ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Телекоммуникациялық жүйелер
кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»
Кафедра меңгерушісі
т.ғ.к проф Байкенов А.С
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)
_____ «_____» _____ 20___ ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: LTE технологиясының қолдану арқылы Бағыттық аудиторияда ұялы байланыс жүйесін жобалау

_____ **мамандығы бойынша**

Орындаған Бөрікқұлов Жандос Ерболұлы МТСк 12-02
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші аға оқытушы Шуғайып У
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Кеңесшілер :

Экономикалық бөлім бойынша :
Э.Т.К. профессор Қ. Базылов
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «____» _____ 20 16 ж.
(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
т.ғ.к доц. Абикенова А.А
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «28» 04 20 16 ж.
(қолы)

Есептеу техникасын қолдану бойынша :
аға оқытушы Шуғайып У
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «27» 05 20 16 ж.
(қолы)

_____
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «____» _____ 20____ ж.
(қолы)

Мөлшер бақылаушы:
аға оқытушы Темірханова Э.К
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «30» 05 20 16 ж.
(қолы)

Пікір жазушы :

_____
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «____» _____ 20____ ж.
(қолы)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Радиотехника және байланыс факультеті
Радиотехника электроника телекоммуникация мамандығы
Телекоммуникациялық жүйелер кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Берамкулов Жандос Ерболұлы
(аты - жөні)

Жоба тақырыбы LTE технологиясының қолдану арқылы Қазақстан аумағында ұялы байланыс желісін жобалау

ректордың «19» 10. 15ж №____ бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «25» мамыр 2016 ж.

Жобаға бастапқы деректер (талап етілетін жоба нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

1) DL линиясы үшін
$R_{eNB} = 34,3 \cdot 3 = 102,9$ Мбит/с
2) UL линиясы үшін
$R_{eNB} = 18,29 \cdot 3 = 54,87$ Мбит/с
3)
$N_a = \frac{7100}{18} \approx 395$ арна

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:

1. LTE технологиясына шолу және оның негізгі сипаттамалары
2. Желінің өткізу қабілеттілігін және потенциалды әлеуметтер санын есеп
3. Өмірлік қауіпсіздік бөлімі
4. Экономикалық жоспар

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1 LTE-нің таратушы транспорттық желісінің жалпыланған архитектурасы
2 LTE - желісінің архитектурасы
3. OFDM сигналын қалыптастырудың құрылымдық сызбасы
4. SAE базалық станциясының архитектурасы
5. OFDM негізінде арналық физикалық ресурстары
6. 2x2 MIMO - жүйесінің құрылымдық сызбасы
7. „Cisco ASR 5000 PCS 3" базасының платформасы
8. „Nokia Siemens Networks" компаниясының базалық станциясы

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Вишневский В.М., Портной С.Л. Шахнович И.В. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G-М. Техносфера 2009

2. Гольдштейн А.Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учебное пособие. — СПб Изд.-во Политехн. ун-та 2011

3. Базылов К.Б., Алибаева С.А., Нурмаханбетова С.С. Бітіруші жұмысының экономикалық бөлімі үшін әдістемелік нұсқаулар

Жоба бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
ОТБ	Абикенова А.А	28.03 – 28.04.16	
Экология	Бозбаева К.Т	24.4 – 28.04.16	
Есеп. техн. бөлім	Шүгейып Ә	28.03 – 27.05.16	
Негізгі бөлім	Шүгейып Ә	4.03 – 27.05.16	

диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1	LTE технологиясының дамуы.	10. 02. 16 ж	
2.	LTE стандартының жалпы архитектурасы	25. 02. 16 ж	
3.	LTE желісінің радио-интерфейсі	11. 03. 16 ж	
4.	LTE технологиясының радиожиілікті спектрі	16. 03. 16 ж	
5.	UMTS/GSM және 3 GPP емес стандарттарымен өзара әрекеті	13. 04. 16 ж	
6	Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	11. 04. 16 ж	
7	Қауіпті және зиянды өндірістік фактілерді талдау	20. 04. 16 ж	
8	Бизнес жоспар	13. 05. 2016 ж.	

Тапсырманың берілген уақыты «10» 10 2016 ж.

Кафедра меңгерушісі _____ т.ғ.к проф Байкенов А.С
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі _____ оқа оқытушы Шүгайып Ә
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент _____ Бергенкулов Жаңедос
(қолы) (аты -жөні)

Андатпа

Бұл дипломдық жобада LTE технологиясын қолдану арқылы Баянауыл ауылында ұялы байланыс желісін жобалау мәселесі қарастырылды. Алғашқы кезеңде құрылғыға таңдау жасалып, қажетті техниалық есеп көрсеткіштері жүзеге асырылды.

Экономикалық бөлімде жобаның мақсаты мен өзін – өзі ақтау мерзімі көрсетілген.

Жобада, сондай–ақ, өміртіршілік қауіпсіздігі мәселелері, соның ішінде жерлендіру, өрт сөндірудің автоматтық жүйелерінің есептері келтірілген.

Аннотация

В данном дипломном проекте рассмотрено организация мобильной связи в селло Баянауыл используя технологию LTE.На первом этапе проводился выбор оборудования и осуществлены нужные технические расчетные показатели.

В расчетной части проекта были рассчитаны число базовых станций, максимальные потери, число абонентов на одну базовую станцию и пропускная способность сети.

В экономической части был определен срок окупаемости и целесообразности проекта.

Abstract

In this diploma project examined the organization of mobile communications in the city of Taraz by using technology LTE. In the first stage selection of equipment and made the necessary technical indicators are calculated.

The computational part of the project were calculated number of base stations, the maximum loss, the number of subscribers per base station and network bandwidth.

In the economic part of the payback period was determined and the feasibility of the project.

Мазмұны

Кіріспе 11
1. LTE технологиясына шолу және оның негізгі сипаттамалары 12
1.1 LTE технологиясының даму 12
1.2 LTE технологиясының негізгі параметрлерін қысқаша қарастыр 12
1.3 LTE стандартының желілік архитектурасы 13
1.4 LTE желісінің радиоинтерфейсі 16
1.5 LTE технологиясының радиожиілікті спектрі 18
1.6 UMTS/GSM және 3GPP емес стандарттарымен өзара әрекеті 19
1.7 LTE желісінде MIMO технологиясын қолдану 21
1.8 LTE желісімен ұсынылатын қызмет түрлері 22
1.9 Тапсырманың қойылымы 23
1.10 Транспорттық желінің құрылғысын таңдау 23
1.11 Оптикалық кабельді таңдау 28
1.12 LTE желісінің басқару құрылғысын таңдау 29
1.13 eNodeBand LTE базалық станциясының құрылғыларын таңдау 32
1.14 Электрқуаттандыру құрылғысын таңдау 34
2. Есептеу бөлімі 37
2.1 Желінің өткізу қабілеттілігін және потенциалды абоненттер санын есептеу 37
2.2 Бөлімшедегі жалпы өшулікті есептеу 45
2.3 Электрқуаттандыру жабдығының параметрлерін есептеу 46
2.4 Жерге тұйықтау контурін есептеу 50
2.5 LTE желісі үшін радиоқамту аймақтарын есептеу 54
2.6 Жиілік-аумақтық бөлу және eNB-нің ситуациялық орналасуы 58
2.7 Баянауыл ауылдық округіндегі LTE байланыс желісі 60
3 Өміртіршілік қауіпсіздігі 63
3.1 Еңбек шартын талдау 63
3.2 Өміртіршілік қауіпсіздігін қамтамасыз Етудің әртүрлі сұрақтарының техникалық шешімдері 69
3.3.Жасанды жарықтандыруды есептеу 69
3.4. Өрт сөндіруді ұйымдастыруды есептеу 71
3.5. Найзағайдан қорғауды есептеу 74
4 Бизнес жоспар 76
4.1 Мақсаты 76
4.2 Баянауыл ауылында LTE желісін құру 77
4.3 Жылдық эксплуатациялық шығындард ы есептеу 79
4.4 Тарифтік табысты есептеу 83
4.5 Эксплуатация кезіндегі экономикалық тиімділік көрсеткіштерінің бағалау 86
Қорытынды 90
Әдебиеттер тізімі 94

Кіріспе

Радиоқатынас желі технологияларының даму сатысын қарастырсақ әр жедел әрекетті байланыс жүйесінің ұрпағы ақырғы қолданушыға көрсететін қызмет спектрінің өсуін қамтамасыз ететін жаңа технологиялық мүмкіндік-термен сипатталады.

Салыстырмалы аз уақыт ішінде жедел әрекетті үшінші ұрпақ байланыс жүйесі IMT/UMTS алдыңғы ұрпақ желілерінен айқын басымдылығын көрсетті. IMT/UMTS еуропалық стандарт байланыс жүйесі серпінді даму үстінде. Мұның басты себебі қолданушылардың жоғарғы жылдамдықты қызметтерге, трафик бірлігін таратуға кететін күрделі шығынын төмендетуге деген қажеттілігі арта түсуімен байланысты.

Деректерді беру әлемде қазір кең таралғандарға (2G) GSM/EDGE-нің ұялы байланысын стандарт жинағы 240 Кбит/ сек-ті жылдамдығының шегін құрайды. 3G үшінші ұрпақтары жылдамдықты 7-14 Мбит/сек-ке дейін құрайды.

4G - жылжымалы байланыстың перспективалы деректерді берудің жоғары жылдамдығы және дауыс байланысының үлкен сапасын сипаттайтын ұрпақ. Төртінші ұрпақ желілерінің үшінші ұрпақтан бас айырмашылығы, 4G технологиясы мәліметтердің пакетті тапсыруы ихаттамаларында толық негізделген, ал 3G-да дауыс трафигі және деректер топтамасы берілуіне негізделген. Телекоммуникациялардың халықаралық одағы 4G технологиясын деректерді беру жылдамдығы 1 Гбит/с-ке дейін және екі жылжымалы құрылымдардың арасындағы мәлімет алмасу 100 Мбит/с-ке дейін жетуге мүмкіндік берген сымсыз технология ретінде анықтайды. 4G –да мәлімет тарату IPv6(IP болжам 6) хаттама бойынша іске асады. Бұл желілердің жұмысын елеулі жеңілдетеді.

Қазіргі уақытта 3GPP жобасының жұмысшы тобы E – UTRAN радиоқатынас желісі мен LTE жүйесінің SAE (System Architecture Evolution) жоғарғы деңгейлі базалық желі архитектурасын өңдеп қолданысқа шығарды. Жұмыстың нәтижесі Releases 8, 9 деген техникалық спецификациясында баяндалған. 3GPP жобасының жұмысшы тобы LTE жүйесінің параметрлерін жақсарту мақсатымен Release 10 (LTE Advanced жүйесі) техникалық спецификасымен жұмыс істеуде, әлі қолданыста жоқ.

1 LTE технологиясына шолу және оның негізгі сипаттамалары

1.1 LTE технологиясының дамуы

Стандарт ретінде LTE технологиясын құрастыру ресми түрде 2004 жылдың соңында басталды. Зерттеушілердің алдында жоғары жылдамдықты мәліметтер таратуды қамтамасыз ететін физикалық деңгейдегі технологияны таңдау мәселесі тұрды. Екі нұсқа ұсынылды: HSPA желісінде қолданылып жүрген W-CDMA және радиоинтерфейстің жаңа технологиясы OFDM. Өткізілген зерттеулерден соң арналарды ортогональді жиілікпен бөлуді мультиплексирлеу OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) технологиясын қолдану шешілді.

