ЖОБА

КӨЛІКТІЛІК ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРІ

Жоба мазмұны

1. PON желісінің негізгі түсініктері 3

. . . . 1.1. PON қалай жұмыс істейді 3

. . . . 1.2. PON желісінің архитектурасы . . . . . 4 .
. . . 1.3. Оптикалық қол жеткізу желілерінің негізгі топологиялары . . . . . 5 .
. . . . . 1.3.1. «Нүктеден нүктеге (P2P)» . . . . . 5 .
. . . . . 1.3.2 «Сақина» . . . . . 6 .
. . . . . 1.3.3. «Белсенді түйіндері бар ағаш» . . . . . 7 .
. . . . . 1.3.4 «PON пассивті оптикалық бөлу ағашы (P2MP)» 8
2. Тапсырма мазмұны 9
3. Мысал (нұсқа бойынша есептелген). 12
. . . . 3.1 Жабдықты таңдау, OLT санын, оптикалық порттар санын және талшықтар санын есептеу. 12
. . . . 3.2. Желінің өткізу қабілеттілігін есептеу 15
. . . . 3.3 Оптикалық бюджетті есептеу. 17
Тапсырма 3. 23

Аббревиатуралар. 30

Әдебиеттер тізімі. 31

1. PON желісінің негізгі түсініктері

1.1. PON қалай жұмыс істейді

PON архитектурасының негізгі идеясы көптеген ONT абоненттік құрылғыларына ақпаратты жіберу және олардан ақпаратты алу үшін бір OLT қабылдағыш модулін пайдалану болып табылады. Бір OLT қабылдағыш модуліне қосылған абоненттік түйіндердің саны қуат бюджеті және трансивер жабдығының максималды жылдамдығы мүмкіндік беретіндей үлкен болуы мүмкін. Ақпарат ағынын OLT-ден ONT-ге беру үшін – тура (төмен қарай) – 1490 нм толқын ұзындығы қолданылады. Керісінше, 1310 нм толқын ұзындығында бірге кері (жоғары) ағынды құрайтын әртүрлі абоненттік түйіндерден орталық түйінге мәліметтер ағындары беріледі. Тура және кері ағындарды беру үшін бір оптикалық талшық пайдаланылады, оның өткізу қабілеттілігі абоненттер арасында динамикалық түрде бөлінеді. OLT және ONT кіріс және шығыс ағындарды бөлетін кірістірілген WDM мультиплексорларына ие.

Тікелей ағын.

Тікелей ағын оптикалық сигналдар деңгейінде кеңжолақты таратылады. Әрбір ONT мекенжай өрістерін оқи отырып, осы жалпы ағыннан тек оған арналған ақпарат бөлігін таңдайды. Шын мәнінде, біз бөлінген демультиплексормен айналысамыз.

Кері ағын.

Барлық ONT абоненттік түйіндері бірнеше қол жеткізу тұжырымдамасын қолдана отырып, бірдей толқын ұзындығында жоғары ағында таратады. Әртүрлі ONT-дан сигналдардың қиылысу мүмкіндігін болдырмау үшін олардың әрқайсысына жеке уақыт аралығы бөлінеді немесе осы ONT-ны OLT-тен алып тастаумен байланысты кешігуді түзетуді ескере отырып, жеке деректерді беру кестесі белгіленеді. Бұл мәселе BPON стандарты үшін TDMA MAC протоколымен, EPON үшін MPCP протоколымен шешіледі.

1.2. PON желісінің архитектурасы

Интернеттің дамуы, оның ішінде жаңа байланыс қызметтерінің пайда болуы желі арқылы берілетін деректер ағынының өсуіне ықпал етеді және операторларды көлік желілерінің өткізу қабілетін арттыру жолдарын іздеуге мәжбүр етеді.

Шешімді таңдаған кезде мыналарды ескеріңіз:

- абоненттердің әртүрлі қажеттіліктері;
- желінің даму әлеуеті;
- үнемділігі.

Қазіргі уақытта қол жеткізу желілерінің құрылысы негізінен төрт бағытта жүргізілуде:

Қолданыстағы мыс телефон жұптары мен xDSL технологиясына негізделген желілер:

- гибридті талшық
- коаксиалды желілер (HFC);
- сымсыз желілер;
- талшықты-оптикалық желілер.

1.3. Оптикалық қол жеткізу желілерінің негізгі топологиялары

Оптикалық қатынау желілерін құрудың төрт негізгі топологиясы бар: «нүктеден нүктеге», «сақина», «белсенді түйіндері бар ағаш», «пассивті түйіндері бар ағаш».

1.3.1. «Нүктеден нүктеге (P2P)»

P2P топологиясы (1.1-сурет) пайдаланылатын желілік технологияға шектеулер қоймайды. P2P кез келген желілік стандарт үшін де, стандартты емес (приетарлық) шешімдер үшін де, мысалы, оптикалық модемдер үшін де жүзеге асырылуы мүмкін. Жіберілетін ақпаратты қорғау және қауіпсіздік тұрғысынан P2P қосылымы абоненттік түйіндердің максималды қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. ОС абонентке жеке төселуі керек болғандықтан, бұл тәсіл ең қымбат болып табылады және негізінен ірі абоненттер үшін тартымды.

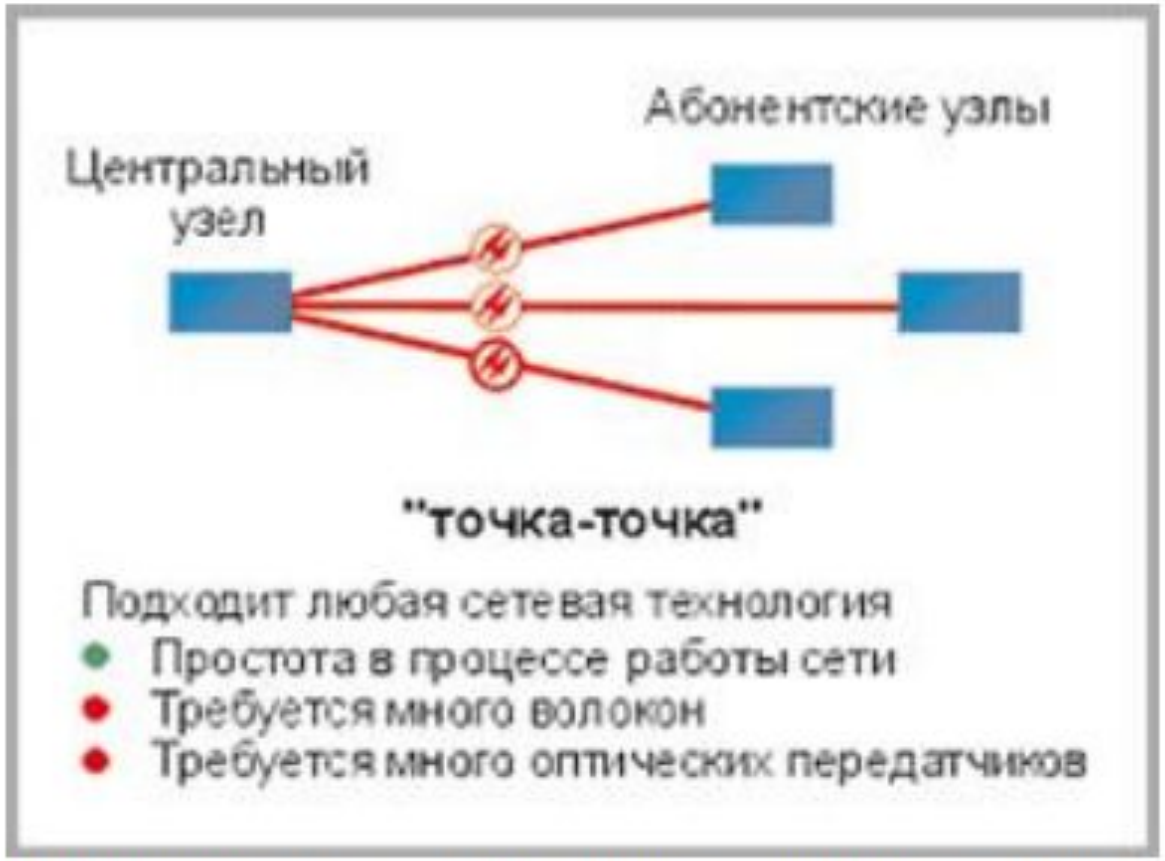


Рисунок 1.1 – Топология «точка-точка»

1.3.2 «Сақина».

