылу).

2 Құрылғыларды тандау

2.1 Талшықты-оптикалық байланыс жолы құрылғыларына талдау

Облыс сипаттамасы келесі белгілер бойынша (таңдалған мекендер мен түрлерін және ақпарат көлемін бағалау сипаттамасы):

- аймақтың әкімшілік ғимараттары;
- байланыс қызметтерін пайдалануды бағалау түрлері келесідей болады:

- телефон байланысы;
- стационарлық телефон аппаратының саны Кст;

Қалалар арасына байланысты ұйымдастыру үшін STM-1 деңгейіндегі мультиплексор керек.

Аппарат және жабдықтар SDH тарату жүйесі үшін көптеген «Alcatel», «Siemens», «Nortel», «Huawei» және басқалар секілді танымал фирма өндірушілер бар.

2.2 Байланыс сұлбаларын іске асыру

Алматы және Қаскелең арасындағы байланыс сұлбаларын іске асыру олардың арасындағы сандық байланысын қамтамасыз етуге арналған. Соңғы бекеттер сұлбасы, бірін бірімен қосылулары 2.1 суретте көрсетілген.

Жобада «біріді сызықты тізбек» топологиясын қолдану ұсынылды, басқа да байланыс қор жолдары бар.

Кесте 2.1– SDH жылдамдық сатысы

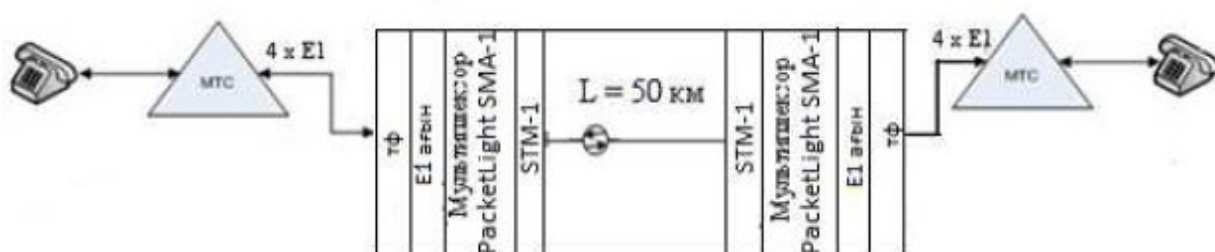
Деңгей сатысы	Синхронды көлік модулі түрі	Жіберу жылдамдығы, Мб/с
1	STM-1	155,520
2	STM-4	622,080
3	STM-16	2488,320

4	STM-64	9953,280
---	--------	----------

Жобада талшықты оптикалық және буданды ауа жолды байланыс қорлары қарастырылды. Талшықты оптикалық қорына SMA-1 1+1 сұлбасы бойынша, яғни екі талшықты оптикалық (1 – 2 ОВ) жұмыс істейтін (қабылдау – жіберу) екі қор бойынша жүргізіледі (3 – 4 ОВ).

Оналтылық Future Guide – LA талшықты оптикалық кәбелінен, ұйымдастырылған төрт талшықты оптикалық кәбелі желілік жол және қордағы жүйе тарату үшін SMA – 1 қолданылады, қалған қырық алты талшықты оптикалық кәбелі қосымша пайда түсу мақсатында басқа байланыс операторларына беріледі.

Ағындардың саны нәтижесінде жобаланатын аймаққа 17 ағынды E1 телефонды ағыны үшін ұйымдастыру керек.



Сурет –2.1 Алматы – Қаскелең арасындағы байланысты ұйымдастырудың сұлбасы

2.3 Талдау және жабдық таңдау

Табылған арналар санына байланысты өткізу қабілетінің талабын қамтамасыз ету үшін, SDH синхронды сандық сатылы STM – 1 (10 Гбит/с) жабдығын таңдаймыз.

SDH құрылғы және аппаратура тарату жүйесі үшін көптеген өнім фирмалары «Siemens», «Huawei», «Alcatel», «PacketLight Networks» және басқалары.

Есептеудің нәтижесі бойынша ағын саны $E = 17$ (2048 Кбит/с) болды, осыдан PacketLight Networks компаниясының PL-1000E талшықты оптикалық көпфункционалды құрылғымен мәліметтерді жіберетін жоғарғы жылдамдықты байланысты жүйе таңдап алынды. Қарастырылып жатқан мультиплексор SMA

– 1 2.2 суретте, бұл жабдық көмегімен мәліметтерді жіберу жылдамдығы STM – 1 (10 Гбит/с) деңгейінде жүреді.

PL-1000E – бұл бірегей көп функционалды құрылғы, 8 Гбит/с, 10 Гбит/с және жұмыс құрылысы 10 Гбит/с дейін болатын жылдамдықпен талшықты оптикалық арна байланыстарымен мәліметтерді жібереді. PacketLight шешімі 1U жолының жоғарылауы кезінде төменгі қуатты қолдану оңтайлы шығындармен үлкен техникалық мүмкіндіктермен жиынтықтарды біріктіреді. PL-1000E CWDM/DWDM тұғырнамасының жүргізушісі болып табылады, көпжылдамдықты әртүрлі жұмысты біріктіреді, максималді иілуге мүмкіндік береді және талшықты оптика үшін ұлғайтылған. 10 Гбит/с (sub-10G) және 10 Гбит/с (10G) транспондерді қиыстыру 10 Гбит/с тәртібінен 10Гбит/с тәртібіне өтуді нәлдік уақыт кезінде білінбейтіндей жағдайда жасайды.

PL-1000E жабдығы «нүкте – нүкте» қосылуын демеу үшін, «сызықты байланыс крісі/шығысы (ADM)» топологиясы және «сақина» қоғау мүмкіндігіне арналған. PL-1000E – бұл мультиплексор/демультиплексор, EDFA – күшейткіш және отикалық коммутаторда болатын қарапайым және экономикалық жағынан өңделген және кез келген жұмыс тәртібіне бағынатын біріктірулігі жоғары сатылы құрылғы.



Сурет 2.2 – PL – 1000E

PL-1000E DWDM тұғырнамасы:

1/2/4 Гбит/с и FICON, ESCON, Fast Ethernet, GbE, STM-1/OC-3, STM-4, OC-12, STM – 16/OC-48, OTU1 (OTN), бейне ақпарат ағынын талшықты оптикамен кез келген қиыстыруда 4 ағынды 10Гбит/с жылдамдықпен ұстап тұрады;

Көп жылдамдықты интерфейсті иілгіштігімен демеяді;

Мультиплексор/демультиплексор және арналарды басқару, EDFA күшейткіш орнатылған;

Сипаттамасын пайдалануда бақылау жүйесі орнатылған (Талшықты арна байланысы, GbE, STM1/4/16, OC3/12/48);

Екі жақты 3R-регенерациясы, алшақтықта жұмыс істегенде шатаспауды камтамасыз етеді;

GbE 4 ағыны мультиплексоры екі жиынтық транспондерлі;

«Сақина», «нүкте – нүкте» топологиясын демеу және қалпына келтіру;

1+1 тәртібін қорғап демеу;

Екі орнатылған OSC – арна (оптикалық бақылау арнасы);

- SNMP басқаруын демеу және EMS біріктіру немесе бөгде әдеспен басқару;

- 32 толқын ұзындығына дейін ұлғайған;

- PL-400, PL-1000 и PL-300 құрылғыларымен бірнеше тәртіпте жұмыс істеу;

- PL-1000E қолданылуы:

- кәсіпорын желілерге тиімді байланыстарды қамтамасыз ету, ғаламтор – қызметі (ISP) және университет ғимараттарының арсасын;

- «Қара талшықтар» кең жолақты негізделген ағындарын қамтамасыз ету;

- Бар WDM – байланысын жаңарту қолдану ережелері үшін 10 Гбит/с;

- Ethernet – байланысында жалпықалалық қосылуды қамтамасыз ету (Metro Ethernet) жоғарғы өткізу қабілетімен;

- «Triple play», NGN және көліктік шешімде DSLAM қызмет көрсету үшін тиімді инфрақұрылымды;