2006 жылдың мамыр айында 3GPP жобасы аясында E-UTRA (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access) радиоинтерферейсіне бірінші спецификация құрылды. Бұл спецификация 3GPP Release_7 негізіне енді. 2008 жылдың желтоқсан айында LTE жүйелерінің архитектуралық және функционалдық талаптарын бекіткен 3GPP Release_8 стандарт нұсқасы бекітілді. 2009 жылдың ортасында LTE негізінде бірінші тәжірибелік жүйелері пайда болды. 2009 жылдың аяғында шведтің Telia Sonera телекоммуникациялық компаниясы Ericsson компаниясымен бірлесіп Стокгольм және Осло қалаларында әлемдегі бірінші коммерциялық желінің іске қосылғанын жариялады.

Бүгінгі күні LTE стандартының желілері дүние жүзінің 80-нен астам елінде таратылған және де олардың саны тез өсуде.

2012 жылдың 25 желтоқсанында «Алтел» АҚ компаниясы Қазақстандағы бірінші LTE желісін Алматы мен Астана қалаларында іске қосты. «Алтел» АҚ – Қазақстандағы ұялы байланыстың бірінші операторы, телекоммуникациялық қызмет нарығында 1994 жылдан бастап жұмыс істейді. 2006 жылдан бастап «Алтел» АҚ «Қазақтелеком» АҚ компаниясының тобына кірген. «Алтел» компаниясы Қазақстан нарығында жаңа технологияларды енгізуде пионер болып табылады. 2010 жылы «Алтел» республикада бірінші болып 3G ғаламторын енгізді. Бұл технология Қазақстанда 2012 жылдың желтоқсан айында Алматы және Астана қалаларында «Алтел 4G» маркасымен іске қосылды. Басқа қалалар туралы, 2013 жылы Қарағанды, Ақтау, Атырау, Ақтөбе қалаларында, 2014 жылдың аяғына дейін барлық облыс орталықтарында осы қызметті қосу жоспарланып отыр [2].

1.2 LTE технологиясының негізгі параметрлерін қысқаша қарастыру

LTE стандартының эфирлік интерфейсінің икемділігі жоғары. Желінің түрі E-UTRAN – Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (радиоқатынаудың дамыған универсалды жер беті желісі) деп аталады. Төменде LTE технологиясының негізгі параметрлері көрсетілген.

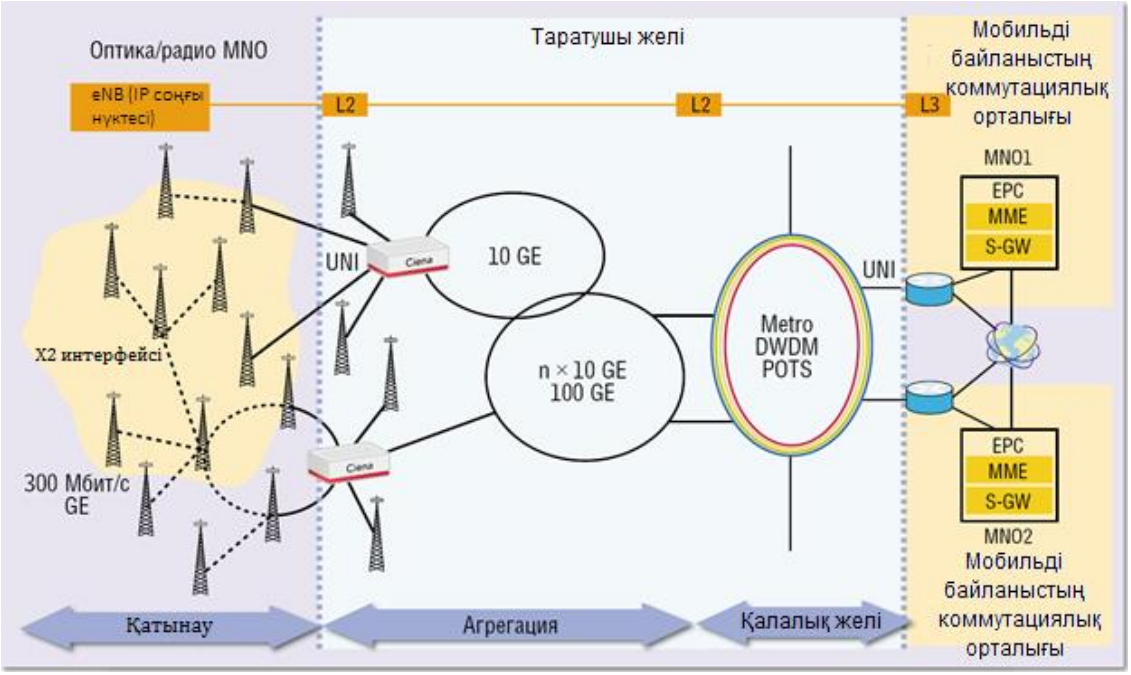
1) Көп қатынасты технологиясы:
- тікелей арна (Downlink – DL) – OFDMA;
- кері арна (Uplink – UL) – SC-FDMA;
2) Жиіліктің жұмыс диапазоны: 450 МГц; 700 МГц; 800 МГц; 1800 МГц; 2,1 ГГц; 2,4 – 2,5 ГГц; 2,6 – 2,7 ГГц;
3) Биттік жылдамдық:
- тікелей арна (DL) MIMO 2TX × 2RX: 100 – 300 Мбит/с;
- кері арна (UL): 50-172,8 Мбит/с;
4) Радиоарна жолағының ені 1,4 – 20 МГц;
5) Ұяшықтың радиусы: 5 – 30 шақырым;
6) Ұяшықтың сыйымдылығы (қызмет көрсетілген абоненттердің саны):
- 5 МГц жолақта 200-ден артық тұтынушылар;
- 5 МГц жолақта 400-ден артық тұтынушылар;
ж) Мобильділік: қозғалу жылдамдығы 250 км/сағ;
7) MIMO параметрлері:
- тікелей арна (DL) MIMO 2TX × 2RX, 4TX × 4RX;
- кері арна (UL): 2TX × 2RX;
8) Кешігудің мәні (Latency): 5мс;
9) Спектрлік тиімділігі: 5 бит/сек/Гц;
10) Модуляцияның қолданылатын түрлері:
- тікелей арна (DL): 64 QAM, QPSK, 16 QAM;
- кері арна (UL): QPSK, 16 QAM;
11) Арналардың дуплексті бөлінуі: FDD, TDD [5].

1.3 LTE стандартының желілік архитектурасы

LTE желісінің архитектурасы «тігіссіз» мобильділігі бар дестелік трафикті, сапалы қызметтің жоғары көрсеткішін қамтамасыз ететіндей және дестелерді минималды кідіріспен жеткізетіндей етіп жасалынған. LTE стандартын құрастырушылардың негізгі мақсаты – желі құрылысын барынша жеңілдету және 3G UMTS жүйесіне тән желілік протоколдардың міндетін қайталауды болдырмау.

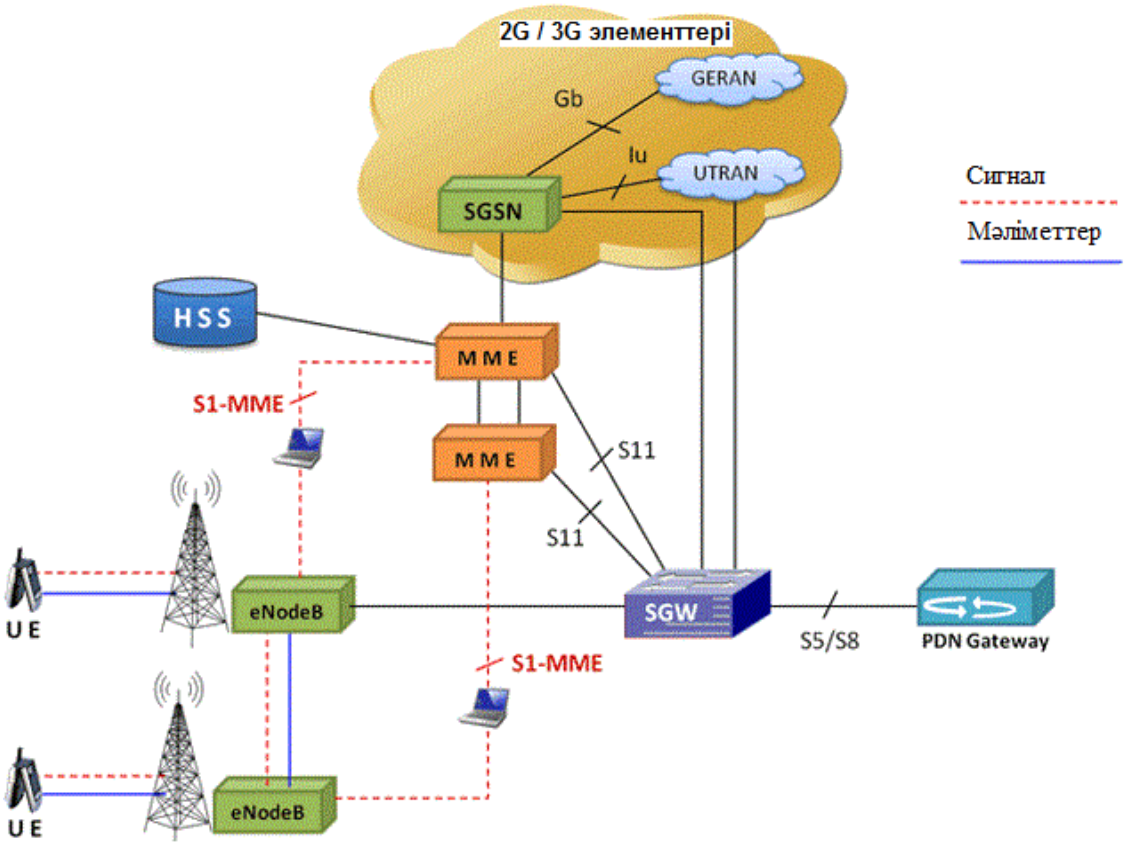
LTE стандартының архитектурасында барлық желілердің бір-бірімен өзара әрекеттесуі екі тораптың арасында болады: базалық станция (eNB) және ішінде GW (Gateway) желілік шлюзі бар мобильді басқару блогі (MME).

LTE желісі физикалық деңгейде екі компоненттен тұрады: E-UTRAN радиожелісі және SAE (System Architecture Evolution) базалық желісі. LTE-нің таратушы траспорттық желісінің жалпыланған архитектурасы 1.1 суретте көрсетілген [6].



1.1 Сурет - LTE-нің таратушы транспорттық желісінің жалпыланған архитектурасы

LTE желісінің негізгі құрылымының архитектурасы 1.2 суретте көрсетілген.