SDH негізіндегі сақина топологиясы (1.2-сурет) қалалық телекоммуникация желілерінде өзін дәлелдеді. Дегенмен, кіру желілерінде бәрі жақсы емес. Қалалық тас жолды салу кезінде түйіндердің орналасуы жобалау сатысында жоспарланған болса, онда кіру желілерінде қайда, қашан және қанша абоненттік түйіндер орнатылатынын алдын ала білу мүмкін емес. Пайдаланушылардың кездейсоқ аумақтық және уақытша қосылуы жағдайында сақина топологиясы көптеген тармақтары бар күшті үзілген сақинаға айналуы мүмкін, жаңа абоненттерді қосу сақинаны бұзу және қосымша сегменттерді енгізу арқылы жүзеге асырылады. Іс жүзінде мұндай ілмектер жиі бір кабельге біріктіріледі, бұл сынық сызыққа ұқсайтын сақиналардың пайда болуына әкеледі - желінің сенімділігін айтарлықтай төмендететін «қысылған» сақиналар (құлаған сақиналар). Шын мәнінде, сақина топологиясының негізгі артықшылығы барынша азайтылған.

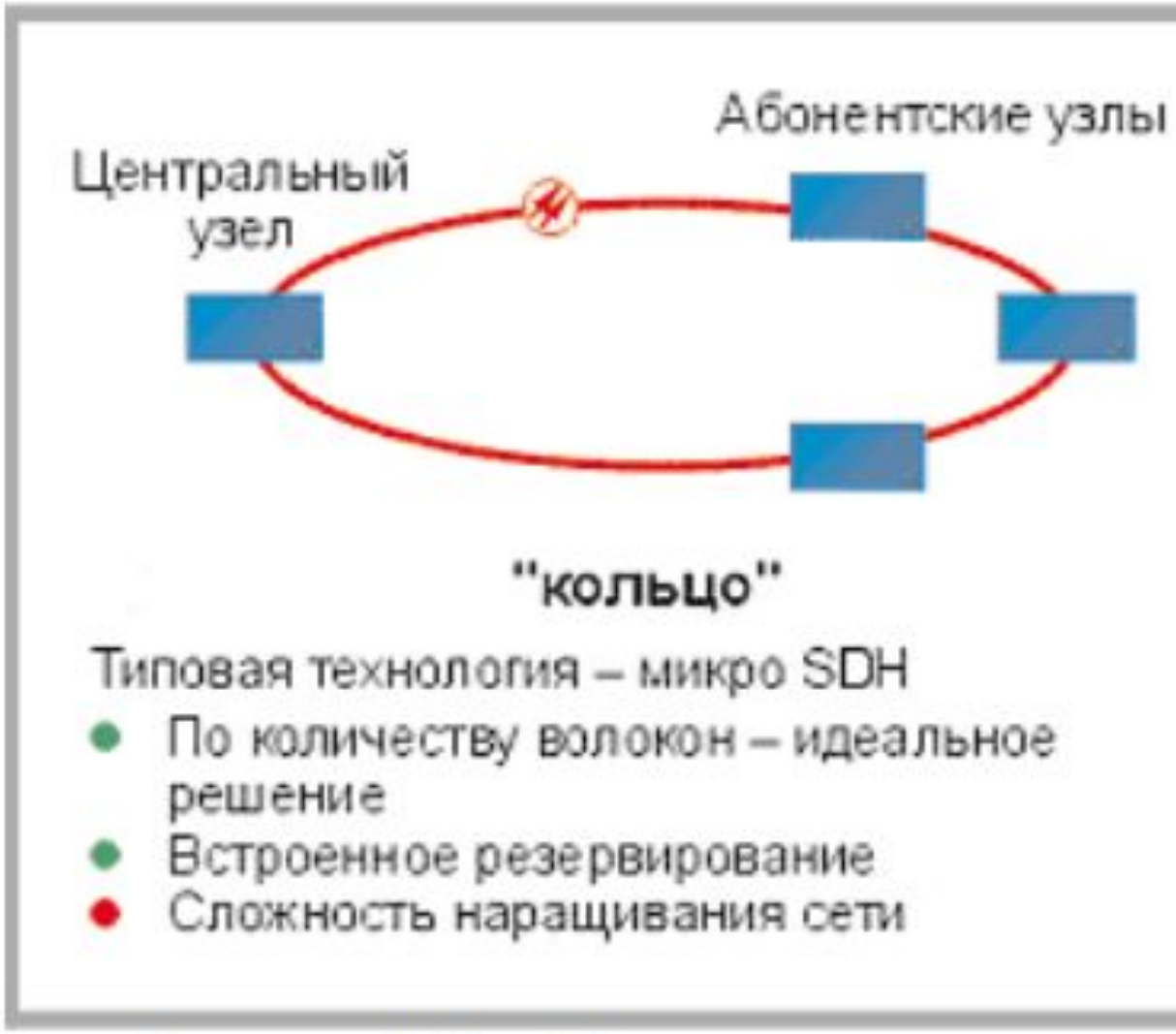


Рисунок 1.2 – Топология «кольцо»

1.3.3. «Белсенді түйіндері бар ағаш»

Белсенді түйін ағашы (1.3-сурет) талшықты тиімді шешім болып табылады. Бұл шешім орталық түйіннен абоненттерге 1000/100/10 Мбит/с (1000Base-LX, 100Base-FX, 10Base-FL) жылдамдық иерархиясы бар Ethernet стандартының шеңберіне жақсы сәйкес келеді. Дегенмен, әрбір ағаш түйінінде белсенді құрылғы болуы керек (IP желілері үшін, коммутатор немесе маршрутизатор). Осы топологияны пайдаланатын оптикалық Ethernet қатынау желілері салыстырмалы түрде арзан. Негізгі кемшілік - жеке қуат көзін қажет ететін аралық түйіндерде белсенді құрылғылардың болуы.

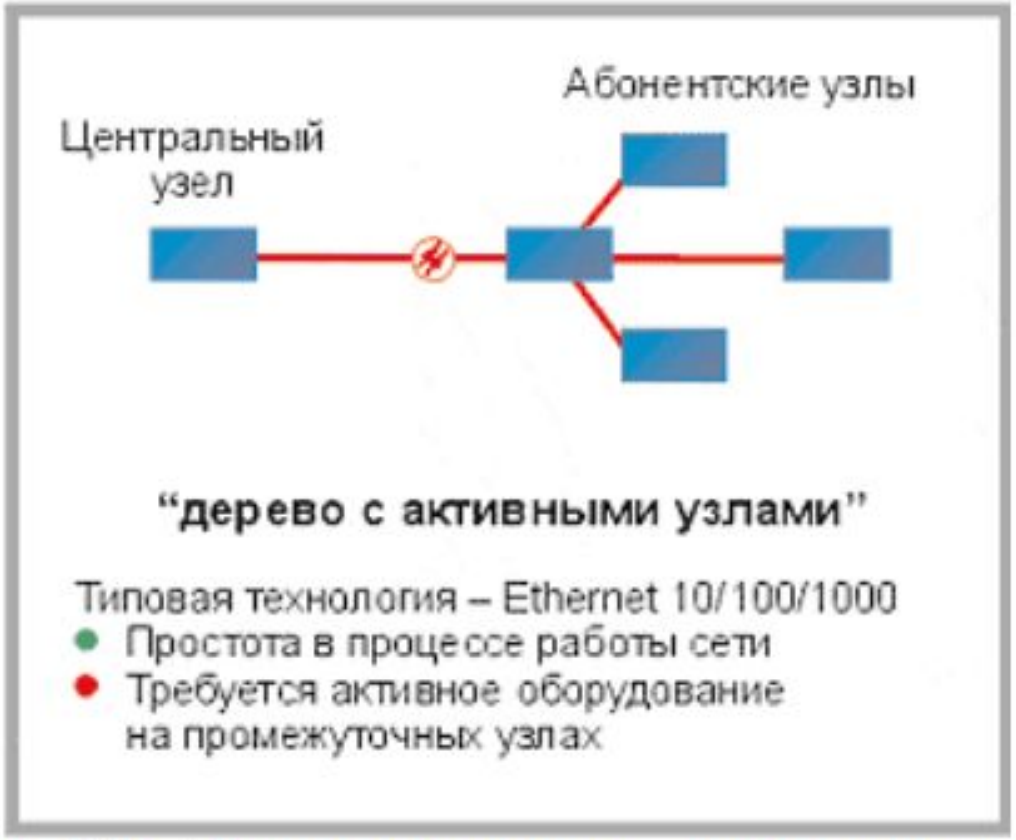


Рисунок 1.3 – Топология «дерево с активными узлами»

1.3.4 «PON пассивті оптикалық бөлу ағашы (P2MP)»

PON архитектурасына негізделген шешімдер (1.4-сурет) PON технологиясының негізі болып табылатын, ондаған абоненттерді қамтитын ағаш архитектурасының тұтас талшықты-оптикалық сегменті болып табылатын P2MP (нүктеден көп нүктеге) логикалық топологиясын пайдаланады. Бұл ретте ағаштың аралық түйіндерінде қуат пен техникалық қызмет көрсетуді қажет етпейтін ықшам, толығымен пассивті оптикалық бөлгіштер орнатылады.