Кесте 2.2 – PL-1000E техникалық сипаттамасы

Жүйе	
Топология	«Нүкте – нүкте», «сакина», бірізді желілік тізбек, бірмодалы және екімодалы ТОВЖ
Көлітік желі/деректерді тасымалдау	Metro CWDM, DWDM, ТОВЖ пайдаланылмаған желілері
Қорда сақтау	1+1 аппараттық
Нұсқаулар	
Транспондер	850/1310 нм C/DWDM үшін, 3R, мультиплексор/демультиплексор 4/8 толқын ұзындығы үшін
Транспондер + күшейткіш	850/1310 нм DWDM үшін, 3R, мультиплексор/демультиплексор 4/8 толқын ұзындығы үшін, 1 EDFA
Интеграцияланған мультиплексор	4x GbE 850/1310 нм
Оптикалық коммутатор	1+1 OTS аппараттық қорда сақтау
CWDM анасы	
Толқын ұзындығы	ITU-T G.694.2 1270-1610 нм, 20 нм кадам
Оптикалық арнаны басқару, нм	1310, 1290
Таратудың максималді қашықтығы	120 км 1.25Гб/с кезінде, 80км 4.25Гб/с кезінде,
Таратудың қуаты, дБм	0 – ден (min) +5 (max) дейін
Сезіталдылығы, дБм	-28 APD, -18 PIN
Бақылау	Таратудың және қабылдаудың қуаты
Мультиплексор/демультиплексор арналар өшулігі, дБ	< 4
DWDM арнасы	
Толқын ұзындығы	ITU-T G.694.1 арналары 15-60, 100Гц кадам
Оптикалық бақылау арнасы, нм	1490, 1510

Құрылғының құрамы:

- Интеграция дәрежесі жоғары C/DWDM кешенді шешім;
- GbE 4 ағынды мультиплексінде транспондерлі көмегімен талшықты оптиканы қолдану көбейеді;
- Мүмкіндіктердің үлкен жиынтығымен жинақы мөлшері;
- Орнату, пайдалану және қызмет көрсету оңай;
- Пайдалану сипатын таңдау;
- Тұтыну қуаты төмен;

2.4 Талшықты оптиканың түрін таңдау

Жобада Жапониялық Fujikura Ltd (Фуджикүра) фирмасының Future Guide-LA маркалы талшықты оптика қолданылу ұсынылды – бұл шашыраған араласқан нөлдік NZDSF (Non Zero Dispersion Shift Fiber) бірмодалы

талшықты оптика және тиімді кесуі үлкен ауданды өлшем және шашырауы төмен мәнді поляризацияланған модалы (G.655 МСЭ-Т ұсынысы бойынша). Ұсынылып отырған талшықты оптика торапты талшықты оптикалық таратушы жүйесі үшін арналған 100 км ұзындықта ақпаратты жібереді. Және DWDM спектрлінде нығыздау көбірек, С – және L – мөлшерінде жұмыс істейді.

2.3 кестеде Future Guide-LA фирмы Fujikura Ltd талшықты оптиканың техникалық параметрі көрсетілген.

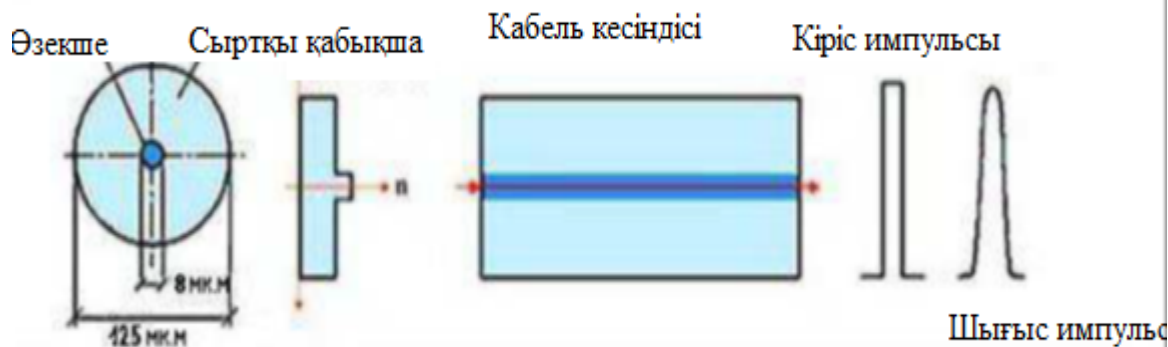
Талшықты оптика, байланыстағы оптикалық кәбелде қолданылуы, бір уақытта жүздеген сандық теледидар каналын немесе бірнеше миллионға дейін арналар сыйымдылығына ие. Осындай сыйымдылықтың жиілігінің мәні толшықты оптиканың кварцті әйнектен жасалынуында. Талшық өзекшеден тұрады, кварцті әйнек қоспалау негізінде, кварцті әйнек жиілігін айналасын шағылыстыратын қабықша. Акрилат қабаты талшықты қорғайды және жегі химиялық қоспасынан және ылғалдың пайда болуынан қорғайды. Жиілік және қабықшаны шағылыстыратын әртүрлі оптикалық құрамы және өзекшесі жарықты бағыттағанда күшейткіш көмегінсіз ондаған және жүздеген километрге жеткізеді.

Бірмодалы талшықта хроматикалық шашырау анықтағыш болып табылады, ол әртүрлі сыну көрсеткіштерін көрсетеді және осыған сәйкес әр түрлі толқын ұзындығында сәуле жылдамдығын таратады. Шашыраудың өлшемі сәуленің көзіне байланысты, әдетте бір километрге және пс/км өлшенеді.

Кесте 2.3 – Future Guide – LA талшықты оптиканың техникалық параметрлері

Параметрлері	Өлшем бірлігі	Future Guide – LA
Бүркеу диаметрі	мкм	245 ± 5
Қабықша диаметрі	мкм	125,0 ± 1,0
1550 нм толқын ұзындығындағы моданың теңбіл диаметрі	мкм	9,6 ± 0,4
Тиімді кима (A_{eff})	кв мм	72 (орташа)
1550 нм толқын ұзындығындағы өшулік	дБ/км	<0,2
1625 толқын ұзындығындағы өшулік	дБ/км	<0,25
1550 нм толқын ұзындығындағы бірыңғай емес өшулік	дБ/км	0,10
Өшуліктің толқын ұзындығына байланысты өзгеруі (1525 – 1575 нм мөлшерде)	дБ/км	0,05
Бөлу толқын ұзындығы	Нм	1480
1550 нм толқын ұзындығындағы мода аймағының диаметрі	Мкм	9,6 ± 0,4
1550 нм толқын ұзындығындағы хроматикалық шашырау	пс/(нм*км)	2,5

Шашыраудың көз қарасынан, бір модалы болатын талшық, бүгінгі таңда кең қолданылады, үш негізгі түрге бөлінеді: SF шағылуы ығыстырылмаған талшық (көрініс саты талшық стандарты), DSF шағылуы ығысқан талшық және NZDSF шағылуы нөлдік ығысқан талшық.



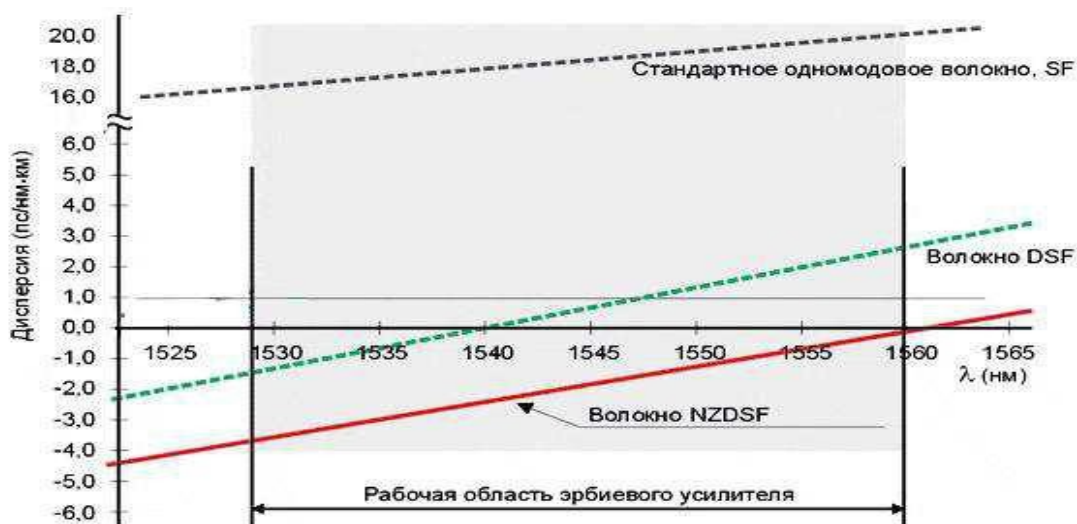
Сурет 2.2– Бірмодалы талшықты оптикалық NZ – DSF түрі