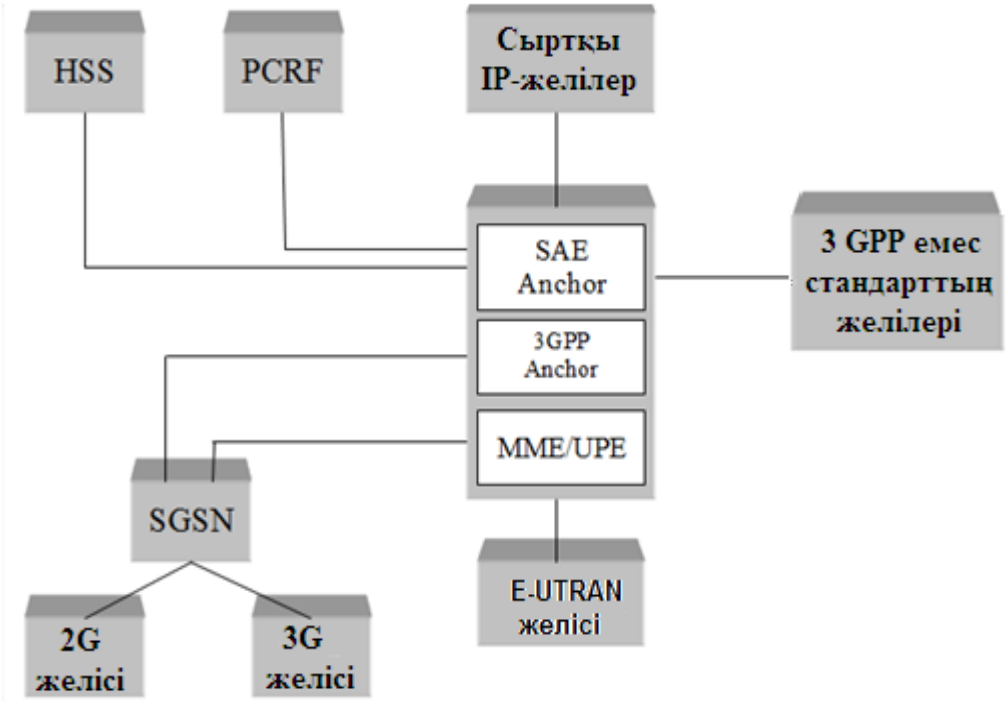


1.2 Сурет - LTE желісінің архитектурасы

E-UTRAN желісі eNB базалық станцияларынан тұрады. Базалық станциялар толық байланысты желінің элементтері болып табылады және өзара «бірімен-бірі» принципі бойынша байланысқан. Әр eNB-да дестелер коммутациясы принципі бойынша құралған SAE базалық желісімен S1 интерфейсі бар. LTE желісіндегі eNB-ға келесі функциялар жүктелген: радиоресурстарды басқару, тұтынушының мәліметтер ағынын шифрлеу, тұтынушы жазықтығында мәліметтер дестелерін қызмет көрсететін шлюз бағытында маршруттау, шақыру мен хабарлау ақпаратын диспетчеризация және тарату, мобильділікті басқару үшін есептерді өлшеу және құрастыру [7].

SAE базалық желісі құрамында, басқаша EPC (Evolved Packet Core), MME және UPE логикалық элементтерінен тұратын MME/UPE тораптары бар. MME логикалық элементі (Mobility Management Entity) абонент терминалының шапшаңдығын басқару міндеттерін шешеді және базалық станциялармен C-plane басқару жазықтығының протоколдарының көмегімен әрекеттеседі. Бұдан басқа MME шақыру хабарламаларын (paging) eNB-ға бөледі, басқару жазықтығының протоколдарын басқарады, абоненттік терминалдарға идентификаторларды тағайындайды, желінің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді, абонент хабарламасының шындығын тексереді және роумингті басқарады.

1.3 суретте SAE базалық станциясының архитектурасы көрсетілген.



1.3 Сурет - SAE базалық станциясының архитектурасы

UPE (User Plane Entity) логикалық элементі тұтынушы мәліметтерін U-plane пайдаланушы жазықтығының протоколдарына сәйкес тарату үшін жауап береді. UPE элементі келесі міндеттерді атқарады: IP-протоколдарының тақырыптарын қысқарту, мәліметтер ағынын шифрлеу, мәліметтер дестелерін

терминациялау.

SAE базалық желісінің архитектурасы мәліметтердің дестелік коммутациясының технологиясы негізіндегі IP-қызметінің барлық жиынтығын және дауыстық қызметтерді ұсынатын LTE жүйесінің дестелік PS-домені болып табылады. SAE базалық желісінің негізіне «барлығы IP арқылы» тұжырымдамасы енгізілген. Екінші және үшінші буын (UTRAN/GERAN) радиоқатынау желілері, сондай-ақ 3GPP емес (WiMAX, Wi-Fi) желілері, сымдық IP (ADSL+FTTH) технологияларын пайдаланатын желілер арқылы да қатынас болады [7].

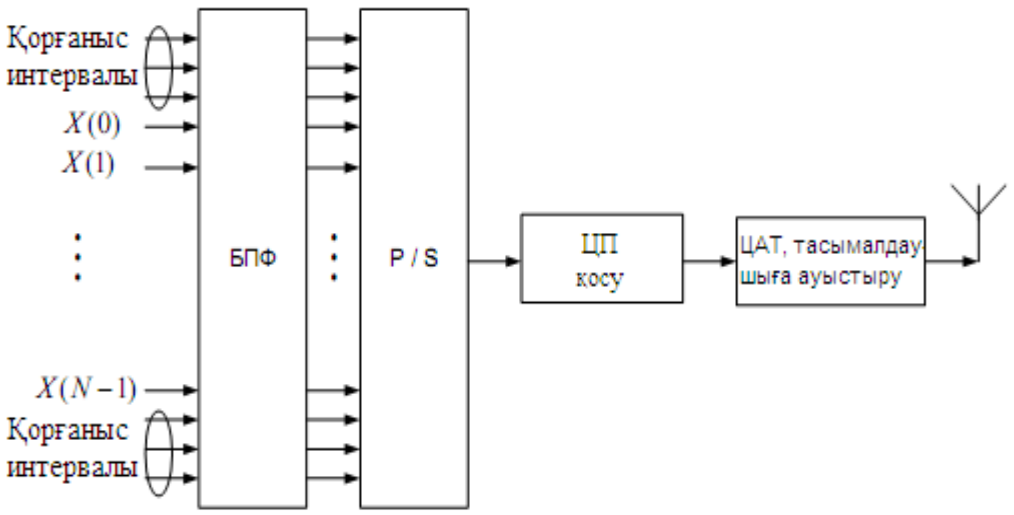
1.4 LTE желісінің радиоинтерфейсі

LTE желісінің E-UTRAN радиоинтерфейсі арналарды дуплексті бөлудің екі әдісін: жиіліктік FDD және уақыттық TDD әдістерін қолдайды. LTE желілерінің қызмет етуі ені әр түрлі жиілік диапазонында жүзеге асады. Төменгі және жоғарғы бағыттардағы сигналдар белсенді ресурстық блок санына қарай 1,4-тен 20 МГц жолақты алуы мүмкін. Төменгі және жоғарғы бағыттарда ақпарат тарату ұзақтығы 10 мс-ге тең кадрларда ұйымдастырылған. Кадрлар кішірек уақыттық құрылымдарға – слоттарға бөлінеді.

FDD жиіліктік бөлу режимінде кадр 0-ден 19-ға дейін нөмірленген 20 слотқа бөлінеді, оның әрқайсысының ұзақтығы 0,5 мс болады. FDD режимінде уақыттық ресурс кадрлар шегіне байланысты қарама-қарсы бағыттарда тарату үшін екіге бөлінеді. FDD режимінде физикалық арналар қарама-қарсы бағыттарда міндетті түрде дуплексті шашады. TDD арналарды уақыттық бөлу режимі асинхронды болады. TDD режимінде мәліметтер тарату екі бағытта да бір жиілік диапазонында болады.

E-UTRAN желісінің «төмен» линиясында радиоинтерфейстің ерекшелігі OFDMA көпқатынасты технологиясын қолдану болып табылады. OFDMA технологиясын қолданудың негізгі мақсаттарының бірі – сигналдардың көпсәулелі таратылуынан пайда болған кедергілермен күресу. Себебі OFDM-сигнал тез модуляцияланатын кең жолақты бір сигнал емес, баяу модуляцияланатын тар жолақты көп сигналдар ретінде қаралады. OFDM технологиясы көп ішкі тасымалдаушы жиіліктен тұратын көпжиілікті сигналды қалыптастыруға негізделген. OFDM-сигналын қалыптастыру кезінде ұзақтығы T_n/N ақпараттық символдардың ағыны N символдардан тұратын блоктарға бөлінеді. T_n - бір символдың ұзақтығы. Ақпараттық символдардың блогы параллель символдардың блогына айналады. Онда әр ақпараттық символ көпжиілікті сигналдың бір жиілігіне сәйкес келеді [4].

E-UTRAN желісінің «төмен» линиясында модуляцияның QPSK, 16 QAM, 64 QAM түрлері қолданылады. OFDM/QAM сигналын қалыптастыруда Фурье дискреттік кері тез айналуын (ФКТА) пайдаланады. LTE E-UTRAN желісінің базалық станциясының таратқышында OFDM сигналының қалыптасуы 1.4 суретте көрсетілген.



1.4 Сурет - OFDM сигналын қалыптастырудың құрылымдық сызбасы

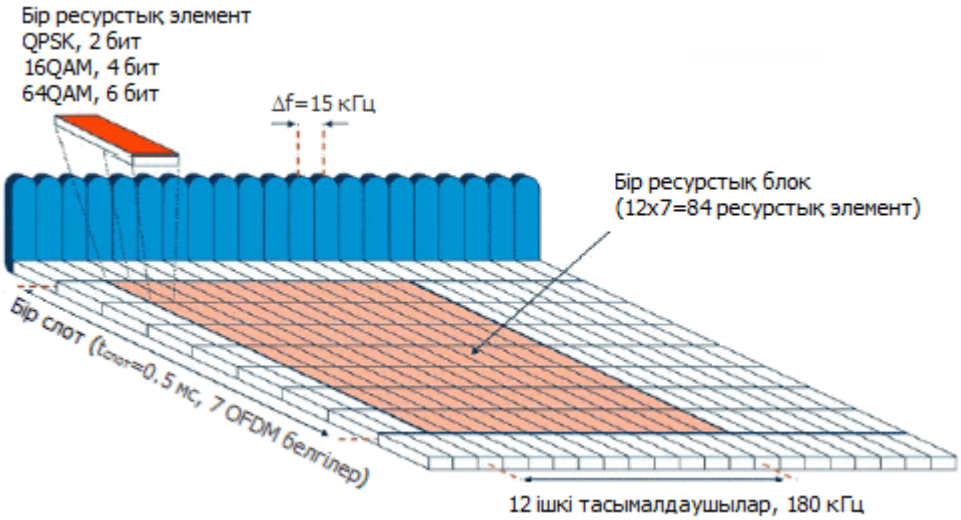
Символдар арасындағы интерференциямен күрес үшін ЦП (CP) циклдік префикстер қолданылады. 4,7 мкс қысқа және 16,7 мкс ұзақ префикстер пайдаланады.

E-UTRAN желісінің «төмен» линия үшін үш физикалық және төрт транспорттық арналары пайдаланылады:

- PDCCH (Physical Downlink Control Channel) – «төмен» линиясын басқарудың физикалық арнасы;
- PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) – жоғары жылдамдықты мультимедиа және мәліметтерді тарату үшін арналған «төмен» линиясының жалпы транспорттық физикалық арнасы;
- CCPCH (Common Control Physical Channels) – басқарудың жалпы физикалық каналы, қызметтік ақпаратты таратады;
- BCH (Broadcast Channel) – транспорттық хабар таратушы арна;
- PCH (Paging Channel) – шақырудың транспорттық арнасы;
- DL-SCH (Downlink Shared Channel) – «төмен» линиясының жалпы транспорттық арнасы;
- MCH (Multicast Channel) – топта хабар таратын транспорттық арна.

LTE E-UTRAN желісі радиоинтерфейсінің «жоғары» линиясында SC-FDMA (Single Carrier-Frequency Division Multiple Access) бір тасымалдаушыда таратуды жиіліктік бөлуі бар мультиплексирлеумен көпқатынас [1].

E-UTRAN желісінің «жоғары»линиясында тұтынушылардың бір-біріне өзара әсерін болдырмау үшін циклдық префикс енгізіледі, сондай-ақ қабылдау құралдарында тиімді эквалайзерлер қолданылады. Абоненттер арасында жиілік ресурсінің бөлінуі ресурс блоктарымен жүзеге асырылады. Олардың әрқайсы-сына 180 кГц жиілік жолағы сәйкес келеді. OFDM негізінде арнаның физикалық ресурстарының сызбасы 1.5-суретте көрсетілген.



1.5 Сурет - OFDM негізінде арнаның физикалық ресурстары

Бұл шашылған кезде 15 кГц көрші ішкі тасымалдаушы жиіліктер арасында 12 ішкі тасымалдаушыға сәйкес келеді. Рауалы ресурстық блоктардың максимал саны 20 МГц дейін жететін жиілік диапазонының жүйеге бөлінуіне байланысты болады.