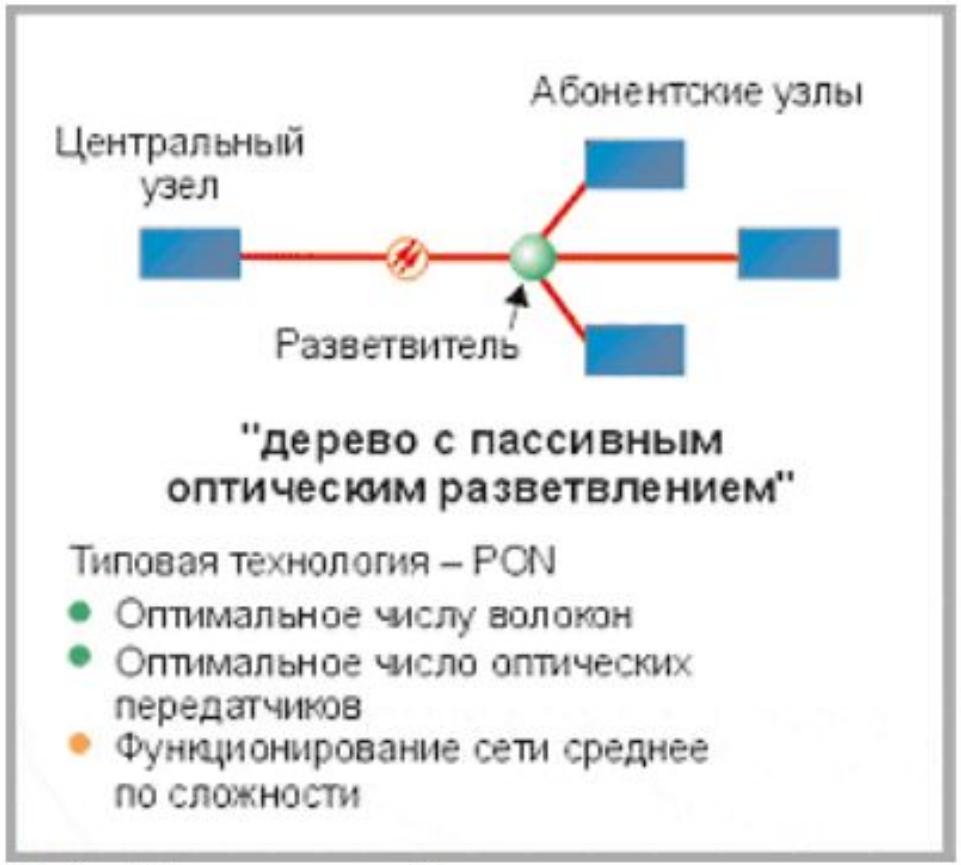


Рисунок 1.4 – Топология «Дерево с пассивным оптическим разветвлением»

2. Тапсырма мазмұны

Тапсырма 1. PON технологиясын ашыңыз. Желінің диаграммасын құру, сипаттау

желідегі барлық элементтер.

Тапсырма 2. Қалалық аймақтар үшін абоненттер тығыз орналасқан PON желісін жобалау. Жобалауға жер телімдері шартты түрде алынды

Алматы қаласы, А қосымшасында ұсынылған. OLT орналасқан

екі жолдың қиылысы: Құрманғазы мен Мұратбев көшесі.

Тапсырма 3. Абоненттердің тығыздығы төмен жеке учаскелеріне арналған PON желісін жобалау. Жобалау үшін учаскелер шартты түрде алынды.

Участке карталары В қосымшасында берілген.

Жобаланатын учаскі студенттің фамилиясының бірінші әрпіне сәйкес 2.1 кестеден таңдалады. Жоспарланған учаскелердің карталары А қосымшасында келтірілген.

Оқушы баға кітапшасының соңғы санына сәйкес картада тек жекелеген тоқсандарды жобалайды (2.2 кесте).

Тұрғын үйлердегі әлеуетті абоненттер саны 2.3-кестеде келтірілген.

Т а б л и ц а 2.1

Первая буква фамилии	Номер участка
А – Е	1
Ж – М	2
Н – Т	3
У – Ч	4
Ш – Я	5

Аманжолов

Т а б л и ц а 2.2

Последняя цифра зачетной книжки	Номер кварталов
0	1-2-3-4
1	5-6-7-8
2	1-2-4-7
3	3-5-7-8
4	1-3-6-8
5	2-4-5-7
6	2-4-6-8
7	1-3-5-7
8	1-4-5-8
9	1-3-4-8

Т а б л и ц а 2.3 - Количество абонентов в жилых домах

№ дома	Количество этажей	Количество подъездов	Количество квартир
40-50	4	4	48
51-60	5	2	30
61-70	6	3	72
71-80	5	2	40
81-90	4	4	64
91-100	3	3	36
101-110	8	2	64
111-120	8	2	64
121-130	9	2	54
131-140	4	3	48
141-150	5	2	40
151-160	6	4	72
161-170	6	4	72
171-180	4	4	64
181-190	5	2	40
191-200	4	3	48

Приложение А

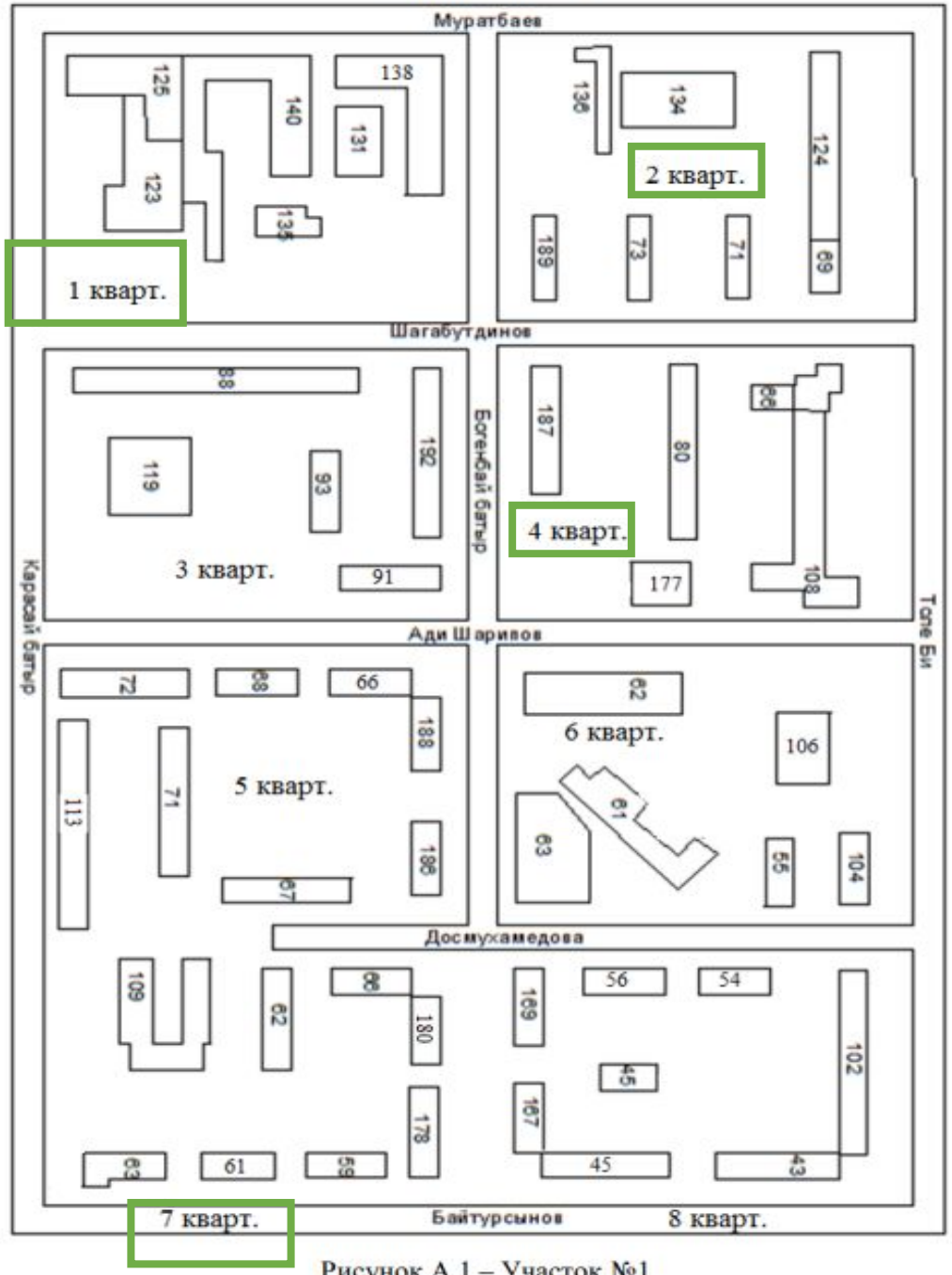


Рисунок А.1 – Участок №1

3. Мысал (нұсқа бойынша есептелген).