Барлық үш түрлі талшық 1310 және 1550 нм өшулігіне өте қатты жақын, бірақ шағылудың хроматикалық сипаттамасы өзгеше болады. Қайта қарамау аймағында шағылу берілген ұзындыққа максималды әсер етеді, бірақ кішірек мүмкін болатын шағылу мәні нақты есепке қолдану бір қарағаннан табиғи талшықты таңдау қалауы пайда болады, нақты толқын ұзындығына. Бұл бір арнаны таратуды бір модалы толқын таратуға әділетті. Көп арналы

талшық (WDM) мультиплексоры 1550 нм терезесінде басқаша рационализм. Зерттеулер нәтижесінде, толқын ұзындығы нөлдік кезінде шағылу мультиплексор дабыл аймағына түседі, интерференциалық әсер пайда бола бастайды, бұл дабылдың құлдырауына әкеліп соғады. Сол себепті байланысқа кәбелді тапсырыс беруші әрбір талшықтың анық артықшылығы мен кемшілігін байланыстың дәстүрлі даму қырын білуі керек.

1550 нм бұл жер ішіне түсетін, толқын ұзындықты тарату жүйесін жетілдіру кезінде жұмыскердің алдында толқын ұзындығының нөлдік шағылу есебі тұрады. Соңында 80 – ші жылдардың ортасында шағылулығы ығыстырылған DSF толшық шығарылды, 1550 нм толықтай жұмыс істеуге арналған, өшулігі де осындай және шағылулығы да. DSF талшығы көп жылдар бойы ең тиімді талшық болып саналды. Мультиплексорлы оптикалық дабыл таратқышы келгенге дейін, EFDA түрлі эрбтлі оптика түрі үлкен рөл ойнады, көп каналды дабылды күшейтеге қабілетті. Өкінішке орай кешіктіріліп жасалған (90 жылдадың басы) зерттеулер көрсетеді, нылдік шағылу кезінде толқын ұзындығы (1550 нм), эрбилі күшейткіш жұмыс істеу қабілеті ішіне түседі, негізгі сызықты емес әсер көзі болып табылады, ол көп арналы дабылында шудың тез көтерілуінен пайда болады.

Ары қарай жасалған зерттеулерде DSF – ді WDM жүйесінде қолданғанда мүмкіндіктері аз екенін көрсетеді. WDM жүйесінде DSF қолдану кезінде сызықсыз әсерден қашу үшін талшықпен аз күті жіберу ұсынылады, арналар арасындағы қашықтықты арттырадыжәне қос арналардан құтылады.



Сурет 2.3 – 1550 нм бірмодалы талшықтың хроматикалық шағылуы

Төрт толқынды араласу – бұл әсер, керек емес жаңа толқын ұзындығы негізделген, екі толқынның шашырауына әкеледі. Жаңа толқындар оптикалық

дабылдың таралуын құлдыратуы мүмкін, интерференделу, немесе пайдалы толқын арнасын қуатты қайта құяды. Нақ осы әсер араласқан төрт толқындықта анық болып көрінді, осыдан жаңа талшық түрін ойлап табу керек болды.

NZDSF талшығы 90 жылдардың басында DSF жетіспеушіліктерін толтыру, мультиплексордың оптикалық дабылы жұмысын таныту үшін шығарылды. Оның ерекшелігі эрбия өткізушілік жолағын толқынның нөлдік шағылу кезінде шығару. Бұл сызықты емес әсерді әлсіретеді және DWDM дабылын таратуды талшықтың сипаттамасын арттырады.

Жобаның мақсаты – Дабыл жіберу жылдамдығы 155 Мбит/с болатын, Fujikura фирмасының Future Guide-LA маркалі NZDSF заманауи талшықты оптика түрімен, Алматы – Қаскелең жобасында барлық ұзындықты 50 км болатын талшықты оптикалық байланыс сызығы құрылыс талдау. Бізге жоба бойынша алысқа сызықты байланысын қашықтыққа бірнеше Гбит/с қондыру.

2.5 Оптикалық кабель түрін таңдау

Оптикалық кабелді таңдау кезінде оптикалық жобада кабель түрі, бірнеше керекті талшық, оптикалық кабелді төсеуде ескеріледі.

Жобада оптикалық кабелді қала арасын байланыстыратын автомобиль жолы бойына төсеу жолы тағайындалды.

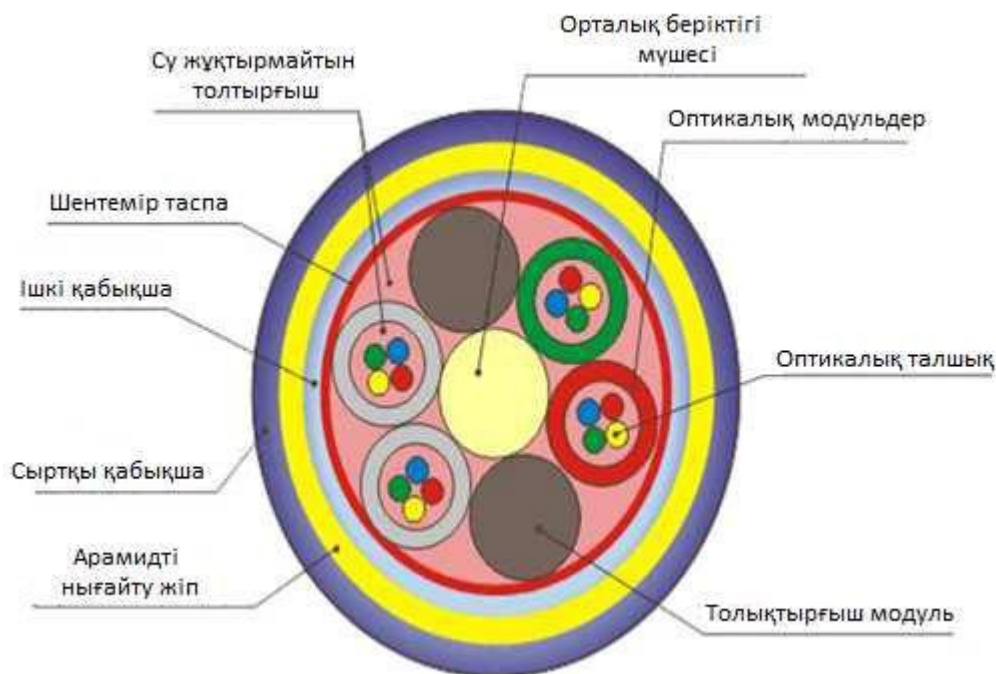
Оптика кабелінің құрылымының негізгі ерекшеліктері келесідей болу керек:

- көлемі және аз салмақты;
- ұзындық бойы үлкен (алты км дейін);
- жеке километрлік өшуліктің аз мәні (дБ/км);
- артық ауа қысымы оптикалық кабель құрамында болмауы;
- электромагнитті әсерге берік.

Қор көзімен қамтамасыз ету және қорғаныс үшін оптикалық кабель, ауыр салмақты ТОВЖ құрылысында қолдану кезінде ол он алты талшықтан аспау керек; ал аз салмақты аймақта немесе жойылған аймақтағы магистральді нысанда – сегіз талшықтан кем емес. Оптикалық талшық сонымен қатар, бірмодалы және 1,31 мкм и 1,55 мкм толқын ұзындығы үшін куәлігі болу керек.

Оптикалық кабелдің түрін таңдаған кезде қалыпты талшықтан STM-1/16 жұмыс жүйесі бойынша қамтамасыз ету қарастырылады. Бұл жағдайда Қазақстанда жасалған өнімді қолдану мүмкін, сонымен кабель басқа елдер кабелі куәлігі болу керек.

Бүгінгі таңда оптикалық кәбелді магистральді, жергілікті және зоналық байланыс желісі қолданылады, Samsung, Corning, Lucent Technologies, Fujikura деген сияқты танымал фирмалардың жоғарғы сапалысы қолданылады.