LTE E-UTRAN желісінің «жоғары» линиясында үш физикалық және екі транспорт арналар пайдаланылады:

- PRACH (Physical Random Access Channel) – еркін қатынастың физикалық арнасы;
- PUCCH (Physical Uplink Control Channel) – «жоғары» линиясын басқарудың физикалық арнасы;
- PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) - «жоғары» линиясының физикалық бөлгіш транспорт арнасы;
- RACH (Random Access Channel) – кездейсоқ қатынастың транспорттық арнасы;
- UL-SCH (Uplink Shared Channel) – «жоғары» линиясының біріктірілген арнасы [3].

1.5 LTE технологиясының радиожиілікті спектрі

LTE үшін техникалық спецификацияда 3GPP және ETSI серіктестік жобасының жұмысшы тобымен радиожиіліктің FDD жиіліктік дуплекстің режимі үшін 17 жолағы және TDD уақыттық дуплексті режимі үшін 8 жолағы анықталған. Олар 1.1-кестеде көрсетілген. Сондай-ақ, 1.1 кестеде LTE желісінің дамуына арналған диапазондар Қазақстанда мобильді байланыс желісінің және түрлі технологиялардың сымсыз қатынасының жұмысы үшін игерілген немесе игеріліп жатқаны көрсетілген [5].

1.1 **К**есте - E-UTRAN радиоқатынау желісі үшін жиілік диапазоны

Жұмыс диапазонының нөмірлері	Жиілік диапазон, МГц		Дуплекс түрі
	«Жоғары» линиясы (UL)	«Төмен» линиясы (DL)	
1	1920 - 1980	2110 - 2170	FDD
2	1850 – 1910	1930 – 1990	FDD
3	1710 – 1785	1805 – 1880	FDD
4	1710 – 1755	2110 – 2155	FDD
5	824 – 849	869 – 894	FDD
6	830 – 840	875 – 885	FDD
7	2500 – 2570	2620 – 2690	FDD
8	880 – 915	925 – 960	FDD
9	1749,9 – 1784,9	1844,9 – 1879,9	FDD
10	1710 – 1770	2110 – 2170	FDD
11	1427,9 – 1452,9	1475 – 1500,9	FDD
12	698 – 716	728 – 746	FDD
13	777 – 787	746 – 756	FDD
14	788 – 798	758 – 768	FDD
17	704 – 716	734 – 746	FDD
18	815 – 830	860 – 875	FDD
19	830 – 845	875 – 890	FDD
33	1900 – 1920		TDD
34	2010 – 2025		TDD
35	1850 – 1910		TDD
36	1930 – 1990		TDD
37	1910 – 1930		TDD
38	2570 – 2620		TDD
39	1880 – 1920		TDD
40	2300 – 2400		TDD

Сондықтан Қазақстанда LTE желісінің құрылуы барысында жиілік диапазонды пайдалануға рұқсат алу және таңдау жасауда қиыншылықтар кездесуде. Осылайша, келешекте LTE желісінің Қазақстанда енгізілуі ұлттық жоспарлау негізінде радиожиілік спектрді пайдалануды реформалау қажеттігіне байланысты.

1.6 UMTS/GSM және 3GPP емес стандарттарымен өзара әрекеті

Абоненттік терминалдың бір желіде қызмет көрсету аумағынан басқа қызмет аумағына ауысу барысында мобильдігін ұстау – маңызды міндет. Бұл міндет LTE желісінің 3GPP (UMTS/GSM/HSPA+) стандартының мобильді

байланысымен өзара әрекеті барысында пайда болады. LTE желісінің 3GPP желісімен әрекеті – дискреттік мобильдікті (роуминг) қамтамасыз ету және үздіксіз мобильді байланысты (хэндовер) қамтамасыз ету.

LTE желісінің 3GPP желісімен әрекетінің негізгі интерфейсі S3, S4 және S12 интерфейс болып табылады. Берілген интерфейстер MME мобильдігін басқарудың логикалық элементі мен LTE желісінің 3G желісіндегі SGSN сервис торабымен GTP (GPRS Tunnelling Protokol) туннельдік протокол көмегімен S-GW шлюзінің әрекетін қамтамасыз етеді. GTP протоколы (GTP-C протоколы) басқару жазықтығындағы мәліметтерді тарату үшін және тұтынушы жазықтығындағы (GTP-U протоколы) мәліметтерді тарату үшін арналған. Роуминг жағдайында қонақтағы желінің S-GW шлюзі үйдегі желінің P-GW шлюзімен (дестелер желісімен әрекеттесу шлюзі) әрекеттеседі.

LTE желісінің басқа 3GPP желісімен телефонияның дәстүрлі қызметін ұсыну үшін әрекеттесуі арналар коммутациясының дәстүрлі технологиясының (TDM) көмегімен, сондай-ақ IMS сервистік ішкі жүйе базасындағы дестелер коммутациясы технологиясының көмегімен болады.

LTE желісінің басқа 3GPP желісімен хэндовері дауыспен шақыру барысында MME логикалық элементінің MSC серверімен Sv интерфейсі бойынша LTE желісінен арналардың дәстүрлі домен коммутациясына (CS-домен) шақыру жағдайында болады және MME логикалық элементінің SGSN торабымен Sv интерфейсі бойынша LTE желісінен арналардың дестелер домен коммутациясына (PS-домен) дауыспен шақыру жағдайында болады.

LTE желісінің 3GPP емес желілермен әрекеттесуі кепілденген қауіпсіздігі бар, яғни, «сенімді» желілермен және де «сенімсіз» - қауіпсіздігі кепілденбеген желілермен әрекеттесу түрлеріне бөлінеді. «Сенімді» желілер ретінде басқа стандарт желілерінің (cdma2000, WiMAX), «сенімсіз» желілер ретінде Ғаламтордың ашық IP-желінің қосылуы жатады. LTE желісінің 3GPP емес «сенімді» желілермен әрекеттесуі P-GW шлюзінің көмегімен, «сенімсіз» желілердің әрекеттесуі ePDG шлюзінің көмегімен жүзеге асады.

EPC базалық желісін құру «барлығы IP арқылы» концепциясын ескере отырып, абоненттік терминалдың LTE желісінің 3GPP емес желілермен әрекеттесуі барысындағы мобильдігі IP желілердегі мобильдікті басқару протоколдарына негізделген:

- хосттар негізінде мобильдікті басқару протоколдары – HBM (Host Based Mobility) – MIPv4, DSMIPv6;
- желі негізінде мобильдікті басқару протоколдары – NBM (Network Based Mobility) – PMIPv6.

IP-адрес бойынша абоненттік терминалды сәйкестендіру және маршруттау IP желілердегідей жүзеге асырылады.

Деректерді беру әлемде қазір кең таралғандарға (2G) GSM/EDGE-нің ұялы байланысын стандарт жинағы 240 Кбит/ сек-ті жылдамдығының шегін құрайды. 3G үшінші ұрпақтары жылдамдықты 7-14 Мбит/сек-ке дейін құрайды. 3G және 4G стандарттарының айырмашылықтары 1.2 - кестеде көрсетілген.

1.2 Кесте - 3G және 4G стандарттарының айырмашылықтары

Параметрлері	3G	4G
Өткізу қабілеттілігі	≤ 2 Мбит/с	≤ 1000 Мбит/с
Мобильдікті басқару	Желіге белгілі бір протоколмен қатынау(MM, GMM)	IP протокол негізінде (SIP)
Спектралды тиімділігі	≤ 1 бит/с/Гц/ұяшық	≤ 15 бит/с/Гц/ұяшық
Дуплекс түрі/қолдану спектрі	FDD жолақтың статикалық үлестірілуі (5 МГц)	FDD немесе TDD, жолақтың динамикалық үлестірілуі (1,25- 40 МГц)
Көптік қатынау	WCDMA	OFDMA
Жылдамдығы	Стационар объекттер үшін: 2 Мбит/с Жылжымалы объекттер үшін: 384кбит/с	Стационар объекттер үшін: 1 Гбит/с Жылжымалы объекттер үшін: 100 Мбит/с

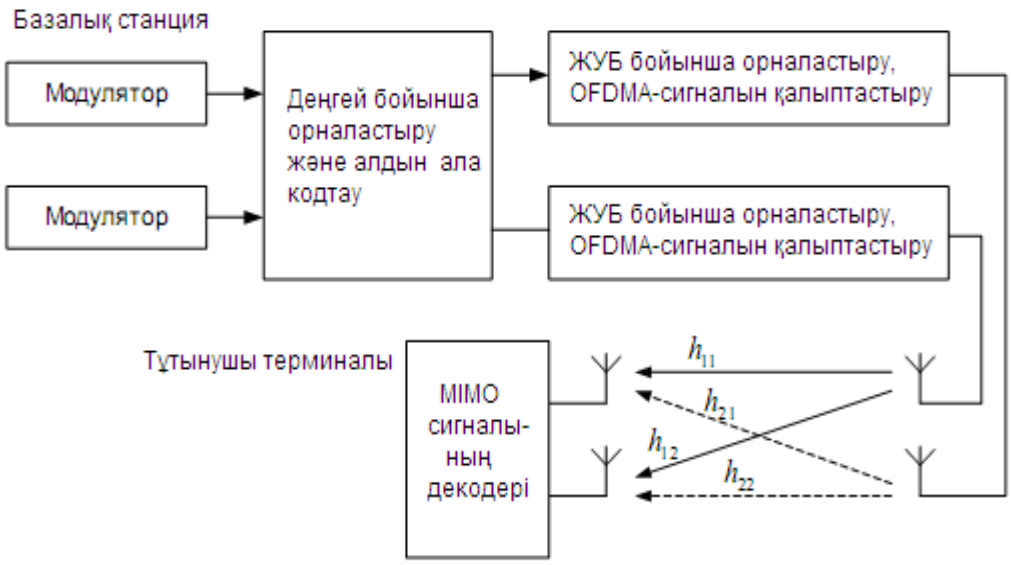
1.7 LTE желісінде MIMO технологиясын қолдану

LTE желісіндегі MIMO технологиясы жоғары жылдамдықты ақпарат таратуды қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

MIMO (Multiple Input Multiple Output – көптік кіру – көптік шығу) – біруақытта үлкен мөлшердегі мәліметтерді беруге арналған бірнеше таратқыштар мен қабылдағыштарды пайдалануға негізделген сымсыз технология. MIMO технологиясы көпсәулелі тарату деп аталатын радиотолқындардың тарату эфектін пайдаланады, ол кезде берілетін белгілер әртүрлі нысандардан шағылысады және кедергілер және қабылдағыш антенна белгілерді түрлі қырлардан және түрлі уақытта қабылдайды. MIMO технологиясын қолданғанда арналардың кедергіге беріктігін ұлғайтуға және қатемен қабылданған биттардың салыстырмалы санын азайтуға мүмкіндік береді. MIMO жүйесінің жұмысы екі принцип бойынша ұйымдастырылуы мүмкін: кеңістіктік тығыздылу принципі бойынша және кеңістік-уақыттық кодтау принципі бойынша.

Бірінші жағдайда түрлі таратушы антенналар әртүрлі мәліметтік символдар блогын немесе түрлі мәліметтік блоктар таратады. Мәлімет тарату біруақытта паралелді екі немесе төрт антеннадан беріледі. Қабылдағыш жағында қабылдау және белгілерді антенналарға бөлу жүргізіледі. Екінші жағдайда барлық таратушы антенналардан алдынала кодтау сызбасы бойынша бірдей мәліметтерді тарату жүзеге асырылады [3].