Қалалық аймақтар үшін PON желісін жобалау

3.1 Жабдықты таңдау, OLT санын, оптикалық порттар санын және талшықтар санын есептеу

а) жабдықтың көлемін есептеу формула (3.1) бойынша жүргізіледі:

$$N_{OLT} = \frac{N_{АБ}}{m \times N_П} = \frac{1362}{32*8} = [5,32] = 7$$

мұндағы m – бір OLT оптикалық порты қолдайтын абоненттер саны;

$N_{АБ}$ – әлеуетті абоненттер саны;

Nп - OLT оптикалық порттарының саны.

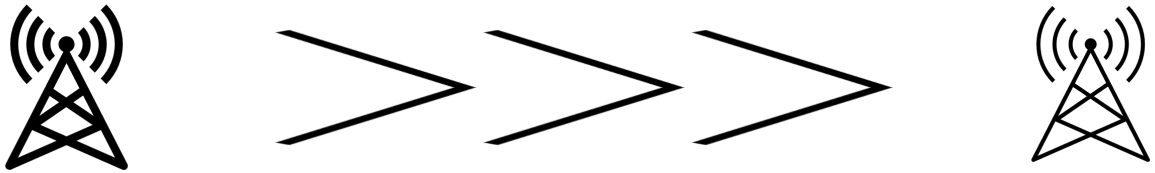


Рисунок 3.1 - ZyXEL OLT-1308 H

Біздің жағдайда біз NP = 8 оптикалық порттары бар OLT алдық, олардың әрқайсысы m = 32 ZyXEL OLT-1308 H абоненттерін қолдайды.Кіру түйінінде белсенді OLT жабдығы орнатылған.

Характеристики:

- 8 GEPON-интерфейсов (разъем SC-типа), с поддержкой до 32 ONUs на каждом порту;
- длина волны: 1.31 um для канала upstream & 1.49 um для канала downstream ;
- 8 портов 1000Base – T;
- 1 порт 10/100Base-T для управления;
- 1 порт DB9 RS-232 для подключения по консоли.

Бюджет оптической мощности:

- для ONU на 10km - не менее 29dB ;
- для ONU на 20km - не менее 30.5dB.

Чувствительность приемника PON порта:

- Sensitivity: max. -27dBm;
- Overload level: min.-6dBm.

Пассивное оборудование ONU устанавливается в квартире у абонента. ONU-PSG1182-22– Модем GPON с коммутатором Ethernet и двумя телефонными розетками.

Конструктивные особенности:

- 1 оптический порт SC/UPC GPON ITU-T G.984;
- 4 порта 10/100Base-TX;
- 2 порта FXS для совершения вызовов через VoIP;
- индикаторы состояния портов устройства ;
- установка на столе или на стене.

Оптические характеристики:

- оптический кабель: G.653/G.657, одноволоконный;
- длина волны: 1310 нм (от абонента),1490 нм (к абоненту);
- пропускная способность порта WAN к абоненту, от абонента: 2488 Мбит/с : 1244 Мбит/с;
- максимальное расстояние: 20 км;
- соответствие стандарту: Class B+ ODN с чувствительностью -8 ~ - 28dBm;
- оптическая мощность передатчика: 0.5 дБм ~ 5 дБм.

•

б) оптикалық порттардың саны (3.2) формула бойынша есептеледі.

$$N_{\text{п}} = \frac{N_{\text{АБ}}}{m} = \frac{1362}{32} = [42{,}56] = 43$$

Бұл формула 43 порт береді, бірақ біздің жабдық 8 портқа арналған және олардың әрқайсысы 32 абонентті қолдай алады, біз де резервтерді ескеруіміз керек. Бұл жағдайда біз келесі формуланы қолданамыз (порттар OLT санына байланысты):

$$N_{\text{п}} = N_{OLT} * N_{\Pi} = 7 * 8 = 56$$

Біз Nп=56 порттарын аламыз. OLT жабдығынан абоненттік ғимаратқа тартылған оптикалық кабельдегі оптикалық талшықтардың саны OLT жабдығының оптикалық порттарының санына тең. Демек, ОВ саны 54-ке тең, 2-еуі .

•

3.2. Желінің өткізу қабілеттілігін есептеу

Барлық пайдаланушылар жасаған жүктеме өрнектен анықталады:

$$B_0 = \left(B_{ПД} * k_{ПД} + B_{VoIP} * k_{VoIP} + B_{VoD} * k_{VoD}\right) * N_{АБ};$$
(3.3)

мұнда, $\mathbf{B_{ПД}}$ – деректерді жіберу жылдамдығы, Мбит/с;

$\mathbf{B_{VoIP}}$ – IP-телефониядағы трафик жылдамдығы, Кбит/с;

$\mathbf{B_{VoD}}$ – «Сұраныс бойынша бейне» желідегі ағын жылдамдығы, Мбит/с;

$\mathbf{N_{АБ}}$ **-** тұрғындар саны;

k – абоненттердің жалпы санынан белгілі бір қызметті пайдаланатын абоненттер санын анықтайтын коэффициент. Сонымен, VoIP қызметі үшін пайдаланушылар саны абоненттердің жалпы санының 30%, PD үшін - 60%, VoD үшін - 10% болады.

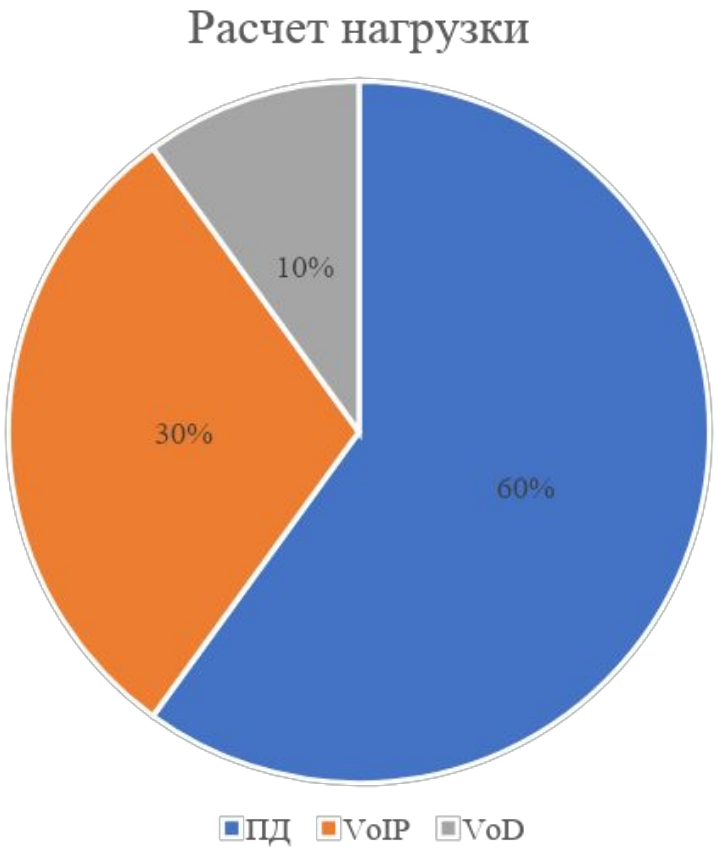


Рисунок 3.2 – Жүктемені бөлу диаграммасы

Жүктемені есептеу:

1) Цифрлық теледидарды жіберу :

$$B_{ПД} = N_{аб} * 0{,}6 * \frac{10Мбит}{c} = 1362 * 0{,}6 * 10 = \frac{1021{,}5Мбайт}{с}$$

2) Дауысты жіберу :

$$B_{VoIP} = N_{аб} * 0{,}30 * \frac{128Кбит}{c} = 1362 * 0{,}30 * \frac{128Кбит}{c} = \frac{6{,}53Мбайт}{c}$$

3) Сұраныс бойынша бейне ағыны :

$$B_{VoD} = N_{АБ} * 0{,}1 * 2\frac{Мбит}{с} = 1362 * 0{,}1 * 2\frac{Мбит}{с}$$=34,05Мбайт/с

Жалпы жүктемені анықтаңыз :

$$B_0 = B_{ПД} + B_{VoIP} + B_{VoD} = 1021{,}5 + 6{,}53 + 34{,}05 = 1062{,}08\frac{Мбайт}{с}$$

Бұл барлық желі абоненттерінен түсетін жүктемелер.