Сурет 2.4 – Future Guide – LA кәбелінің құрылымы

Future Guide – LA кәбелін қолданамыз:

Магистральді өзін көтеруші, бейөткізгіш, төсеу үшін траншеялық және қоршаған ортасы 60°C төмен 70°C жылылыққа дейінгі температурда пайдалану.

Future Guide – LA кәбелінің сипаттамасы:

Шыныпластик өзекті орталық күш элементін ұсынады.

Оптикалық модуль: пластикалық труба төрт боялған бірмодалы талшықты оптика су жұтыртпайтын компаундпен толтырылған. Толтырылатын модульдер: полиэтиленді өзекше.

Өзекше: оптикалық модульдер және жолдары – орталық күш элементін айнала оралып толтырылады, өзекшенің бос жері су жұқтыртпайтын компаундпен толтырылады.

Ылғалдықтан құтылу: шынтемір таспа, қабаттасқан бойлық кәбелдің өзекшесі. Полиэтиленді ішкі қабықша.

Сауыт: арамидті жеңілдетілген жіптер орнату.

Қабықшаны қорғау: жеңіл – тұрақтанда полиэтилен.

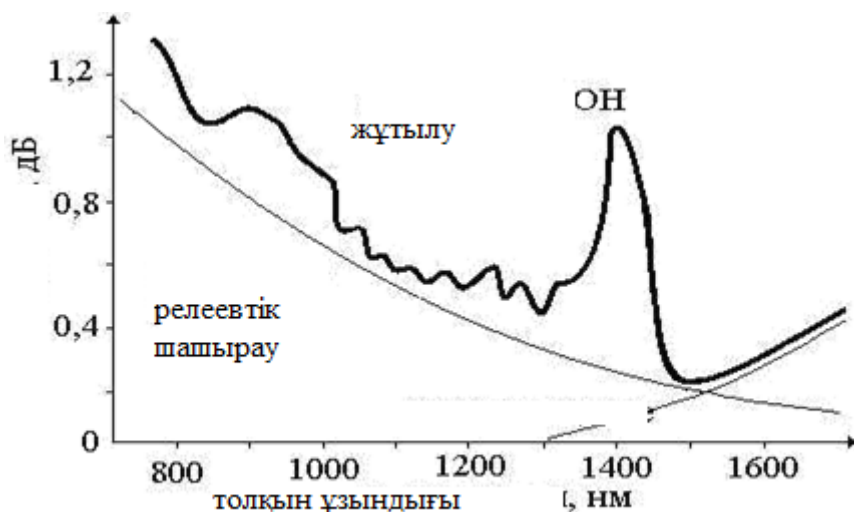
ТОБЖ жобалау үшін Future Guide – LA - 4/2(2,4) Сп - 16(5) - «8 кН» маркалы кәбелі қолданылады.

Future Guide – LA - 4/2(2,4) Сп - 16(5) - «8 кН» кәбелінің сипаттамасы:

- магистральді, бейөткізгішті, өзін көтеруші оптикалық кәбель;
- ішкі қабықшасы полиэтиленді
- арамитті жіптер қобылуымен қорғау;
- оптикалық модулдер саны – төрт, толтыратын модулдер саны екі;
- толтыратын модулдер және сыртқы оптикалық кесімді диаметрі 2,4 мм;
- орталық күш элементі – шыныпластикті шыбықша;
- он алты бір модаль талшықты оптика NZDSF шағылу нөлдік бығысу, ITU-T G.655 талабтарына сай;
- рұқсат етілген созылу күші 8 кН;
- кумабойлы кәбель ұзындығы – 6 км.

2.6 Оптикалық кәбелде өшулікті табу

Жарықтың тарату өлшеміне байланысты оптикалық ортада ол әлсірейді, талшықты оптикалық өшулік – ол өшулік ортасының атымен аттас. Өшулік толқын ұзындығының шағылысуына байланысты, талшыққа енгізумен. Қазіргі уақытта дабылдарды талшықпен тарату үш мөлшерде іске асады: 850 нм, 1300 нм, 1550 нм, яғни осы мөлшерлерде кварц жоғарғы мөлдірлікке ие болады.

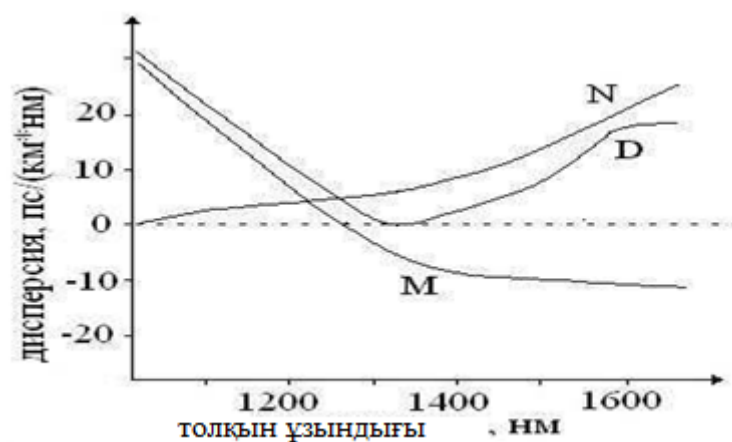


2.5 Сурет – Өшуліктің толқын ұзындығына тәуелділігі

Өшулік әдетте дБ/км өлшенеді және оптикалық кәбелде жоғалтумен, шашыраумен және сәуле жұтылумен анықталыды:

- рэлеевтік шашырау;
- талшықтың ақауындағы шашырау;
- кварцтік шыныдағы өзіндік жұтылу;
- қоспалық жұтылу;
- макро және микро иілудегі жұтылу.

Дисперсия – бұл шашырау спектрлі уақыт бойынша немесе модалық оптикалық дабылынан тұрады, ол оптикалық талшықтан өткен кездегі импульстің ұзақтығының өсуіне әкеліп соғады. Дисперсияның үш түрі бар: материалдық, модалық, толқындық. Дисперсиялық бұрмалану фазалық бұрмалану секілді болады. Сандық тарату жүйесімен жұмыс жасаған кезде олар импульстің кеңейуі және оптикалық талшықтың өткізу қабілетінің шектелуімен білінеді.



2.6 Сурет – Толқынды материалдық және қорытқы хроматикалық дисперсия коэффициенттерінің толқын ұзындығына тәуелділігі

Дисперсия себептері:

- модалардың көп болуы;
- сәулелену көздерінің когерентті еместілігі.

Модалардың көп болуынан пайда болатын дисперсия модалық деп аталады ($\tau_{\text{мод}}$).

Сәулелену көзінің когерентті еместілігімен шартталған дисперсия хроматикалық ($\tau_{\text{хр}}$) деп аталады және екі құрамнан тұрады: материалды ($\tau_{\text{м}}$) және толқынды ($\tau_{\text{т}}$) дисперсия. Материалды дисперсия толқын ұзындығына байланысты сыну көрсеткішінің тәуелділігімен байланысқан $n=f(\lambda)$.

Толқындық дисперсия толқын ұзындығына байланысты таралу коэффициентінің тәуелділігімен байланысқан $b=f(\lambda)$.

3 Есептеулер бөлімі

3.1 Оптикалық талшықтың негізгі сипаттамаларын есептеу

Берілген байланыс желісінде Fujikura фирмасының он алты талшықты Future Guide – LA - 4/2(2,4) Sp - 16(5) - «8 кН» кәбелі қолданылады. Бір модальды талшықпен және мәліметтерді жіберу жылдамдығы 155,520 Мбит/с, λ - 1,55 мкм толқын ұзындығында жұмыс жасайтын сатылы дисперсиялы жабдықты Алматы қаласының «Казцентрэлектропровод» ұсынады. Талшықтардың жіктелуі келесідей:

- талшықтар 1+1 схемасы бойынша жіберуге қолданылады;
- талшық «суық» қор болып табылады;
- талшықтар 155,520 Мбит/с жылдамдықпен оптикалық дабылды жіберуге қолданылады;
- талшықтар обылыстық желілердің «суық» қоры үшін қолданылады.

Сыну коэффициенті қабықшасымен салыстырғанда өте жоғары болатын талшықты оптикалық кәбел өзегі SiO_2 GeO_2 тұрады.