MIMO технологиясының антенналық конфигурациялары симметриялы (2×2, 4×4) және симметриясыз (1×2, 2×4) мәндерді қабылдайды. 1.6-суретте кеңістіктік-уақыттық кодтау принципі бойынша жүзеге асырылған, екі таратқыш және екі қабылдағыш антенналары бар MIMO-жүйесінің құрылымдық сызбасы көрсетілген.



1.6 Сурет - 2×2 MIMO-жүйесінің құрылымдық сызбасы

1.8 LTE желісімен ұсынылатын қызмет түрлері

LTE желісі ұсынатын қызмет түрлері, 2G/3G желісімен салыстырғанда кең ауқымды қызмет түрін көрсетеді. Бірінші кезекте бұл желінің жоғары өткізу қабілеттілігіне және мәлімет таратудың жоғары жылдамдығына, сондай-ақ «барлығы IP арқылы» концепциясына көшуге байланысты. LTE желісі ұсынатын қызметтердің негізгісі мыналар:

- дестелік дауыс тарату;
- Ғаламтор-файлдарды тарату;
- электронды поштаны жеткізу;
- мультимедиялық хабарламаларды тарату;
- құрамына ағымдық қызметтер, файлдарды жүктейтін қызметтер, телевизиялық қызметтер кіретін мультимедиялық тарату;
- ағымдық бейне;
- VoIP және жоғары сапалы бейнеконференциялар;
- әртүрлі типтегі фиксирленген және мобильді терминалдар арқылы онлайн ойындар;
- реквизиттерді және идентификациялық мәліметтерді жоғары жылдамдықпен таратын мобильді төлемдер [5].

1.9 Тапсырманың қойылымы

Бұл дипломдық жобаның мақсаты: Талдықорған қаласына қарасты Баянауыл ауылдық округінде LTE технологиясы негізінде кең жолақты қатынас желісін ұйымдастыру.

Дипломдық жобада келесі сұрақтарды қарастырамын:

- қолданыстағы телефондық желінің сызбасын (А қосымшасы) көрсету,

3G және 4G стандарттарының бір-бірінен айырмашылықтарына қысқаша талдау жүргізу;

- транспорттық желінің, LTE желісінің басқару, eNodeBand LTE базалық станциясының, электрқуаттандыру жабдықтарын таңдау;
- желінің өткізу қабілеттілігін, потенциалды абоненттер санын, бөлімшедегі жалпы өшулікті, электрқуаттандыру жабдығының параметрлерін, жерге тұйықтау контурін, LTE желісі үшін радиоқамту аймақтарын есептеу, жиілік-аумақтық бөлуді жүргізу және eNB-нің ситуациялық орналасу сұлбасын көрсету;
- жұмыс бөлмесінде ауаны кондиционерлеу мәселесін қарастыру;
- жобаның техникалық-экономикалық негіздеуін жасау;
- дипломдық жоба бойынша қорытынды жасау.

1.10 Транспорттық желінің құрылғысын таңдау

LTE технологиясының алдыңғы 2G және 3G мобильді байланыс технологияларынан негізгі айырмашылығы:

- IP-протоколы бойынша мәліметтер тарату және дауыстық байланысты ұйымдастыру;
- мәліметтер таратудың жоғары жылдамдығы;
- қарапайымдалған желі архитектурасы.

Транспорттық желінің құрылғысын біріншіден LTE технологиясының ерекшеліктерін ескере отырып таңдаған дұрыс, сонымен қатар, берілген құрылғы сенімділік талаптарына жауап беретін; тиімділігімен, иілгіштігімен, ықшамдылығымен ерекшеленетін, функциялардың кең жинағына ие болатын және «баға–сапа» ұғымын қанағаттандыратын болу керек. Транспорттық желі құрылғысын таңдаудың басты шарты болып LTE желінің есептелген өткізу жолағына сәйкес тұтынушылардың сенімді мәліметтер тарату табылады.

Жобаланатын LTE желісінің транспорттық желісі Ethernet технологиясы бойынша оптоталшықты тарату линиясы арқылы жүзеге асады. Ethernet (IEEE 802.3 стандарты) технологиясында келесі жылдамдықтар анықталған: 10 Мбит/с жылдамдықты Ethernet, 100 Мбит/с жылдамдықты Fast Ethernet, 1 Гбит/с жылдамдықты Gigabit Ethernet және 10 Гбит/с жылдамдықты 10 Gigabit Ethernet. 1 және 10 Гбит/с жылдамдықтар транспорттық желі қолдануға болады. Ethernet жүйесінің маңызды артықшылығы болып IP хаттамасының стегіне максималды жақындауы және кең үлкейту мүмкіндігі табылады [8].

Мобильді желінің жобалану әлемінде радиоқатынау және транспорттық желілері үшін құрылғылар таңдаудың әртүрлі шешімдері бар. Мобильді байланыс желілеріне құрылғы өндіруші компаниялар операторларға әр түрлі көрсеткіштері бойынша таңдалған аппаратура стегінен тұратын дайын шешімдер пакеттерін ұсынады. Мобильді оператордың транспорттық желісін жүзеге асыру үшін дайын шешімдер пакеттеріне жұмыс станциясы, коммутаторлар, маршрутизаторлар, мультисервистік станциялар, сонымен қатар желіні басқару үшін мамандан-дырылған құрылғы кіруі мүмкін.

Бүгінгі таңда LTE транспорттық желісін жүзеге асыру үшін коммутация-лық құрылғыны өндіруші әртүрлі компаниялардың барлық шешімдерінің арасында екі компания шешімдері ерекшеленді: «Cisco Systems» және «Alcatel – Lucent». Осы компаниялардың шешімдеріне қысқа талдау жүргізіп, нәтижелерін 1.3 кестеге енгіземіз.

LTE транспорттық желісін жүзеге асыру үшін «Cisco Systems» компаниясының шешімі көп параметрлері бойынша жақсырақ екені 1.3 кестеден көрінеді. Берілген өндіруші құрылғыларының бағасы жоғары болғанмен, жоғары сапалы орындауы және техникалық қолдауының жоғары деңгейі тап осы өнімнің пайдасына таңдау жасауға мүмкіндік береді [9].

1.3 Кесте - LTE транспорттық желісін жүзеге асыру үшін «Cisco Systems» және «Alcatel – Lucent» компанияларының шешімдерін талдау нәтижелері

LTE транспорттық желісінің коммутациялық құрылғысы	Өндіруші компаниялар	
	«Cisco Systems»	«Alcatel – Lucent»
1	2	3
1. E-UTRAN радио қатынау желісінің коммутациялық құрылғысы	«ME 3600 CX24C» коммутаторы: үш eNB-ге дейін қосылу мүмкіндігі бар әмбебап; 24 1 GEthernet порты; бағасы жоғары; тарату протоколы – OSPF, RIPv2, EIGRP, BGP; істен шығу алдындағы жұмыс істеу уақыты 7 жыл; басқару протоколы – SNMP; IP маршрутизациясы	«7750 SR» сервистік маршрутизаторы: мегаполисте кең масштабты желіге сәйкес келеді; IP маршрутизациясы; 10 портты 10 GEthernet; бағасы жоғары; оптикалық талшықты қосу үшін қосымша SPF модульдері қолданылады; тарату протоколдары – OSPF, BGP
2. Интеллектуалды агрегация желісінің коммутациялық құрылғысы	«7603 OSR» оптикалық сервисті маршрутизатор: өнімділігі 240 Гбит/с; 48 портты GBASE-LX; 4 портты 10GBASE-ER; бағасы жоғары; үлкейту мүмкіндігі бар; тарату протоколы – OSPF, RIPv2, EIGRP, BGP; істен шығу алдындағы жұмыс істеу уақыты 7 жыл; басқару протоколы – SNMP; IP маршрутизациясы	«7705 SAR» сервистік агрегация маршрутизаторы: 6 портты 10/100 EthernetBASE-T; 2 портты GEBASE-TX SPF модулдерімен; бағасы төмен, өнімділігі төмен; IP маршрутизациясы; тарату протоколдары – OSPF, BGP
3. Қызметтерді басқару, EPC LTE жүзеге асыруға арналған құрылғылар	«ASR 5000» мультисервистік оптикалық платформа: өнімділігі 320 Гбит/с; интерфейстері – GE, 10GE; бағасы жоғары; тарату протоколы – OSPF, RIPv2, EIGRP, BGP	«5620 SAM» желіні басқару жүйесі: өзіне бірнеше коммутаторды және маршрутизаторды қосады; Ethernet, ATM қолдайды; IP маршрутизациясы; тарату

Бүгінгі таңда «Cisco Systems» компаниясы әлемде коммутациялық құрылғыны өндірістің сөзсіз көшбасшысы болып табылады. Осы

компанияның өнімін өз желілерінде мобильді байланыстың 250-ден астам операторлары әлемнің 75-тен астам елінде қолданады. «Cisco Systems» компаниясының шығарылатын өнімі сенімділік, өнімділік, көп қызметтілік, үлкейту мүмкінділік және қауіпсізік сияқты сапаларға ие. Осы дипломдық жобада LTE транспорттық желісінінің құрылғысын таңдауда «Cisco Systems» компаниясының құрылғысына таңдау береміз.

LTE технологиясы бойынша мәліметтерді таратуға арналған транспорттық желісінің құрылғысы келесі түрге бөлінеді:

- радиоқатынау желісінің транспорттық жабдығы;
- интеллектуалды агрегацияның транспорттық жабдығы.

«Cisco Systems» компаниясында мобильді операторлар үшін транспорттық желіні құрудың дайын шешімдері бар. Соның біреуін пайдаланамыз.

Радиоқатынау желісінің транспорттық жабдығы ретінде «Cisco ME 3600 X 24CX» коммутаторын таңдаймыз. Осы модель «Cisco Systems» компаниясының мобильді байланыстың басқа операторларымен зор тәжірибелі жұмысын есепке ала отырып таңдалған. Осы модель аппаратты жылдамдатуға, тұйықталмайтын өнімділікке, аз кідіріске және джиттерге ие.

«Cisco ME 3600 X 24CX» коммутаторының чипсеті Carrier Ethernet желісі үшін арнайы жасалынған. Осы коммутатордың сыртқы бейнесі 1.7 суретінде көрсетілген.

1.7 Сурет - «Cisco ME 3600 X 24CX» коммутаторының сыртқы бейнесі

«Cisco ME 3600 X 24CX» коммутаторының қысқаша техникалық сипаттамалары:

- оптоталшықты порттар саны: 6;
- IP-маршрутизацияны ұйымдастыру;
- жылдамдығы: 10/100/1000 Мбит/с;
- өлшемдері (ұ×е×б): 516×444×43;
- салмағы: 6,57 кг;
- басқару протоколы: SNMP;
- мәліметтер тарату протоколдары: OSPF, IS-IS, EIGRP, RIPv2;

- оперативті жады: 1024 МБ;
- оперативті жады түрі: DRAM;
- тұтыну қуаты: 228 Вт;
- кіріс сигнал жиілігі: 50/60 Гц;
- кіріс кернеуі: айнымалы 100-240 В, тұрақты 48 В;
- өткізу қабілеттілігі: 65 Mpps;
- мәліметтер таратудың максималды жылдамдығы: 44 Гбит/с;
- Ethernet оптоталшықты технологиялары: 1000 Base-LX, 100 Base-BX, 100 Base-FX, 100 Base-LX;
- оптоталшықты коннектор: LC, LX-5;
- оптоталшықты кабель бойынша тарату қашықтығы: 80 км;
- толқын ұзындығы: 1310/1550 нм [9].

«Cisco ME 3600 X 24CX» коммутаторы бірнеше eNB базалық станцияларының қосылуына мүмкіндік береді.