3.3 Оптикалық бюджетті есептеу нұсқа бойынша 1-2-4-7 кварталдар

1 квартал:123,125,131,135,138,140 үй

2 квартал: 69,71,73,124,134,136,189 үй

4 квартал: 66,80,108,177,187 үй

7 квартал: 59,61,62,63,109,178,180 үй

Приложение А

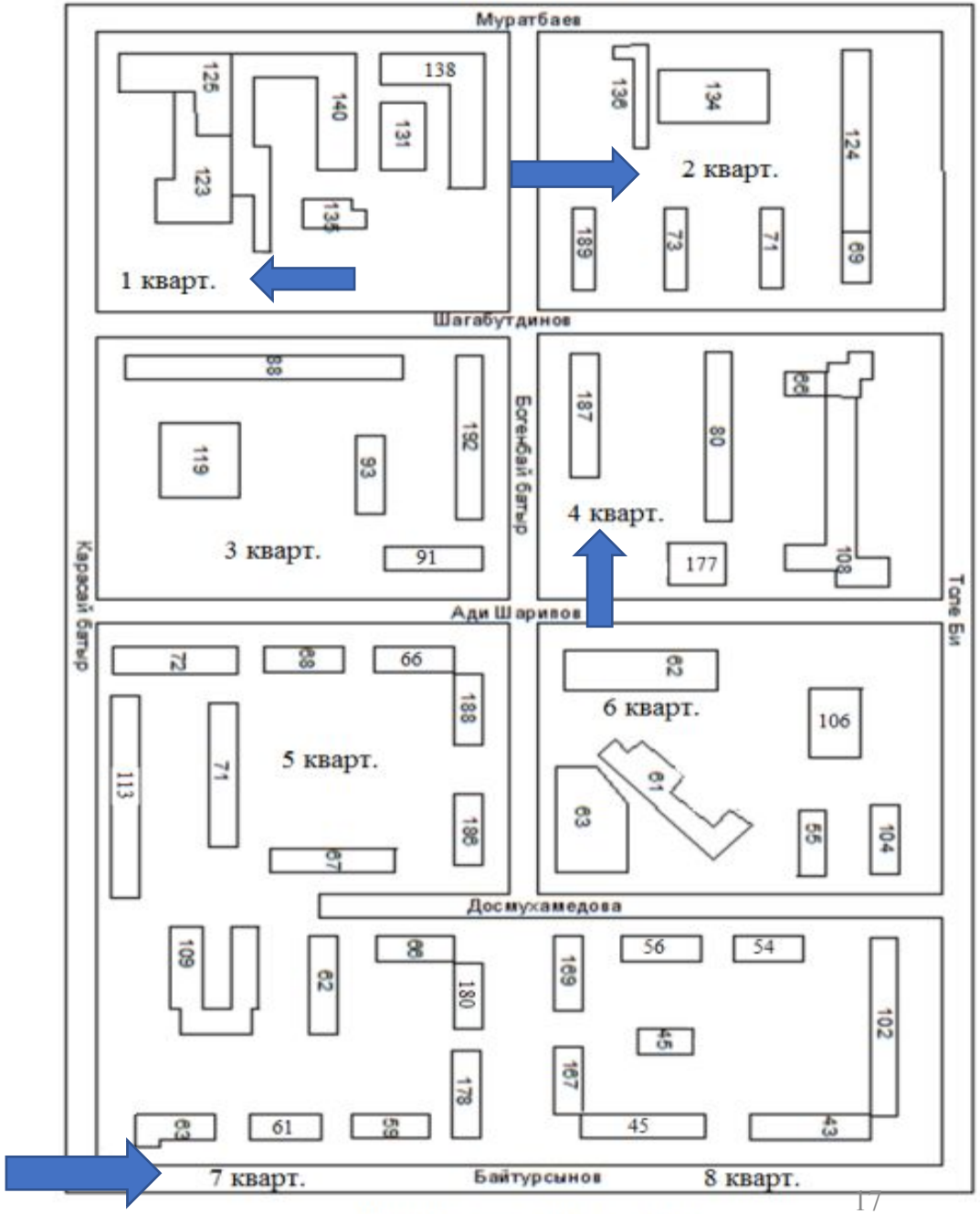


Рисунок А.1 – Участок №1

Таблица 3.1 – Нұсқа бойынша абоненттер саны

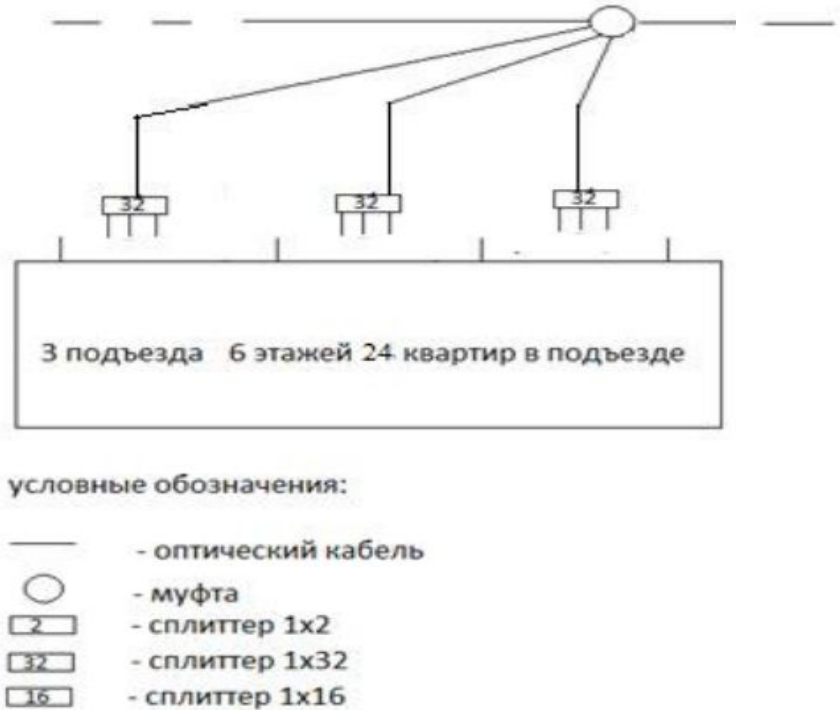
№ үйлер	Қабаттар саны	Подъездер саны	Квартиралар саны	Талшықтардың саны
59	5	2	30	1
61,62,63,66,69	6	3	72*5	3*5=15
71,73,80	5	2	40*3	2*3=6
108,109	8	2	64*2	2*2=4
123,124,125	9	2	54*3	2*3=6
131,134,135,136,138, 140	4	3	48*6	2*6=12
177,178,180	4	4	64*3	2*3=6
187,189	5	2	40*2	2*2=4
		Итого:	1362	54

Муфталар саны: Nmuf = 24 дана (себебі 25 үй бар)

Мысал келтіреміз: ОЛТ-дан Байтұрсынов көшесіне дейін, 63,61,59 үйлерге дейінгі ең соңғы абоненттер үшін затухания есебі.

Кесте 3.2 – Кірістірудегі жоғалтулар саны

	OLT63	OLT61	OLT59
L,км	1,67	1,6	1.57
Np,шт	4	4	4
Nc,шт	6	5	5
Абонент	72	72	30
Кол. волокно	3	3	1
Сплиттер	1*32	1*32	1*32
Кол. сплиттер	3	3	1



3.4-сурет – Құрылыс схемасы
61, 63 пәтерлердегі PON желілері

3.5-сурет – Құрылыс схемасы
59-пәтерге арналған PON желілері

•

3.8 формула бойынша оптикалық бюджетті есептеңіз :

$$A_{\sum=}L_i * \alpha + N_p * A_p + N_c * A_c + A_{\text{раз}}, \text{дБ},$$

мұндағы АΣ – желідегі жалпы жоғалтулар (OLT және ONU арасындағы), дБ;

Li – i учаскесінің ұзындығы, км;

α – оптикалық кабельдің әлсіреу коэффициенті, дБ/км;

Np - ажыратылатын қосылыстардың саны;

Ap – штепсельдік қосылымдағы орташа жоғалтулар (штепсельдік қосылым кемінде 3 немесе одан да көп болуы мүмкін: абонентте, бөлгіштерде және OLT-де), дБ;

Nc - дәнекерленген қосылыстардың саны;

Ac – дәнекерленген қосылыстағы орташа шығындар, дБ;

Араз – оптикалық бөлгіштегі жоғалтулар, дБ;

Бірінші термин оптикалық кабельдегі жалпы жоғалтуларды, екінші термин қосқыштардағы жоғалтуларды, үшінші термин қосылғыштағы жоғалтуларды, төртінші термин бөлгіштердегі жоғалтуларды білдіреді.