SiO_2 – талшықты қаптау материалы. Сыртқы қабығы – эпоксиакрелат. Ол екі әр түрлі модулдердің қабатында қолданылады. Ішкі қабаты сыртқы қабатына қарағанда жұмсағырақ. Бұл шыны талшықты микро иілулер кезінде жоғалтулардан және абразивті тозудан сақтайды.

- таңдалған кәбелдің негізгі сипаттамасы – 2...30 бір модальды шыны талшық үшін;
- толқынның жұмыс істеу ұзындығы 1310 нм және 1550 нм;
- орталық трубкасы талшық;
- орталық трубка толық толтырылған;
- сауыты болат элемент;
- сыртқы қабықшасы полиэтилен;
- топыраққа төсеуге жарамды.

Оптикалық кәбел ғимараттарда механикалық бұзылулар болмаған жағдайда кәбелдік канализацияда және де пневмо тұтату әдісімен, ұзаққа су астында қалу ықтималдылығымен, қорғаныс трубаларында, жоғарғы дәрежелі сыртқы электромагниттік әсер шартымен, сыртқы қабаты жануды көтермейтін материалдан жасауға болады.

Оптикалық кәбел құрылымы:

Оптикалық кәбел өзегі орталық күштік элемент және SZ орау әдісімен жасалған сыртқы ораудың тұрады. SZ орау кезінде әр бір ораудан кейін оның бағыты өзгереді, сондықтан оралатын элементтер кәбел өсі жанында алдымен S формасын сонан соң бағыты өзгергеннен кейін Z формасын келтіреді.

Бағыты өзгеру нүктесінде олар кәбел өсімен қиылыспайды. Сыртқы орауда оптикалық модулдер мен корделді толтырғыштар орналасады. Орау

бетіне жанбайтын полиэтиленді немесе пластмассадан жасалған қабықша жабылады.

Кесте 3.1– Future Guide – LA өндірістік талшық параметрі

Жұмыс өрнегі, нм	1310/1550	
Өшулік, дБ/км	1310 нм	<0,4/0,34
	1550 нм	<0,25/0,21
Модалық өрісінің диаметрі, мкм	1310 нм	9,3±0,5
	1550 нм	10,5±1,0
Бөлу толқын ұзындығы (кәбел/талшық), нм	1260/1330	
Нөлдік дисперсиядағы толқын ұзындығы, нм	1301-1322	
Хроматикалық дисперсия, пс/(нм· км)	1310 нм	<3,5
	1550 нм	<5,3

Кесте 3.2 – Future Guide – LA - 4/2(2,4) Сп - 16(5) - «8 кН» кәбелінің техникалық сипаттамалары

Талшықтар саны	4 – 44
Диаметрі шамамен (мм)	10,4
Салмағы, шамамен (кг/км)	87
Иілу радиусы, мм	кәбел диаметрі 20
Сақтау және тасымалдау кезіндегі температура диапазоны (°C)	- 40...60
Созылуға шыдамдылығы, Н	1500
Сығылу кезіндегі кернеу/басылу кернеулігі кезінде (өшуліктің толық кепілді өсуі) (Н/10см)	2000
Соққыға шыдамдылығы (E = 3Nm, r = 300 mm)	30
(өшуліктің толық кепілді өсуі) (импульстер)	
Төсегіш температурасы (°C)	-10

Енді апертураны есептеу қажет, ол талшықты кәбелдің маңызды жалпыланған параметрі болып табылады.

Апертура – бұл оптикалық өспен талшықты жарық жолдың бүйір жағына түсетін жарықтық конустың бір беті арасындағы бұрыш болып табылады.

Қабықшаның сыну көрсеткіші n_2 табамыз, кәбелдің сандық апертурасы $NA = 0,13$

Белгілі:

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

мұндағы n_1 – өзектің сыну көрсеткіші, 1,4681.

Ары қарай (3.10) n_2 табамыз:

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

$$n_2 = \sqrt{1,4681^2 + 0,13^2} = 1,4623.$$

Қабықшаның n_2 сыну көрсеткішімен өзекшенің n_1 сыну көрсеткішін білгеннен кейін, Δ сыну көрсеткішінің өзіндік айырмасын табамыз:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (3.3)$$

$$\Delta = \frac{1,4681 - 1,4623}{1,4681}$$

$$\Delta = 3,951 \cdot 10^{-3} = 0,395\%.$$

Талшықты жарық жолдың құрамын бағалайтын негізгі параметр V мөлшерленген жиілік болып табылады. Ол келесі формуламен есептеледі:

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \cdot NA \quad (3.4)$$

мұндағы a – қабықша өзекшесінің радиусы, $a = 4,5$ мкм;

n_1 – өзекшенің сыну көрсеткіші, $n_1 = 1,4681$;

n_2 – қабықшаның сыну көрсеткіші, $n_2 = 1,4623$.

$$V = 2 \cdot 3,14 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \frac{0,13}{(1,55 \cdot 10^{-6})} = 2,3702.$$

Бір модальды талшық сыну көрсеткіші сатылы профилді және өзекшенің диаметрі $2a = 9$ мкм, критикалық толқын ұзындығы $\lambda_c = 1250$ нм, толқын ұзындығы 1550 нм болған кезде мода өрісі диаметрі $2r_0$, кәбелдің параметрленіні есептейміз.

$$2r_0 = \frac{2.6 \lambda_c}{V_c} \cdot 2a, \quad (3.5)$$

мұндағы, λ_c жұмыс істеу толқын ұзындығы, нм;
 λ_c – бұдан жоғары жарық жолда негізгі мода ғана бағытталатын, критикалық толқын ұзындығы;
 V_c – бір модальды тәртіп $V_c=2,405$ үшін критикалық мөлшерленген жиілік.

$$\lambda = 1550 \text{ нм: } r_0 \approx \frac{2.6 \cdot 1550}{2.405 \cdot 1250} \cdot 9 = 12 \text{ мкм}$$

Бұл дегеніміз өзекшесі 12 мкм дейін оптикалық талшық таңдауға болады.

Толық ішкі шағылысу тәртібі талшықты жарық жолдың кіріс бүйр жағына жарық беру шартын алдын ала анықтайды. Жарық жол тек, θ_a денелік бұрыш шектерінде жабылған, мәні толық ішкі шағылысу бұрышымен θ_b келісілген жарық қана өткізеді.

Бұл денелік бұрыш θ_a сандық апертурамен сипатталады:

Толық ішкі шағылысу шарты орындалытын критикалық бұрышты θ_c табамыз:

$$\theta_c = \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}, \quad (3.6)$$

$$\theta_c = \sqrt{\left(\frac{1.4623}{1.4681}\right)^2}.$$

$$\theta_c = 0,00395 \text{ рад} \approx 11.5^\circ.$$

Критикалық бұрыш негізінен $10...15^\circ$ шектерде орналасқандықтан, біз критикалық бұрыштың қанағаттанарлық мәнін алдық.

Енді оптикалық өзара әсерлердің мәліменттерін есептейміз. Оптикалық кәбелдің ортақ өзекшесінде орналасқан жарық жолдар көрші талшықтарға әсер ете алады. Оптикалық кәбелдегі өзара бөгеуіл кәбелдік өзектің құрылымына, яғни талшықтың өзара орналасуына байланысты.