1.8 Сурет - «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторының сыртқы бейнесі

Интеллектуалды агрегацияның транспорттық жабдығы ретінде «Cisco 7603 OSR» (Optical Service Router) оптикалық сервистік маршрутизаторын қолданамыз. Осы маршрутизатордың сыртқы бейнесі 1.8 суретінде көрсетілген. «Cisco 7603 OSR» оптикалық маршрутизаторы (WAN) территориялық таралған және (MAN) қалалық желілері үшін арналған. Осы маршрутизатордың негізгі міндеті байланыстың оптикалық арналарының жылдамдығында критикалық IP қосымшаларының жұмысын қамтамасыз ету болып табылады.

«Cisco 7603 OSR» маршрутизаторының негізгі мүмкіндіктері және техникалық сипаттамалары:

- Cisco IOS БҚ-ның толық міндеттер спектрін қолдау;
- NEBS стандартымен үйлесімді шасси;
- Cisco IOS БҚ-ның Global Resilience IP қуаттандыру блоктарын, басқарушы модульдерін және бағдарламалық мүмкіндіктерін сақтау арқасында платформаның жоғары қол жетімділігі;
- Cisco PXF технологиясының арқасында желілік қызметтердің аппараттық жылдамдатуы;

- MPLS/IP технологиясын қолдау;
- 24 портты 10 Base-FL, 24 портты 10Base-FX, 48 портты 1000 Base-LX және 4 портты 10 GBase-ER бар;
- максимал өнімділігі: 240 Гбит/с, 30 млн. десте/с;
- шинаның өткізу қабілеттілігі: 32 Гб/с;
- өлшемдері (ұ×е×б): 55,25×44,12×17,78;
- қуаттандыруы: AC 110 - 240 В, DC 48 - 60 В;
- істен шығу алдындағы жұмыс істеу уақыты: 7 жыл;
- эксплуатация шарттары: температуралық режим 0 – 40 °С, ылғалдылық 10 – 85% [9].

Транспорттық желінің құрылғысын таңдаудың нәтижесіне сәйкес транспорттық желінің байланысын ұйымдастыру сұлбасын тұрғызамыз. 1.9 суретте транспорттық желінің байланысын ұйымдастыру сұлбасы көрсетілген. (А қосымшасында) көрсетілген.

1.11 Оптикалық кабельді таңдау

Оптикалық кабельдер мінсізге жақын тарату ортасы болып табылады. Мәліметтерді тарату жылдамдығы, көлемі, сенімділігі жеткізу ұзақтығы бойынша оптикалық кабельдер басқа технологиялық шешімдерінен едәуір озады. Сондықтан, бүгінгі таңда оған альтернатива жоқ. Тағайындалуы бойынша қолданыстағы оптикалық кабельдердің классификациясы 1.10 суретте көрсетілген. (Б қосымшасында) көрсетілген.

Оптикалық кабельдің негізгі элементі болып бойымен 0,85 – 1,6 мкм толқын ұзындықты жарық сигналдары таратылатын цилиндр пішінді жұқа шыны талшық түрінде жасалынған (жарық өткізгіш) оптикалық талшық табылады. Жарық өткізгіш қос қабатты құрылымды болады және әртүрлі сыну көрсеткіштері бар өзекше мен қабықшадан тұрады [10].

Өзекше электромагнитті энергияны тарату үшін қолданылады. Қабықшаның міндеті – «өзекше - қабықша» шегінде шағылудың жақсы шарттарын жасау және қоршаған ортадан түсетін бөгеттерден қорғау. Қолданыстағы оптикалық кабельдер құрылымдарында екі түрлі жарық өткізгіштер қолданылылады: көп модалы (сатылы және градиентті) және бір модалы. Жиіліктік–өткізгіштік қабілеті және тарату қашықтығы бойынша бір модалы жарық өткізгіштері ең жақсы болып табылады. Қолданыстағы кабельдер түрлерінінің бар алуантүрлілігі үш топқа бөлуге болады:
- аспалы концентрлі бұрамы бар кабельдер;
- фигуралы өзегі бар кабельдер;
- таспа түрлі жалпақ кабельдер.

Оптикалық кабельдерде оптикалық талшықтан басқа келесі элементтер бар:
- өздеріне үзілуге бойлық жүктемені қабылдайтын күштік қатайтатын өзектер;
- механикалық әсер кезіндегі кабель табандылығын арттыратын

қаптайтын элементтер;

- шылқыған пластмасса желілері түріндегі толтырғыштар;
- ылғалдың енуінен, зиянды заттардың буларынан және сыртқы механикалық әсерлерден сақтайтын сыртқы қорғаныс қабықшалар.

Бүгінгі таңда оптикалық кабельдерді отандық та және шетелдік те компаниялар өндіреді. Қазақстанда оптикалық кабельдердің ірі өндірушілері: «Казцентрэлектропровод» ЖШС, «OpticsService» ЖШС, «САТЕЛИТ»ЖШС және «Дан-Кабель» ЖШС. Осы дипломдық жобада транспорттық желісін жүзеге асыру үшін оптикалық кабельдің үш түрі қолданылады: топырақта төсеу үшін, аспалы және канализацияда төсеу үшін арналған кабельдер. Оптикалық кабельдің өндірушісін таңдауда «Казцентрэлектропровод» ЖШС-на бағалау берілген. Транспорттық желіні құру үшін таңдалынған оптикалық кабельдердің негізгі параметрлері 1.4 кестеде көрсетілген [10].

1.4 Кесте - Оптикалық кабельдердің негізгі параметрлері

Параметрлер	Кабель төсеу түрі		
	канализацияда	топарықта	аспалы
Кабель маркасы	ОКС-М	ОКБ-Т	ОКА-Т
Оптикалық талшықтар саны	4 – 72	4 – 24	4 – 24
Талшықты өндіруші-компания	Fujikura	Fujikura	Fujikura
Талшық түрі	ОМ	ОМ	ОМ
Пластмасс (металл) модульдер саны	6 – 12	1 (метал.)	1 (метал.)
Модуль түтікшесінің диаметрі, мм	2	3,0 – 6,0	3,0 – 6,0
Кордель саны/диаметрі	-/2,0	-/3,0 – 6,0	-/3,0 – 6,0
Кабельдің сыртқы диаметрі, мм	15,0	18,5	18,5
Кабель массасы, кг/км	190	436	540
Қоршаған ортаның жұмыс температурасы, °С	-40 - +50	-40 - +50	-60 - +60
Кабель бүгілуінің минимал радиусы, мм	250	250	300
Рауалы созушы күш, кН	1,5	7,0	3,5 – 7,0
Жабдықтау ұзындығы, км	2,0	2,0	2,0

1.12 LTE желісінің басқару құрылғысын таңдау

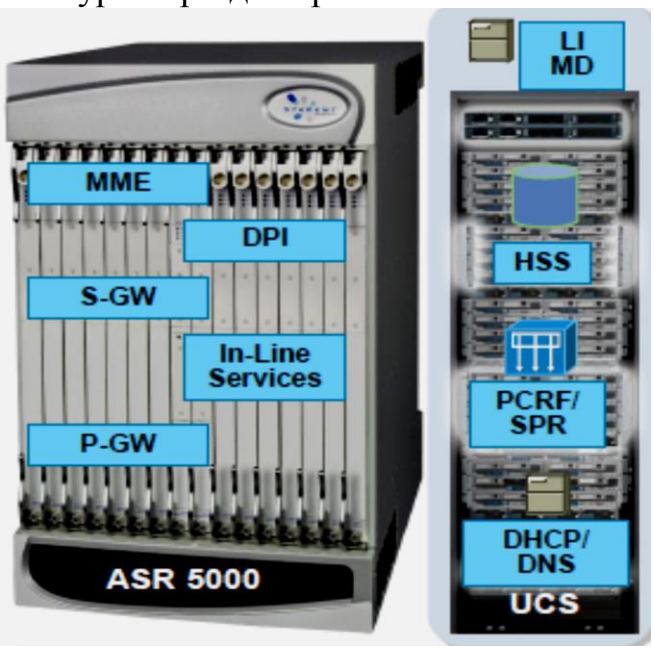
LTE желісіндегі абоненттік сессияларды және қызметтерді басқару базалық дестелік желі EPC көмегімен жүзеге асырылады. EPC желісі келесі бөліктер мен логикалық элементтерден тұрады [14]:

- MME (Mobility Management Entity) – мобильдікті басқару торабы –

абоненттік терминалдың мобильдік басқару мәселелеріне, (NAS Security) мобильді байланыстың басқару қауіпсіздігіне және қызметтік мәліметтер таратуды басқаруға жауап береді;

- SGW (Serving Gateway) – LTE желісінің қызмет көрсету шлюзі – базалық станцияларының ішкі жүйесінен/жүйесіне түсетін мәліметтердің маршрути-зациясына және өңдеуіне жауап береді;
- PGW (Public Data Network Gateway) – басқа операторлардың желілері-нен/желілеріне кететін шлюз – LTE операторларынан/операторларына басқа 2G, 3G, 3GPP және Internet желілеріне дауысты және мәліметтерді таратуына жауап береді;
- HSS (Home Subscriber Server) – абоненттік мәліметтер сервері;
- PCRF (Policyand Charging Rules Function) – абоненттерге көрсетілген қызметтер үшін төленетін ақыларды шығару торабы;
- DHCP/DNS – IP-адрестерді беретін сервер [13].

EPC LTE желісін жүзеге асыру шешімі «Cisco Systems» компаниясымен құрылды. Жүзеге асырудың негізігі идеясы «Cisco ASR 5000 PCS3» мультисервисті платформасы шассиінде MME, SGW, PGW функцияларының үйлесуі 1.10 және 1.11 суреттерінде көрсетілген.



1.11 Сурет «Cisco ASR 5000 PCS3» базасының платформасы

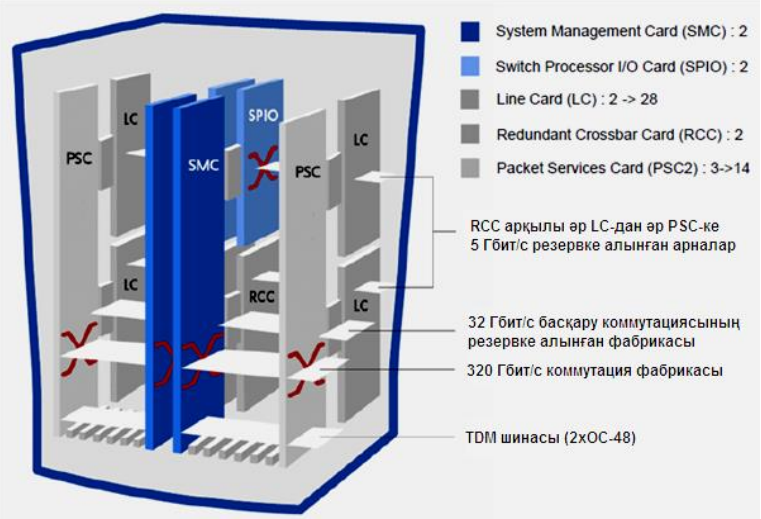
«Cisco ASR 5000 PCS3» маршрутизаторы арнайы мобильді кеңжолақты желілер үшін құрастырылған. Ол арнайы архитектурасымен, кіріктірмелі интелектуалды функцияларымен, үлкейту мүмкіндігімен және сенімділігімен ерекшеленеді.

«Cisco ASR 5000 PCS3» платформасы байланыс операторларына қосымша құрылғыларды жаппай сатып алмай-ақ өнімділігін және сыйымдылығын ұлғайтуға мүмкіндік береді. «Cisco ASR 5000 PCS3» маршрутизаторын өз желілерінде әлемнің 250-ден астам операторлары қолданады [9].