Т а б л и ц а 3.3 - Величины коэффициентов потерь

Величины коэффициентов птерь	Вносимые потери
Коэффициент затухания ОК на длине волны 1310 нм	0,35 дБ/км
Коэффициент затухания ОК на длине волны 1490 нм	0,27 дБ/км
Потери в разъемных соединениях	0,3 дБ
Потери на сварных соединениях	0,08 дБ
Максимальные потери в разветвителе 1x32	18 дБ

Біз сандық мәндерді 1310 нм толқын ұзындығы үшін формулаға резервты есепке алмай ауыстырамыз және олар:

OLT-ONT_{63}: $A\Sigma$**1**=(1,67)*0,35+(4*0,3)+(6*0,08)+18=20,2645dB

OLT-ONT_{61}: $A\Sigma$**2**=(1,60)*0,35+(4*0,3)+(5*0,08)+18=20,16dB

OLT-ONT_{59}: $A\Sigma$**3**=(1,57)*0,35+(4*0,3)+(5*0,08)+18=20,1495dB

1550 нм толқын ұзындығында:

OLT-ONT_{63}: $A\Sigma$**1**=(1,67)*0,27+(4*0,3)+(6*0,08)+18=20,1309dB

OLT-ONT_{61}: $A\Sigma$**2**=(1,60)*0,27+(4*0,3)+(5*0,08)+18=20,032dB

OLT-ONT_{59}: $A\Sigma$**3**=(1,57)*0,27+(4*0,3)+(5*0,08)+18=20,0239dB

Шығындар бюджетінің есебі әрбір тізбек үшін жалпы шығын (соның ішінде резерв) жүйенің динамикалық диапазонынан аспайтынын тексеруі керек, яғни:

$$\mathbf{P}=\boldsymbol{P}_{\text{ВЫХ.}\boldsymbol{MIN}}-\boldsymbol{P}_{\text{ВХ}}\geq \boldsymbol{A}_{\sum}+\boldsymbol{P}_{\text{ЗАП}}, \qquad (3.9)$$

мұндағы P – PON динамикалық диапазоны, дБ;

Рвых.min – OLT таратқышының ең аз шығыс қуаты, дБм;

Рвх – ONT қабылдағышының кірісіндегі рұқсат етілген қуат, дБм;

АΣ – желідегі жалпы жоғалтулар (OLT және ONT арасындағы), дБ;

Рзап – PON операциялық резервы(запасы), дБ.

1310 нм толқын ұзындығында:

P= 2,5-(-28) ≥ 20,2645 + 7 дБ;

P**63**= 30,5 ≥ 27,2645 дБ;

P**61**= 30,5≥ 27,16 дБ;

P**59**= 30,5 ≥ 27,1495 дБ;

1490 нм толқын ұзындығында:

P = 0,5-(-28) ≥ 20,1309 + 7 дБ;

P**63**= 28,5 ≥ 27,1309 дБ;

P**61**= 28,5 ≥ 27,032 дБ;

P**59**= 28,5 ≥ 27,0239 дБ.

Сызықтық тракттың зақымдануы, беру жағдайларының нашарлауы және желінің одан әрі дамуы кезінде жұмыс запасты қарастырылуы керек. Әдетте, 5-7 дБ запас алынады, бірақ егер пайдаланушылардың айтарлықтай саны жеке желі сегменттеріне қосылуы керек болса, онда запас ол жерде анық үлкен болуы керек.

Жоғарыда келтірілген есептеулерден бұл жобаланған қол жеткізу желісі жұмыс істейтінін көруге болады.

Оптикалық бюджетті есептеу үшін қажетті сигналдың максималды деңгейі (OLT және ONU желілік карта таратқышының шығысында) 3.4 және 3.5 кестелерде келтірілген.

Т а б л и ц а 3.4 - Технические характеристики OLT-1308H

Мощность передатчика	от +2,5 до +5 дБ
Чувствительность приемника	от -27 до -6 дБ
Бюджет оптической мощности upstream/downstream	30,5 дБ/30 дБ

Т а б л и ц а 3.5 - Технические характеристики ONU-PSG1182-22

Мощность передатчика	от +0,5 до +5 дБ
Чувствительность приемника	от -28 до -8 дБ
Бюджет оптической мощности upstream/downstream	30,5 дБ/30 дБ

Тапсырма 3. Абоненттердің тығыздығы төмен жеке аймақтар үшін PON желісін жобалау. Жобалау үшін учаскелер шартты түрде алынды. Сайт карталары В қосымшасында берілген.

Үшінші тапсырманың тапсырмасы: әрбір сала бойынша шығын бюджетін есептеу және барлық бөлгіштердің оңтайлы бөлу коэффициенттерін анықтау.

Жобаланатын орын 3.6 кестеден, студенттің есеп кітапшасының соңғы санына сәйкес таңдалады. Жоспарланған учаскелердің карталары В қосымшасында келтірілген.

Абоненттер арасындағы қашықтық 3.7 кестеде келтірілген. Студент фамилиясының бірінші әрпі бойынша таңдалады.

Төменде мысалда, тығыздығы төмен абоненттерге арналған PON желісінің дизайны көрсетілген.

Таблица 3.6

Последняя цифра зачетной книжки	Номер участка	Последная цифра зачетной книжки	Номер участка
0	1	5	6
1	2	6	7
2	3	7	8
3	4	8	9
4	5	9	10

Таблица 3.7

Ln, км	А – Е	Ж – М	Н – Т	У – Ч	Ш – Я
L1	1,0	1,0	2,5	1,7	2,0
L2	1,5	1,2	1,2	1,6	1,5
L3	1,25	1,1	0,9	1,7	1,1
L4	0,8	0,9	2,0	1,6	1,2
L5	0,5	0,75	1,3	1,7	1,3
L6	0,75	0,5	0,5	1,2	0,5
L7	0,9	1,25	0,6	0,5	0,9
L8	0,6	1,5	0,7	0,6	0,8
L9	0,7	0,8	0,3	0,3	0,4
L10	0,4	0,3	0,6	0,4	0,3

Абоненттер әдетте бас станциядан әртүрлі қашықтықта орналасқандықтан, әрбір сплиттердегі біркелкі қуат бөлінісімен әрбір ONU кірісіндегі қуат әртүрлі болады. Бөлгіштің параметрлерін таңдау желінің әрбір абоненттік терминалының кірісінде шамамен бірдей деңгейдегі оптикалық қуат алу қажеттілігімен байланысты, яғни. теңгерімді желіні құру. Бұл екі себеп бойынша түбегейлі маңызды. Біріншіден, желінің одан әрі дамуы үшін PON ағашының әрбір тармағында шамамен біркелкі запас бойынша әлсіреу(запас по затуханию) болуы маңызды. Екіншіден, егер желі теңгерілмеген болса, онда әртүрлі ONU-дан OLT деңгейі бойынша айтарлықтай ерекшеленетін жалпы ағындағы сигналдарды алады. Анықтау жүйесі қабылданған сигналдардың айтарлықтай төмендеуін (10-15 дБ-ден астам) өңдей алмайды, бұл кері ағынды қабылдау кезінде қателер санын айтарлықтай арттырады.

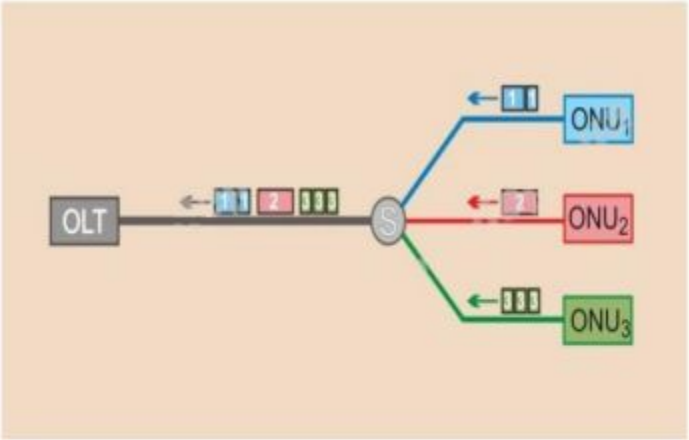


Рисунок 3.8 – Сбалансированная PON

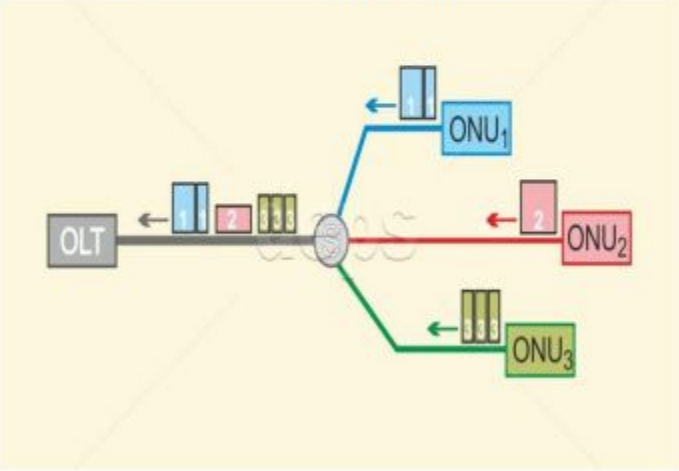


Рисунок 3.9 – Несбалансированная PON

- Бөлгіштердің бөлу коэффициенттерін таңдаған кезде, белгілі бір бөлу коэффициентінде тізбекке қандай шығындар енгізілетінін білу қажет. Екі терезелі (1310 нм және 1550 нм) 1x2 типті бөлгіштердің кірістіру жоғалуын шамамен анықтау үшін біз келесі 3.3 анықтамалық кестені қолданамыз.