Оптикалық талшықтың арасындағы әсер ету дәрежесін көрші талшықтардың екіншілік параметрлерінің әсерін есептеп анықтауға болады. Бергі шегіндегі өтпелі жоғалтулар келесі формуламен есептеледі:

$$A_0 = 20 \lg \left| \frac{4\alpha}{N^2 m(1 - e^{-2\alpha L})} \right|, \quad (3.7)$$

Бөгеуілден қорғау келесі формуламен есептеледі:

$$A_3 = 20 \lg \left| \frac{2}{N^2 mL} \right|, \quad (3.8)$$

Арғы шегіндігі өтпелі өшулік келесі формуламен есептеледі:

$$A_1 = A_3 + \alpha L, \quad (3.9)$$

мұндағы α – оптикалық талшықтың өшу коэффициенті [дБ/км];
 L – оптикалық кәбелдің күшейту аймағының ұзындығы (км);
 m – талшықтар арасындағы байланыс коэффициенті ($m=0,6-0,7$); N – талшық қабығы арқылы өріс өтуінің коэффициенті.

$$N = (g_{12}g_{23} \cdot e^{kt}) / (1 - P_{12}P_{23} \cdot e^{-2kt}), \quad (3.10)$$

мұндағы, k – қабықшадығы жоғалу коэффициенті келесі формуламен анықталады:

$$k = \omega \sqrt{\mu_2 \epsilon_2}, \quad (3.11)$$

мұндағы t – қабықша қалыңдығы; ($1 \div 3$ мкм);
 g_{12} және g_{23} – өзекше шегіндегі (n_1), қабықшадығы (n_2), ауадағы (n_3) сыну коэффициенттері;

$$g_{12} = 2 \frac{n_2}{n_1 + n_2}, \quad (3.12)$$

$$g_{23} = 2 \frac{n_2}{n_2 + n_3}, \quad (3.13)$$

Оптикалық талшық параметрлері кезінде:

$t = 2$, мкм;

$\alpha = 2.52$, дБ/км;

$$L = 10, \text{ км};$$

$$f = 1.935^{14} \text{ Гц}$$

Ауадағы және қабықша шегіндегі сыну коэффициенттерін (2.20) және

(2.21) формулаларымен есептейміз:

$$g_{11} = 2 * \frac{1.4623}{1.4623+1} = 1,19.$$

$$g_{12} = 2 * \frac{1.4681}{1.4681+1.4623} = 1,002.$$

Өзекше – қабықша және қабықша – ауа шегіндегі сыну ықтималдығын келесі формуламен есептейміз:

$$P_{12} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}, \quad (3.14)$$

$$P_{23} = \frac{n_2 - n_3}{n_2 + n_3}, \quad (3.15)$$

Және мәндерін есептейміз:

$$P_{12} = \frac{1.4681 - 1.4623}{1.4681 + 1.4623} = 0,002.$$

$$P_{23} = \frac{1.4623 - 1}{1.4623 + 1} = 0,19.$$

Қабықшадығы жоғалу коэффициентін келесі формуламен табамыз:

$$k = \frac{2}{3} * \pi * 1.195 * 10^{14} * 1.195 * 10^{-8} = 4.901 * 10^6$$

$$\varepsilon_0 = \frac{10 \cdot 10^9}{36} \pi,$$

$$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7} \text{ Гн/м},$$

$$\varepsilon = n^2,$$

$$\varepsilon = 1.38$$

Талшық қабықшасы арқылы аумақтың өту коэффициентін келесі формуламен есептейміз:

$$N = \frac{1,002 \cdot 1,19 \cdot e^{-2 \cdot 1,168 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}}{1 - 0,002 \cdot 0,19 \cdot e^{-2 \cdot 1,168 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 6,59 \cdot 10^{-5}.$$

Бергі шеттегі өтпелі жоғалтулар келесі формуламен есептеледі:

$$A_0 = 20 \lg \left| \frac{4 \cdot 2,52}{(4,52 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 0,6 \cdot (1 - e^{-2 \cdot 2,52 \cdot 10^6})} \right|, \text{ дБ/км}$$

Бөгеуілден қорғау келесі формуламен есептеледі:

$$A_3 = 20 \lg \left| \frac{2}{(4,22 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 0,6 \cdot (1 - e^{-2 \cdot 2,52 \cdot 10^6})} \right| = 157,027, \text{ дБ/км}$$

Арғы шектегі өтпелі өшу келесі формуламен есептеледі:

$$A_1 = 137,702 + 2,52 \times 10 = 389,702, \text{ дБ/км}$$

N талшықтың қабықшасы арқылы энергияның сарқылу үлесін сипаттайды, егер ол $10^5, 10^6$ аз болса, онда тәжірбиеде қолданылатын талшықтар мен өлшемдерінің $L - A_0 > 120$ дБ; $A_3 > 90$ дБ; $A_1 > 100, 120$ өзара әсерлерін есептемеуге болады.

3.2 Гибритті радиооптикалық жіберу жүйесінің сипаттамасын есептеу

Жүйеде орташа күту уақыты және тапсырыстардың орташа түсу уақыты (деректер дестесі) секілді сапалы бағалау сипаттамасы маңызды. Ескіртеулер жүргізу кезінде келесі параметр модельдері түрленеді: оптикалық арнаның өткізу қабілеті (Ψ_1), радиоарна қорларының өткізу қабілеті (Ψ_2), кіріс ағынының қарқындылығы (\uparrow), қорда тұрған негізгі арнаға қосылу уақыты және керісінше (сәйкес Q_2 және Q_1).

Модельдің параметрі, ауа райының өзгерісін анықтаушы (басқаша айтқанда, әрбір каналдың жұмыс уақыты үшін функцияны бөлуін анықтау), мынандай тұрақты мәндер санын қабылдайды.

Бұл мәліметтер FSO – RF жабдықтарының гибритті нақты жағдайдағы алты айлық сынақтың нәтижесінде алынды (сынақты «Мостком» компаниясы жүргізді), және өткізіліп жатқан сынақ жерінде, жергілікті ауа райының өзгеру жағдайы модельін жақынырақ суреттейді. Таға айта кетерлігі, осындай коэффициентпен гиперэкспоненциалдық бөлгіштер келесі орташа мәнге ие:

$$t_{\text{fso}} = \frac{P_1}{\gamma_1^{(1)}} + \frac{1 - P_1}{\gamma_1^{(2)}} = 93928\text{с} = 26 \text{ сағ.}$$

– бірінші тәртіп кезіндегі демалыссыз жұмыс жүйесінің орташа уақыты (оптикалық арнаға қол жетімді кезде);

$$t_{\text{fso}} = \frac{P_2}{\gamma_2^{(1)}} + \frac{1 - P_2}{\gamma_2^{(2)}} = 1403\text{с}$$

– Екінші тәртіп кезіндегі демалыссыз жұмыс жүйесінің орташа уақыты (оптикалық арнаға қол жетімсіз және мәліметтерді жіберу қордағы радиоарнамен жіберілген кезде).

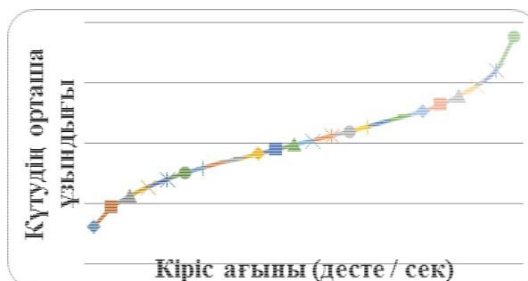
Ары қарай кестелер мен графиктерге сәйкес, әртүрлі модель параметрлеріне зерттеулер жүйесі өнімділігінің сипаттамасын есептеу.

Кесте 3.3 – Кіріс ағынының қарқындылығынан кезектің орташа ұзындығы және орташа күту уақытына тәуелділігі. (А)

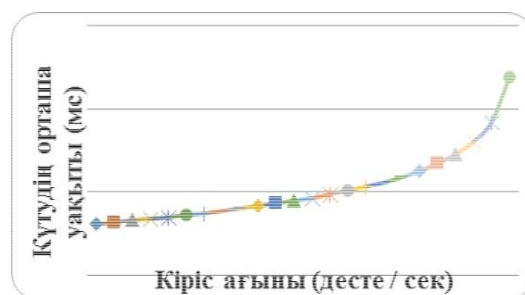
★ , пак/с	L, пак	W, мс	Уақыт есеп.,с	λ, пак/с	L, пак	W, мс	Уақыт есеп.,с
100	0,042	0,418	0	1300	1,113	0,856	11
200	0,087	0,437	0	1400	1,314	0,938	13
300	0,137	0,457	0	1500	1,557	1,038	14
400	0,192	0,479	1	1600	1,858	1,161	16
500	0,252	0,504	2	1700	2,241	1,318	19
600	0,319	0,531	3	1800	2,742	1,524	22
700	0,393	0,562	3	1900	3,430	1,805	23
800	0,477	0,596	5	2000	4,430	2,215	26
900	0,571	0,634	6	2100	6,019	2,866	29
1000	0,678	0,678	7	2200	8,931	4,059	33
1100	0,802	0,729	9	2300	16,002	6,958	40
1200	0,945	0,787	10	2400	58,430	24,346	72

Оптикалық арнаның өткізу қарқыны 125 Мбит/с тең деп аламыз, ал радиоарнаның өткізу қабілеті – 20 Мбит/с (мұндай сипаттамамен «Мостком» өндіріс компаниясының ARTOLINK M1 FE-R гибридті жүйесіне тән).