«Cisco ASR 5000 PCS3» платформасының артықшылықтары:

- интегралданған желілік функциялар, жоғары өткізу қабілеттілігі бар сервистер;
- барлық компоненттерді сақтау;
- бір шасси аясында абоненттік сессияларды автоматты қалпына келтіру;
- процестерді және олардың күйлерін көшіру функциясы;
- платформаның қолжетімділігі 99,9999%;
- сессияны қалпына келтіру 2 сек. аспайды;
- арнайы белгіленген сервистік платалардың және модульдердің жоқтығы;
- процессорлық ресурстар автоматты түрде жүйенің қажеттіліктеріне бейімделеді;
- өзге процесстер үшін жадыны қорғау;
- ортақ бағдарламалық қамтамасыз ету;
- бағдарламалық қамтамасыз етуді жаңарту сервистерді тоқтатпай-ақ жүзеге асырылады;
- бағдарламалық функциялар барлық платформалар бойынша бөлінген.

«Cisco ASR 5 000 PCS3» платформасының архитектурасы 2.6 – суретте көрсетілген.



1.12 Сурет - «Cisco ASR 5000 PCS3» платформасының архитектурасы

«Cisco ASR 5000 PCS3» платформасының басты айырмашылығы «In-line Services» кіріктірмелі сервисінің болуында:

- DPI – дестелердің терең инспекциясы – трафик түріне байланысты абоненттерге түрлі сападағы қызметтер мен тарификацияның епті ережелерін ұсына отырып трафикті талдауға және қызметтерді ерекшелеп көрсетуге мүмкіндік береді;
- нағыз уақыт көлемінде біррангты протоколдардың трафигін анықтау; түрлі ережелерді анықтайды: рұқсаттама немесе тұйықтау, спецификалық трафикация, тұтынылатын өткізу жолағын қадағалау;
- мобильді абонентерден HTTP сауалының URL талдауы негізінде

контентті фильтрациялау;

- дербес NAT/Firewall.

«Cisco ASR 5000 PCS3» платформасының қысқаша техникалық сипаттамасы:

- өткізу қабілеттілігі: 320 Гбит/с;
- сессиялар саны: 4 млн.;
- желілік интерфейстер: 10/100/1000 Ethernet, 10 Гбит/с Ethernet, OLC/CLC Line Cards (ATM, POS, Frame Relay);
- кіріс кернеуі: DC 40 – 60 В;
- өлшемдері (ұ×е×б): 60,95×44,45×63,23 мм;
- толық массасы: 139,25 кг;
- максималды қуат: 800 Вт;
- 42 RU тіреуішіне үшке дейін «Cisco ASR 5000 PCS3» орнатуға болады.

1.13 eNodeBand LTE базалық станциясының құрылғыларын таңдау

eNB LTE базалық станцияларының құрылғыларының негізгі жабдықтаушылары болып «Nokia Siemens Networks», «Huawei», «ZTE» және «Ericsson» компаниялары табылады.

eNB LTE базалық станциясының құрылғыларын таңдауда бірінші кезекте аталған құрылғының басқа мобильді байланыстың стандарттарын қолдау мүмкіндігіне назар аудару қажет. Сондай-ақ TRX тарату-қабылдағышының жоспарланған шығыс қуаты және техникалық сипаттамалары жайлы ұмытпау керек.

Жобаланатын желі үшін оның ерекшеліктерін ескере отырып «Nokia Siemens Networks» компаниясының құрылғыларын таңдауға болады. Радиоқатынау құрылғысы ретінде «Flexi Multiradio» базалық станциясын қолдану ұсынылады.

«Микран» ҒӨМ мәліметтері бойынша, «Flexi Multiradio» мультистандартты базалық станциясы сайттарды құруда керемет мүмкіндіктерді ұсынады. Берілген eNB-ді қолданғанда төмен электротұтынуға, үнемі өсіп келе жатқан мобильді трафигіндегі сыйымдылық талаптарына сәйкестікке және жоғары спектрлі тиімділікке кепілдік беріледі.

«Flexi Multiradio» антенналық жүйесі антеннаның әр элементі үшін жеке қуат күшейткіштері бар антенна мен радиоқұрылғыны бір функционалды блокқа біріктіретін белсенді антенналар технологиясына негізделген. Белсенді антенна сәулелерді құрастыруға, жеке радиоқосылуды және оның бағытын белгілі бір тұтынушыға фокустауға мүмкіндік береді.

«Flexi Multiradio» базалық станциясы әлемнің 200-ден астам мобильді байланыс операторларында орнатылған және жұмыс істейді, энерготиімділігі мен радиожеліні бағдарламалық басқаруы үшін сыйлықтар қатарына лайықты болған.

«Flexi Multiradio» базалық станциясы екі негізгі элементтерден тұрады: сигналдарды цифрлық өңдеуге арналған жүйелік модуль және үш қабылдау-

таратқышы бар радиомодуль.

eNB «Flexi Multiradio» артықшылықтары:

- сайттың жеңіл құрастырылуы және жеңіл орнатылуы, орнату құны 25%-қа азайды;
- E1 және GEthernet жүйелік модулдерінің интерфейсі;
- желіні шапшаң өрбіту мүмкіндігі есебінен бастапқы салымдарға қойылатын төмен талаптар;
- төмен энерготұтыну;
- қажетті антенналық кабельдер ұзындығының қысқартылуы, бұл станцияның радиопараметрлерін екі есе жақсартады;
- епті дизайн;
- типтік базалық станцияға қарағанда 20% сыйымды және жеңіл;
- кез-келген ауа райында ғимараттан тыс қолдануға мүмкіндік беретін орындау;
- саладағы модульді, өрбіту мүмкіндігі бар және барынша сыйымды базалық станция.

«Flexi Multiradio» базалық станциясы 2.7 - суретте көрсетілген.

1.13 Сурет - «Nokia Siemens Networks» компаниясының «Flexi Multirado» базалық станциясы

Үш қабылдау-таратқышы бар радиожелілік модулі 1.13 суретте көрсетілген. Өнімнің толық атауы: «Flexi RF Module Triple 90W». Радиомодуль радиожиілік сигналдарын өңдеуге жауап береді [11].

Радиомодульдің шығыс сигналының қуаты бір секторға есептегенде 240 Вт-қа жетуі мүмкін, сондай-ақ радиомодуль үш сектордың әрбіріне қуаты 80 Вт болатын шығыс сигналының берілуін қамтамасыз етеді. Модуль 60 МГц диапазонында тасымалдаушыларды тарата алады. Радиомодуль GSM, 3G, LTE және LTE+ технологияларының кез-келген үйлесімін қолдайды.

1.14 Сурет - «Flexi RF Module Triple 90W» радиожиілік модулі

«Flexi RF Module Triple 90W» радиомодулінің техникалық сипаттамасы:

- ғимараттың ішінде және сыртында қолданыла береді, алаңның арнайы және фидерсіз конфигурацияларында, еденде, қабырғада, тіреуіште, мачтада орнатыла береді;
- жиілік диапазоны: 700, 800, 850, 900, 1800, 1900, 1700/2100, 2100, 2300 және 2600 МГц;
- сыйымдылығы: 20 МГц жолақты 6+6+6 арнаға дейін GSM, 4+4+4 арнаға дейін WCDMA, 1+1+1 LTE арнасы;
- радиосигнал қуатын күшейтетін технология, көп тасымалдаушылары бар мультистандартты қуат күшейткіш;
- өлшемдері: 133×447×560 мм; 19 дюйм тіреуішке орналастыру мүмкіндігі;
- көлемі: 25 литр;
- салмағы: 25 кг;
- температура диапазоны: - 35°С-тен 55°С-ке дейін (желдеткіштермен суытылады, жылдамдық автоматты түрде реттеледі. Еріксіз желдетуді қолдану жартылай өткізгіштердің темпиратурасын тұрақтандыру есебінен станцияның сенімділігін арттырады);
- қуат көзі: жүйелік модуль үшін 40,5 – 57 В тұрақты тоқ, радиомодуль үшін 184 – 276 В айнымалы тоқ;
- қуат талаптары: 790 Вт;
- шығыс қуаты: әрбір радиомодульден 180 Вт немесе алшақтатылған радиоблоктан (RRU) 60 Вт;
- ылғалдылықтан қорғану классы: IP 65 [9].

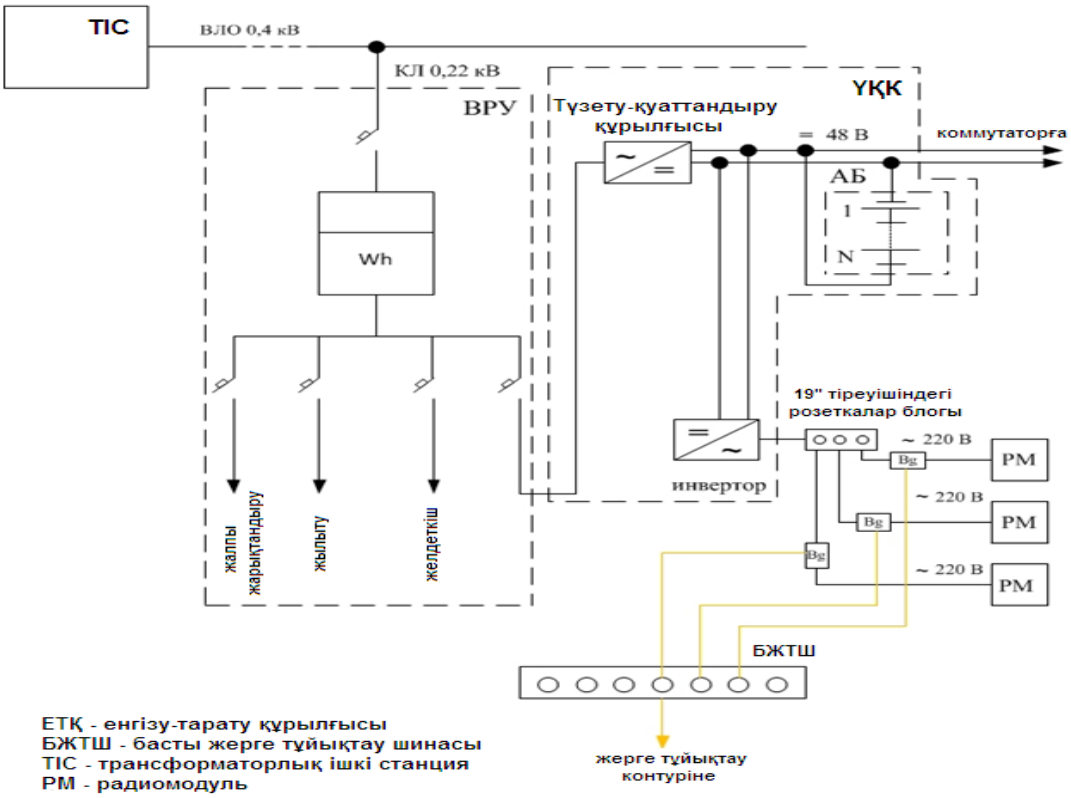
1.14 Электрқуаттандыру құрылғысын таңдау

Базалық станцияның құрылғыларын электрқуаттандыру 220 В кернеулік айнымалы тоқ желісі арқылы жүзеге асады. 220 В қуаттандыру кернеуі трансформаторлық ішкі станциядан (ТІС) алынып және базалық станцияның құрылғыларын орналастыру үшін ғимаратқа кіргізілген.

Қуаттандыру кернеуі енгізу-тарату құрылғысына беріліп, сол жақтан қуат ортақ жарықтандыру контурына, жылыту қазандықтарына, желдеткішке және айнымалы тоқтың үздіксіз қуаттандыру көзіне (ҮҚК) беріледі.

Айнымалы тоқтың ҮҚК құрамына түзету-қуаттандыру құрылғысы, аккумуляторлық батареялар блогы және инвертор кіреді. Түзету-қуаттандыру құрылғысынан тұрақты тоқ 48 В кернеуі «Cisco ME 3600 X 24CX» коммутаторына, аккумуляторлық батареялардың қайта қуатталуына және инверторға беріледі. ТІС-тен қуат берілуі тоқтаған жағдайда аккумуляторлық батарея іске қосылады. Инвентор 48 В тұрақты тоқты 220 В айнымалы тоққа түрлендіреді және «Flexi Multiradio» (РМ) радиомодульдерін қуаттандырады.