Егер шығыс порттары көп бөлгіштердің кірістіру жоғалуын анықтау немесе басқа бөлу коэффициенттерінде пайдалану қажет болса, бағалау формуласын (3.10) пайдалануға болады:

$$A_i = 10 * \lg(\frac{100\%}{D\%}) + log_2(N-1) * 0{,}4 + 0{,}2 + 1{,}5 * \lg\left(\frac{100\%}{D\%}\right), dB$$

мұндағы D% - берілген портқа шығатын қуат пайызы, %; N - шығыс порттарының саны; i - шығыс портының нөмірі.

Пример 1. Рассчитаем затухание, вносимое разветвителем 1x2 при коэффициенте деления 33/67. Произведем следующий расчет:

$$A_1 = 10 \cdot lg\left(\frac{100\%}{33\%}\right) + log_2(2-1) \cdot 0{,}4 + 0{,}2 + 1{,}5 \cdot lg\left(\frac{100\%}{33\%}\right) = 5{,}74 \text{ дБ};$$

$$A_2 = 10 \cdot lg\left(\frac{100\%}{67\%}\right) + log_2(2-1) \cdot 0{,}4 + 0{,}2 + 1{,}5 \cdot lg\left(\frac{100\%}{67\%}\right) = 2{,}20 \text{ дБ}.$$

Таблица 3.3

Коэффициент деления, %	Оценочные вносимые потери, дБ	Разность вносимых потерь между выходными портами, дБ
50/50	3,7/3,7	0
45/55	4,2/3,2	1,0
40/60	4,8/2,8	2,0
35/65	5,4/2,4	3,0
30/70	6,2/2,0	4,2
25/75	7,1/1,6	5,5
20/80	8,2/1,3	6,9
15/85	9,7/1,0	8,7
10/90	11,7/0,7	11,0
5/95	15,2/0,5	14,7

Пример 2. Рассчитаем затухание, вносимое разветвителем 1x4 с коэффициентом деления 10/25/30/35. Произведем расчет для каждого из четырех выходных портов:

$$A_1 = 10 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{10\%}\right) + \log_2(4-1) \cdot 0{,}4 + 0{,}2 + 1{,}5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{10\%}\right) = 11{,}70 \text{ дБ};$$

$$A_2 = 10 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{25\%}\right) + \log_2(4-1) \cdot 0{,}4 + 0{,}2 + 1{,}5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{25\%}\right) = 7{,}12 \text{ дБ};$$

$$A_3 = 10 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{30\%}\right) + \log_2(4-1) \cdot 0{,}4 + 0{,}2 + 1{,}5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{30\%}\right) = 6{,}21 \text{ дБ};$$

$$A_4 = 10 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{35\%}\right) + \log_2(4-1) \cdot 0{,}4 + 0{,}2 + 1{,}5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{35\%}\right) = 5{,}44 \text{ дБ}.$$

$$A_{\Sigma} = (l_1 + \cdots + l_n) \cdot \alpha + N_P \cdot A_P + N_C \cdot A_C + (A_{PA31} + A_{PA3m}), \text{дБ} \quad (3.11);$$

где A_{Σ} – суммарные потери в линии (между OLT и ONU), дБ;

l_i – длина i-участка, км;

n – количество участков;

a – коэффициент затухания оптического кабеля, дБ/км;

N_P – количество разъемных соединений;

A_P – средние потери в разъемном соединении, дБ;

N_C – количество сварных соединений;

A_C – средние потери в сварном соединении, дБ;

$A_{PA3}\,i$ – потери в i-оптическом разветвителе, дБ;

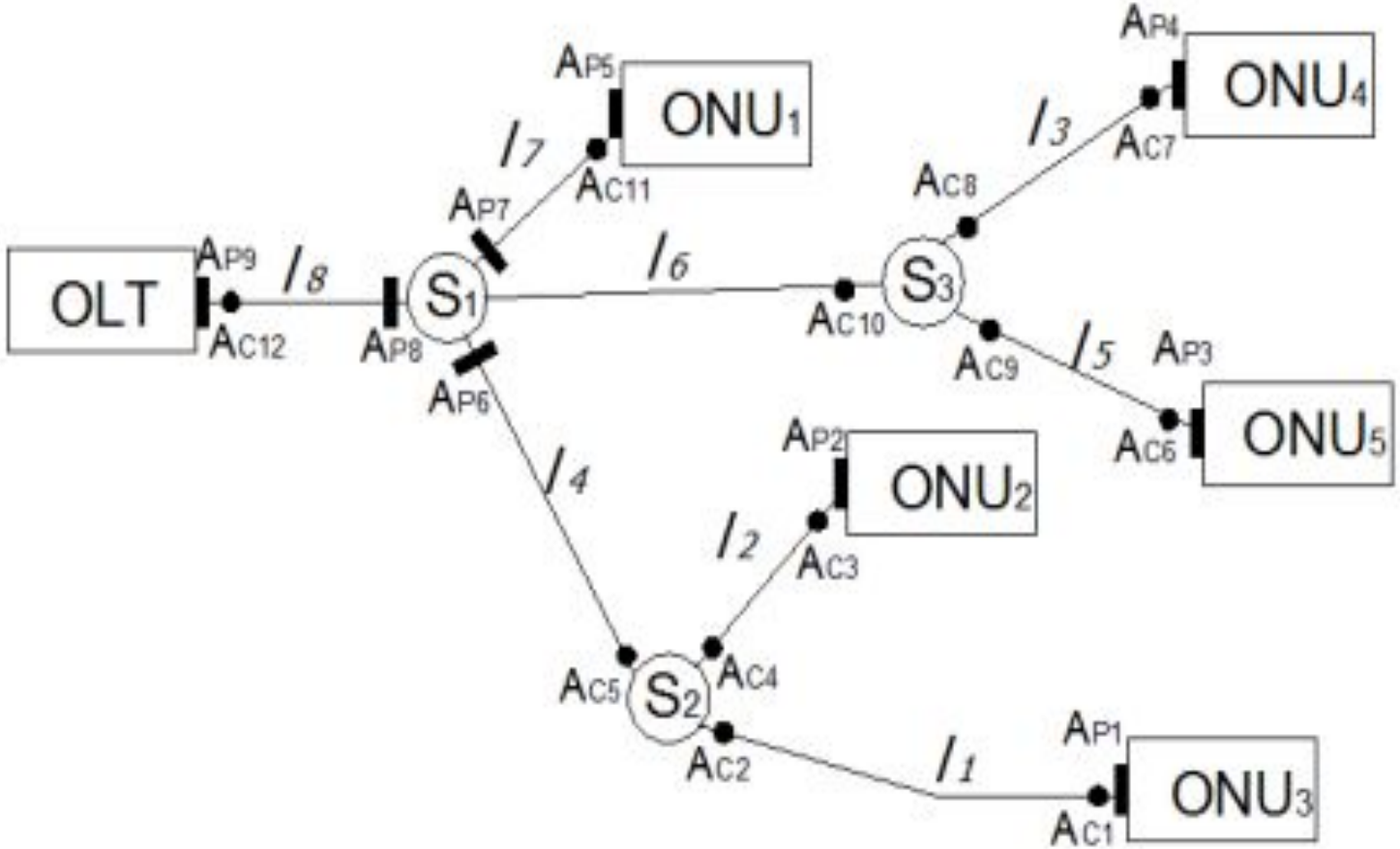


Рисунок Б.3 – Участок №3

$$A_{\Sigma} = (l_1 + \cdots + l_2) * \alpha + N_p * A_P + N_C * A_c + (A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}2}),\text{Db} \quad (3.11)$$

мұндағы A_{Σ} – желідегі жалпы жоғалтулар (OLT және ONU арасындағы), дБ;

li – i учаскесінің ұзындығы, км;

n – учаскелердің саны;

α – оптикалық кабельдің әлсіреу коэффициенті, дБ/км;

N_P - ажыратылатын қосылыстардың саны;

A_P – ажыратылатын қосылымдағы орташа шығындар, дБ;

N_C - дәнекерленген қосылыстардың саны;

A_C – дәнекерленген қосылыстағы орташа шығындар, дБ;

Араз i – i-оптикалық бөлгіштегі жоғалтулар, дБ;

Оптикалық бөлгіштердің параметрлерін анықтаңыз және келесі суретте көрсетілген PON жобасы үшін оптикалық желі бюджетін есептеңіз. Ажыратылатын қосылымдардағы жоғалтулар AP = 0,3 дБ, қосылыстардың жоғалуы AC = 0,05 дБ, оптикалық кабельдің өшуі коэффициенті - 1310 нм толқын ұзындығында 0,35 дБ/км және толқын ұзындығы 1550 нм кезінде 0,22 дБ/км.