Кіріс ағынының қарқындылығы (λ) секундтағы дестелері 100 – ден 2400 – ге дейін түрленеді. Тиісті есептеулер төменде келтірілген (3.3 кесте сондай – ақ ПК уақыт есептеп шығарылуы көрсетілген).



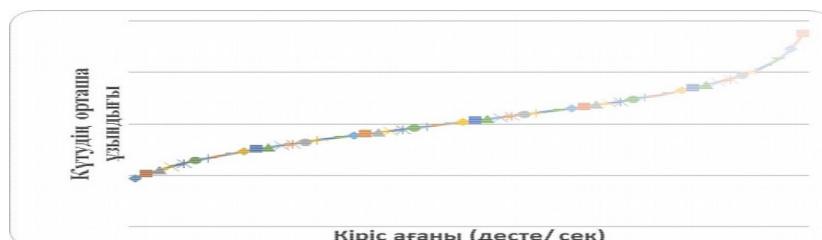
Сурет 3.1– Күтудің орташа ұзындығының графигі (логарифмдік шкала)



Сурет 3.2 – Күтудің орташа уақыты графигі (логарифмдік шкала)

Оптикалық арнаның өткізу қабілеті 1 Гбит/с тең деп аламыз, радиоарна 100 Мбит/с (осындайды өткізуге қабілеті радиоарна іске асыру мүмкін, мысалыға, Wi – Fi жабдығының IEEE 802.11n стандартында). Осыған сәйкес,

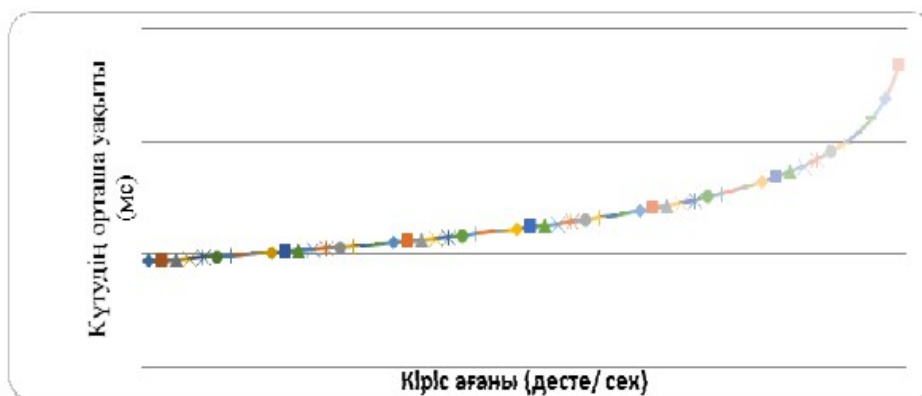
λ 1000 – нан 12000 пак/с дейін өзгереді. Тиісті есептеулер төменде келтірілген (3.6 кестеде сондай – ақ, ПК уақыт есептеп шығарылуы көрсетілген).



Сурет 3.3 – Кезек күту уақыты

Кесте 3.4 – Кіріс ағынының қарқындылығынан кезектің орташа ұзындығы және орташа күту уақытына тәуелділігі (В)

λ , пак/с	L, пак	W, мс	Уақыт есеп.,с	λ , пак/с	L, пак	W, мс	Уақыт есеп.,с
1000	0,088	0,088	6	6600	1,158	0,175	162
1200	0,107	0,089	8	6800	1,237	0,182	172
1400	0,128	0,091	10	7000	1,323	0,189	179
1600	0,149	0,093	13	7200	1,415	0,196	189
1800	0,170	0,095	16	7400	1,514	0,205	199
2000	0,193	0,096	19	7600	1,623	0,214	209
2200	0,217	0,098	22	7800	1,741	0,223	221
2400	0,241	0,100	26	8000	1,870	0,234	230
2600	0,267	0,103	30	8200	2,013	0,245	241
2800	0,293	0,105	34	8400	2,170	0,258	253
3000	0,321	0,107	38	8600	2,345	0,273	268
3200	0,350	0,109	43	8800	2,540	0,289	277
3400	0,380	0,112	48	9000	2,759	0,307	289
3600	0,412	0,114	55	9200	3,008	0,327	302
3800	0,445	0,117	58	9400	3,292	0,350	315
4000	0,480	0,120	64	9600	3,620	0,377	329
4200	0,516	0,123	70	9800	4,003	0,408	345
4400	0,555	0,126	76	10000	4,454	0,445	360
4600	0,595	0,129	85	10200	4,996	0,490	412
4800	0,638	0,133	91	10400	5,657	0,544	386
4800	0,638	0,133	91	10400	5,657	0,544	386
5000	0,683	0,137	97	10600	6,483	0,612	405
5200	0,730	0,140	104	10800	7,544	0,699	420
5400	0,781	0,145	111	11000	8,957	0,814	437
5600	0,834	0,149	119	11200	10,930	0,976	456
5800	0,891	0,154	127	11400	13,882	1,218	478
6000	0,951	0,159	136	11600	18,779	1,619	504
6200	1,016	0,164	145	11800	28,488	2,414	614
6400	1,084	0,169	153	12000	56,959	4,747	614



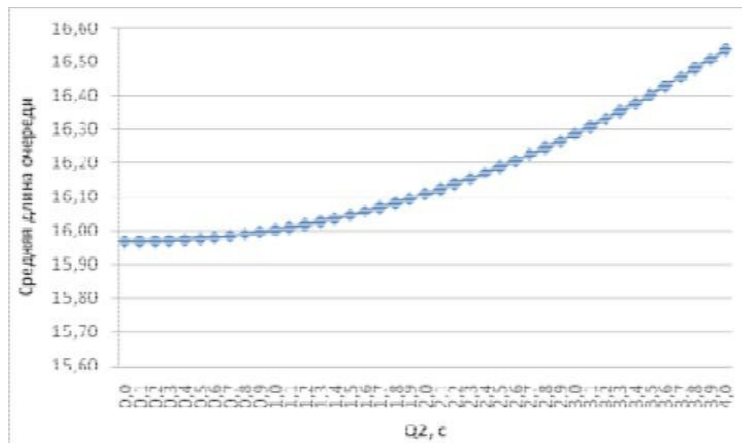
3.4 сурет – Күтудің орташа уақыты (логарифмдік шкала)

Кіріс ағынының қарқындылығынан кезектің орташа ұзындығы және орташа күту уақытына тәуелділігі. Оптикалық арнаның өткізу қарқыны.

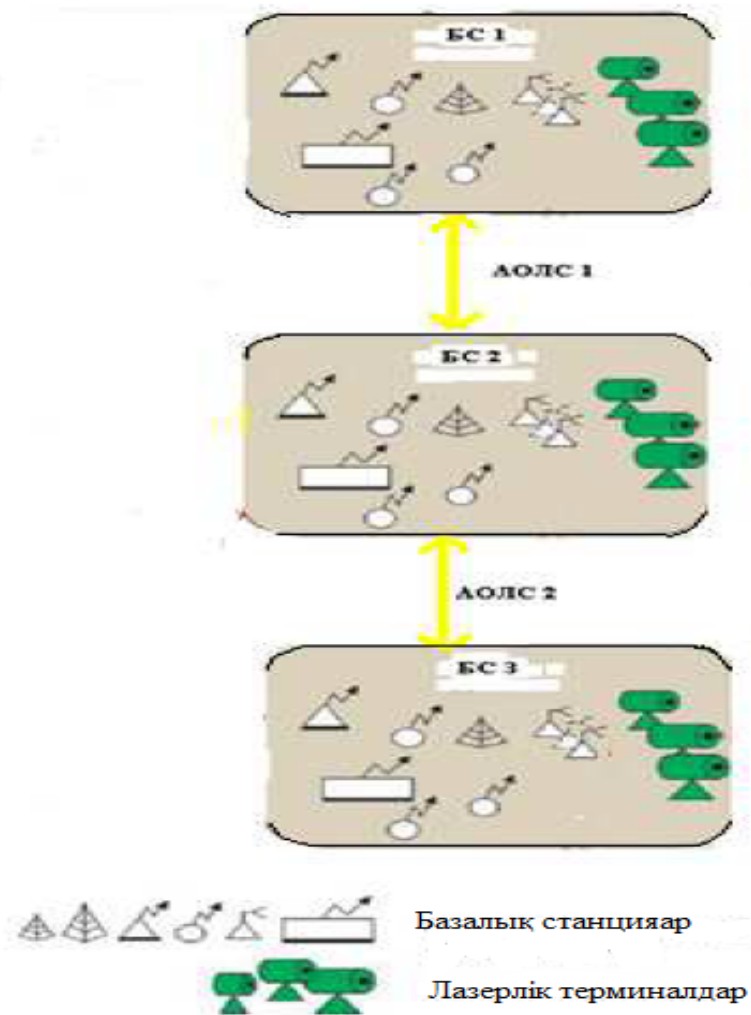
Кесте 3.5 – Радиоарнаның өткізу қабілеті кезектің орташа ұзындығына тәелді

λ_2 , пак/с	L, пак	λ_2 , пак/с	L, пак
2500	23,372	7500	0,461
2750	6,680	7750	0,440
3000	3,898	8000	0,420
3250	2,752	8250	0,402
3500	2,127	8500	0,386
3750	1,734	8750	0,371
4000	1,463	9000	0,357
4250	1,266	9250	0,344
4500	1,116	9500	0,332
4750	0,997	9750	0,321
5000	0,902	10000	0,310
5250	0,823	10250	0,300
5500	0,757	10500	0,291
5750	0,700	10750	0,283
6000	0,652	11000	0,274
6250	0,610	11250	0,267
6500	0,573	11500	0,260
6750	0,540	11750	0,253
7000	0,511	12000	0,246
7250	0,485	12500	0,242

Тиісті есептеулер төменде келтірілген (3.8 кестеде сондай – ақ, есептеулердің орындалу уақыты компьютерде көрсетілген).



Сурет 3.5 – Кезектің орташа ұзындығы



Сурет 3.6 – Гибритті байланыс жүйесін берудің ұйымдастыру сұлбасы

Оптикалық арнаның радиоарнаға ауыстыру уақыты күтудің орташа ұзындығына байланысты. Өткізу қабілеті 125 Мбит/с тең, оптикалық арнаны аламыз, радиоарнаның өткізу қабілеті – 20 Мбит/с, кіру ағынының қарқыны – $\lambda=2300$ пакет/с. Оптикалықтан радиоарнаға ауыстыру уақыты 0 ден 6,5 секундқа дейінгі аралықта болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобамды қорытындылай келсек менің жобалауымның мақсаты – Алматы – Қаскелең арасында заманауи талшықты-оптикалық байланыс жүйесін қарастырдық.

Гибритті жүйенің есептеу көрсеткіштері арқылы тарауда базалық станцияға керекті байланыс саны анықталды, дайын берілген коэффициент бойынша оптикалық жіберу сызығы инженерлік жағынан қарастырылды. Алматы – Қаскелең аймағына жасалынды. Жобалау нәтижесі жергілікті байланыс операторларына оптикалық ауа қабатында байланыс аппаратын жергілікті кең жолақты ортантуға Жұмыс қорытындысы ауа қабаты арнасы коэффициентінің дайындығын талап ете отыра жергілікті кеңжолақты қатынау желісінде ауа қабатындағы оптикалық байланыс аппаратурасын орнатқан кезде жергілікті желі операторларына пайдалы бола алады. Келтірілген оптикалық арнаның арақашықтығын анықтау әдістемесі әмбебап сипаттама болып табылады және де біздің және көрші елдердегі географиялық аумақтарда қолданыла алады.

Өткізу қабілеті 125 Мбит/с тең, оптикалық арнаны аламыз, радиоарнаның өткізу қабілеті – 20 Мбит/с, кіру ағынының қарқыны – $\lambda=2300$ пакет/с. Оптикалықтан радиоарнаға ауыстыру уақыты 0 ден 6,5 секундқа дейінгі аралықта болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ағатаева Б.Б. Оптикалық байланыс жүйесі.-А., 2007.:
- 2 Астайкин А.И. Основы оптоэлектроники.-М., 2007.
- 3 Барский А.Г. Оптико-электронные следящие системы.-М., 2009.
- 4 Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и новые перспективы/под ред. С.А.Дмитриева.-М.: «Техносфера», 2010.
- 5 Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников/под ред. Э.Удда.-М.: «Техносфера», 2008.
- 6 Гордиенко В.Н. Многоканальные телекоммуникационные системы.-М. «Горячая линия-Телеком», 2005, 2007.
- 7 Горлов Н.И. Волоконно-оптические линии передачи. Методы и средства измерений параметров.-М.: «Радиотехника», 2009
- 8 Дубнищев Ю.Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах.-СПб.: «Лань», 2011
- 9 Захаров Н.П. Оптико-электронные узлы электронно-вычислительных средств, измерительных приборов и устройств автоматики.-М., 2009
- 10 Никульский И. Оптические интерфейсы цифровых коммутационных станций и сети доступа.-М., 2006
- 11 Оптико-волоконная мутнометрия технических сред и масел/под ред.Е.И.Марукович.-Мн.: «Беларуская навука», 2011
- 12 <http://www.iec.org>
- 13 <http://www.lucent.ru/2000-06/technology.htm>
- 14 <http://www.lan.tt.ru:8101/technology/dwdm/basics/index.htm>

Дипломдық жұмысқа

РЕЦЕНЗИЯ

Нәсенов Алдияр

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы: «Алматы-Қаскелең арасында оптикалық технологиялар негізінде аймақтық желі жобалау».

Орындалды:

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

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында Алматы-Қаскелең арасында аймақтық байланыс желісін ұйымдастыру мәселелері қарастырылады. Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен оптикалық кабель таңдалды және талдау жасалады. Тығыздаудың негізгі қасиеттері қысқалға баяндалған.

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

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

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

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Нәсенов Алдияр 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.



Қол қойған: Б.С. Байкенов

техн. ғыл. канд.
АУЭСТКС каф. меңгерушісі
2019 ж.

Ф.Қаз. 138-704-24. Рецензия

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ШІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Нәсенов Алдияр

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Алматы-Қаскелең арасында оптикалық технологиялар
негізінде аймақтық желі жобалау».

Берілген бітіру жұмысында Алматы-Қаскелең аралығында байланыс желісін DWDM технологиясы негізінде ұйымдастыру мәселелері қарастырылады. Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен оптикалық кабель таңдалды және талдау жасалады. Тығыздаудың негізгі қасиеттері қысқаша баяндалған.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды. Алматы-Қаскелең байланыс жолдарының қазіргі жағдайы қанағаттанарлықсыз. Сондықтан оптикалық байланыс жолын тарту тиімді болып саналады. Жұмыста тығыздау тәсілдері мен оларды орындау құрылғылары талданған. Оптикалық байланыс жолдарын, регенерациялау ұзындығы есептелген.

Дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Нәсенов Алдияр 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесі бойынша қорғауға жіберілді.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф.лекторы, экон.ғыл.канд.

Құттыбаева А.Е.
(қолы)

«24» 04 2019 ж.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Нәсенов Алдияр

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Алматы-Қаскелең арасында оптикалық технологиялар
негізінде аймақтық желі жобалау».


Берілген бітіру жұмысында Алматы-Қаскелең аралығында байланыс желісін DWDM технологиясы негізінде ұйымдастыру мәселелері қарастырылады. Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен оптикалық кабель таңдалды және талдау жасалады. Тығыздаудың негізгі қасиеттері қысқаша баяндалған.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды. Алматы-Қаскелең байланыс жолдарының қазіргі жағдайы қанағаттанарлықсыз. Сондықтан оптикалық байланыс жолын тарту тиімді болып саналады. Жұмыста тығыздау тәсілдері мен оларды орындау құрылғылары талданған. Оптикалық байланыс жолдарын, регенерациялау ұзындығы есептелген.

Студент Нәсенов Алдияр 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесі бойынша алдын-ала қорғауға жіберілді.

Ғылыми жетекші

ЭТжҒТ каф.лекторы, экон.ғыл.канд.

 Құттыбаева А.Е.
(қолы)

«24» 04 2019 ж.