Участкілердің ұзындықтары : l_1 = 1 км, l_2 = 1,5 км, l_3 = 1,25 км, l_4 = 0,8 км, l_5 = 0,5 км, l_6 = 0,75 км, l_7 = 0,9 км, l_8 = 0,6 км

Бірінші термин оптикалық кабельдегі жалпы жоғалтуларды, екіншісі - қосқыштардағы жоғалтуларды, үшінші - сплайсингтегі жоғалтуларды, төртінші - бөлгіштердегі жоғалтуларды білдіреді.

$$A_{\Sigma} = (l_1 + \cdots + l_2) * \alpha + N_p * A_P + N_C * A_c + (A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}2}),\text{Db}$$

Бес тізбектің әрқайсысы үшін жоғарыдағы формуланы пайдаланып шығындарды есептейік:

$OLT - ONU_1: A_{\Sigma-1} = (\iota_8 + \iota_7) * \alpha + N_P A_P + N_C A_C + A_{\text{раз}1} = (0{,}6 + 0{,}9) * 0{,}35 + 4 * 0{,}3 + 4 * 0{,}05 + A_{\text{раз}1} = \mathbf{1{,}925} + \boldsymbol{A}_{\text{раз}\mathbf{1}}$

$OLT - ONU_2: A_{\Sigma-2} = (\iota_8 + \iota_4 + \iota_2) * \alpha + N_P A_P + N_C A_C + A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}2} = (0{,}6 + 0{,}8 + 1{,}5) * 0{,}35 + 4 * 0{,}3 + 4 * 0{,}05 + A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}2} = \mathbf{2{,}415} + \boldsymbol{A}_{\text{раз}\mathbf{1}} + \boldsymbol{A}_{\text{раз}\mathbf{2}}$

$OLT - ONU_3: A_{\Sigma-3} = (\iota_8 + \iota_4 + \iota_1) * \alpha + N_P A_P + N_C A_C + A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}2} = (0{,}6 + 0{,}8 + 1) * 0{,}35 + 4 * 0{,}3 + 4 * 0{,}05 + A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}2} = \mathbf{2{,}24} + \boldsymbol{A}_{\text{раз}\mathbf{1}} + \boldsymbol{A}_{\text{раз}\mathbf{2}}$

$OLT - ONU_4: A_{\Sigma-4} = (\iota_8 + \iota_6 + \iota_3) * \alpha + N_P A_P + N_C A_C + A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}3} = (0{,}6 + 0{,}75 + 1{,}25) * 0{,}35 + 4 * 0{,}3 + 4 * 0{,}05 + A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}3} = \mathbf{2{,}31} + \boldsymbol{A}_{\text{раз}\mathbf{1}} + \boldsymbol{A}_{\text{раз}\mathbf{3}}$

$OLT - ONU_5: A_{\Sigma-5} = (\iota_8 + \iota_6 + \iota_5) * \alpha + N_P A_P + N_C A_C + A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}3} = (0{,}6 + 0{,}75 + 0{,}5) * 0{,}35 + 4 * 0{,}3 + 4 * 0{,}05 + A_{\text{раз}1} + A_{\text{раз}3} = \mathbf{2{,}0475} + \boldsymbol{A}_{\text{раз}\mathbf{1}} + \boldsymbol{A}_{\text{раз}\mathbf{3}}$

2,31-2,0475=0,2625≈ $\mathbf{0}\boldsymbol{dB}$

OLT-$ONU_1: A_{\Sigma-1} = 1{,}925 + A_{\text{РАЗ}1}$

OLT-$ONU_4: A_{\Sigma-4} = 2{,}31 + A_{\text{РАЗ}1} + 3{,}7 = 6{,}01 + A_{\text{РАЗ}1}$

OLT-$ONU_4: A_{\Sigma-4} = 2{,}0475 + A_{\text{РАЗ}1} + 3{,}7 = 5{,}7475 + A_{\text{РАЗ}1}$

6,01-1,925=4,085≈ $\mathbf{4{,}2}$Db

OLT-$ONU_1: A_{\Sigma-1} = 1{,}925 + 6{,}2 = \mathbf{8{,}125}$

OLT-$ONU_4: A_{\Sigma-4} = 6{,}01 + 2 = 8{,}01$

OLT-$ONU_4: A_{\Sigma-4} = 5{,}7475 + 2 = 7{,}7475$

Таблица 3.3

Коэффициент деления, %	Оценочные вносимые потери, дБ	Разность вносимых потерь между выходными портами, дБ
50/50	3,7/3,7	0
45/55	4,2/3,2	1,0
40/60	4,8/2,8	2,0
35/65	5,4/2,4	3,0
30/70	6,2/2,0	4,2

•

Осылайша, S1 және S2 бөлгіштердің бөлу коэффициенттері есептелген, ал желіні теңдестірілген деп санауға болады, өйткені тізбектің әлсіреуінің арасындағы спрэд минималды.Шығындар, соның ішінде маржаны бюджеттен аспайтынын тексерейік.

Жүйенің динамикалық диапазоны PON UTSTARCOM жүйесі үшін динамикалық диапазон 29 дБ екенін ескере отырып, біз мынаны аламыз:

$$\mathbf{29dB \geq (8,125 + 3)dB}$$

Аббревиатуралар

PON — пассивті оптикалық желі технологиясы. PON тарату желісі түйіндерінде пассивті оптикалық бөлгіштері бар ағаш тәрізді талшықты кабельдік архитектураға негізделген, бұл кең жолақты ақпаратты беруді қамтамасыз етудің үнемді тәсілі.

Оптикалық желі терминалы (OLT) OLT Ethernet кабельдері арқылы негізгі деңгей қосқышына қосылған пассивті оптикалық желі үшін бастапқы нүкте болып табылады

ONT (оптикалық желі терминалы) – оптикалық желі терминалы. Бұл пассивті оптикалық желідегі жеке абоненттік жабдық. Ол тікелей абоненттің үй-жайында орнатылады және оны компьютерге, теледидарға және IP телефонына қосуға болады.

xDSL – микроэлектроника мен цифрлық сигналдарды өңдеу әдістерінің заманауи жетістіктеріне негізделген желілік бұрмалануларды түзетудің тиімді желілік кодтары мен бейімделу әдістерін қолдану арқылы жалпыға ортақ телефон желісінің абоненттік желісінің өткізу қабілетін айтарлықтай арттыратын технологиялар тобы.

WDM – толқын ұзындығын бөлу мультиплекстеу) – оптикалық талшықтың спектрлік ресурсын жарықтың толқын ұзындықтары арасында кейінгі мультиплексирлеумен бөлу принципі, ол бір уақытта әртүрлі тасымалдаушы жиіліктерде бір оптикалық талшық арқылы бірнеше ақпараттық арналарды беруге мүмкіндік береді.

Синхронды цифрлық иерархия (SDH: Synchronous Digital Hierarchy, SONET) – жіберуші және қабылдаушы құрылғылардың уақыт синхрондауына негізделген деректерді беру жүйесі.

HFC аббревиатурасы Hybrid Fiber Coaxial - коаксиалды және талшықты-оптикалық магистральдық кабельдерден тұратын гибридті желіні білдіреді.

Әдебиеттер тізімі

1 Фокин, В. Г. Оптические системы передачи и транспортные сети : учеб. пособие для вузов / В. Г. Фокин.- М. : ЭКОТРЕНДЗ, 2008.

2 Грачев А.Ф., Чернышевская Е.И., Пустова Г.Н. Выпускная квалификационная работа: Методические указания. – Новосибирск, 1999.

3 Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999.

4 Кох Р., Яновский Г. Эволюция и конвергенция в электросвязи. – М.: Радио и связь, 2001.

5 Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004.

6 Стерлинг Дональд Дж. Техническое руководство по волоконной оптике. – М.: Издательство «ЛОРИ», 2001.