Ішкі құрылғыларды артық қуаттандырудан қорғау үшін қуаттаушы кабельдің бөлгішіне басты жерге тұйықтау шиналары (БЖТШ) арқылы «жерге» қосылған жайтартқыштар қойылады. Базалық станцияның электрқуаттан-дыруының сұлбасы 1.15 суретте көрсетілген.



1.15 Сурет - Базалық станцияның электрқуаттандыруының сұлбасы

Берілген электрқуаттандыру сұлбасын жүзеге асыру үшін сәйкес келетін әр түрлі бір фазалы айнымалы тоқтың аз қуатты үзіліссіз қуаттандыру көздерінің техникалық сипаттамалары 1.5 кестесінде келтірілген.

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, «Liebert» өндірушісінен 9 Ач аккумуляторлық батареяның сыйымдылығына және 1050 Вт тұтынушы қуатына ие үзіліссіз қуаттандыру көзі таңдалады.

1.5 Кесте - Әр түрлі ҮҚК-нің техникалық сипаттамалары

Модель	ДПК	UPStation GXT		PW9120	ULTimate
Өндіруші	Тэнси-Техно	Liebert		Invensys	Powercom
Қуат, кВА	1,0; 3,0	0,7; 1,0; 1,5	2,0; 3,0	0,7; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0	0,7; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0
Кіріс кернеу диапазоны, В	220 - 27%,+25%	220 ±27%	220 - 20%,+27%	220 - 27%,+25%	220 - 27%,+25%
Кіріс бойынша қуат коэффициенті	0,95	0,95	0,95	0,97	0,98
Шығыс бойынша қуат коэффициенті	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

«GTX2 – 1500RT230» ҮҚК-нің техникалық сипаттамалары 1.6 кестесінде келтірілген.

1.6 Кесте - «GTX2 – 1500RT230» ҮҚК-нің техникалық сипаттамалары

Параметр атауы	Техникалық сипаттамалары
Модель	GXT2 – 1500RX230
Номиналды қуат	1050 Вт
Өлшемдері (е×т×б)	87×547×430
Масса	23,2 кг
Айнымалы тоқтың кіріс қуаттандыру параметрі: жүктеме 100% - 90 % жүктеме 70% - 30% жиілік	176В айнымалы тоқ/280 Вайнымалы тоқ 139В айнымалы тоқ/280 Вайнымалы тоқ 40 – 70 Гц; автоматты баптау
Айнымалы тоқтың шығыс қуаттандыру параметрі: кернеу жиілік сигнал формасы	280/220/230/240 В айнымалы тоқ 50 немесе 60 Гц синусоидалды
Батарея параметрі: түрі саны/кернеу/сыйымдылық батарея қуаттандыру уақыты	 герметикалық, қызмет көрсетілмейтін қорғасын-қышқылдық, өрт қауіпсіздікті 4/12 В/7,2 Ач жүктемеге 100% толық қуатсыздандырудан кейін 95% сыйымдылығына дейін 5 сағат
Қоршаған орта параметрі	0°С-ден +40°С-ке дейін

2 Есептеу бөлімі

LTE радио желілерін жоспарлау процесінде басқа сымсыз радиоқатынау технологияларын жоспарлау процесінен бірқатар өзгешеліктер бар. Басты өзгешелік – OFDM технологиясы негізінде көп станциялық қатынаудың жаңа түрін қолдану, осыған байланысты жаңа ұғымдар пайда болады және жобалау алгоритмдері өзгереді. Радиожеліні жоспарлау процессі екі кезеңнен тұрады:

- максималды қамту ауданын қалыптастыру;
- талап етілетін сыйымдылықты қамтамасыз ету.

LTE радио желісін жоспарлау ауылдық жерде жүргізіледі, бұл абоненттер тығыздығы жоғары еместігін және базалық станцияларды әр eNB-мен барынша үлкен аумақты қамту мақсатымен бір-бірінен максимал қашықтықта орналастыру керек. Осыған байланысты тиісті жиілік диапазонынтаңдау керек. Бұл жағдайда «жиілік төмен болған сайын, радиосигналдың таралу ұзындығы жоғары болады» деген ережені негізге алу керек. 791 – 862 МГц жиілік диапазоны бұл тапсырманы орындау үшін жеткілікті. Дуплекс түрін FDD жиіліктік деп таңдаймыз.

2.1 Желінің өткізу қабілеттілігін және потенциалды абоненттер санын есептеу

Желінің өткізгіштік қабілетін, немесе сыйымдылығын, белгілі бір шарттарда ұяшықтың спектралды тиімділігінің орташа мәндеріне негізделе отырып бағалайды. LTE технологиясының негізінде жобаланып отырған кеңжолақты абоненттік қатынау желісінің қызметтерін тұтынатын потенциалды абоненттер санын есептей отырып, болашақта желіге түсетін жүктемені анықтауға болады. Мобильді байланыс жүйелерінің спектралды тиімділігі мәліметтер тарату жылдамдығының қолданылып отырған жиілік жолағының 1 Гц-іне қатынасы болып табылатын көрсеткішке (бит/с/Гц) тең. Спектралды тиімділік жиілік ресурсын пайдаланудың тиімділік көрсеткіші болып табылады, сонымен қатар берілген жиілік жолағында мәлімет тарату жылдамдығы ретінде сипатталады.

Спектралды тиімділік белгілі бір географиялық облыста (ұяшықта, аймақта) желінің барлық абоненттерінің мәліметтер тарату жылдамдығының жиілік жолағының 1 Гц-іне қатынасы (бит/с/Гц/ұяшық) ретінде, сонымен қатар максималды өткізу қабілеттілігінің бір жиіліктік арнаның жолақ еніне қатынасы ретінде де есептелінеді [3].

Әртүрлі MIMO конфигурациялары үшін 3GPP Release_9 негізінде FDD дуплекстік жиіліктің түрі үшін жиілік жолағының ені 20 МГц-ке тең LTE желісі үшін орташа спектралды тиімділік 2.1 - кестеде көрсетілген.

2.1 Кесте - LTE желісі үшін орташа спектралды тиімділік

Линия	MIMOсұлбасы	Орташа спектралдытиімділік (бит/с/Гц)
UL	1×2 1×4	1,254 1,829
DL	2×2 4×2 4×4	2,93 3,43 4,48

FDD жүйесі үшін eNB-дің бір секторының орташа өткізу қабілеттілігі арна енінің спектралды тиімділікке көбейту жолымен алынады:

$$R = S \cdot W, \tag{2.1}$$

мұндағы S – орташа спектралды тиімділік (бит/с/Гц);
W – арна ені (МГц), W = 10 МГц.

DL линиясы үшін:

$$R_{DL} = 3{,}43 \cdot 10 = 34{,}3 \text{ Мбит/с.}$$

UL линиясы үшін:

$$R_{UL} = 1{,}829 \cdot 10 = 18{,}29 \text{ Мбит/с.}$$

R_{eNB} базалық станциясының орташа өткізу қабілеттілігі бір сектордың өткізу қабілеттілігінің базалық станцияның сектор санына көбейту арқылы есептелінеді; eNB сектор санын 3-ке тең деп қабылдап, келесі формуламен есептейміз:

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} \cdot 3. \tag{2.2}$$

DL линиясы үшін:

$$R_{eNB.DL} = 34{,}3 \cdot 3 = 102{,}9 \text{ Мбит/с.}$$

UL линиясы үшін:

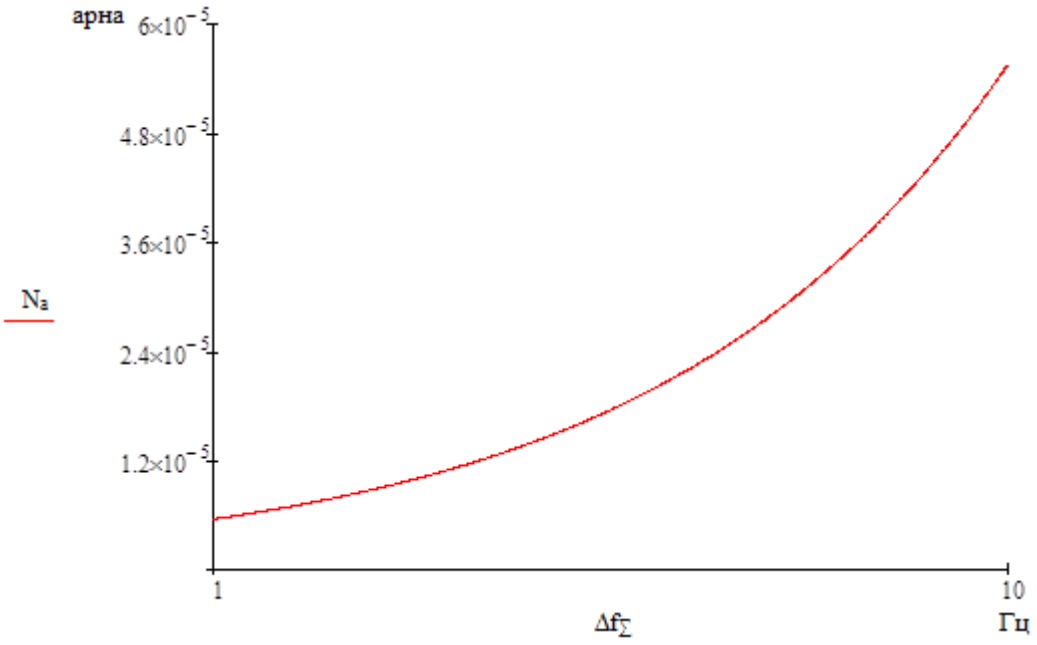
$$R_{eNB.UL} = 18{,}29 \cdot 3 = 54{,}87 \text{ Мбит/с.}$$

Келесі кезеңде жобаланатын LTE желісінде ұяшық саны анықталады. Желідегі ұяшық санын есептеу үшін жобаланатын LTEжелісін өрістету үшін белгіленген арналардың жалпы санын анықтау керек. N_a арналардың жалпы саны келесі формуламен анықталады:

$$N_a = \left[\frac{\Delta f_\Sigma}{\Delta f_a} \right], \qquad (2.3)$$

мұндағы Δf_Σ - 71 МГц-ке тең желі жұмысына берілген жиілік жолағы;

Δf_a – бір радиоарнаның жиілік жолағы; LTE желілерінде радиоарна ретінде жиілік ені 180 кГц-ке тең РБ ресурс блок Δf_a = 180 кГц түсініледі.



2.1 Сурет - Арналардың жалпы санының жиілік жолағына тәуелділік графигі

2.1 суретте арналардың жалпы санының жиілік жолағына тәуелділік графигі көрсетілген. Графикке көз салсақ, N_a арналардың жалпы саны Δf_Σ желі жұмысына берілген жиілік жолағына тура пропорционал өседі.

$$N_a = \frac{71000}{180} \approx 395 \text{ арна.}$$

Кейін бір ұяшықтың бір секторында абоненттерге қызмет көрсету үшін керекті $N_{a.сек}$ арналар санын анықтаймыз

$$N_{a.сек} = \frac{N_a}{\left(N_{кл} \cdot M_{сек}\right)}, \qquad (2.4)$$

мұндағы N_a – арналардың жалпы саны;

$N_{кл}$ – eNB секторлар санын есепке ала отырып таңдалған кластер өлшемділігін 3-ке тең;

$M_{сек}$ – eNB секторлар саны, 3-ке тең.

$$N_{a.сек} = \frac{395}{(3 \cdot 3)} \approx 44 \text{ арна.}$$

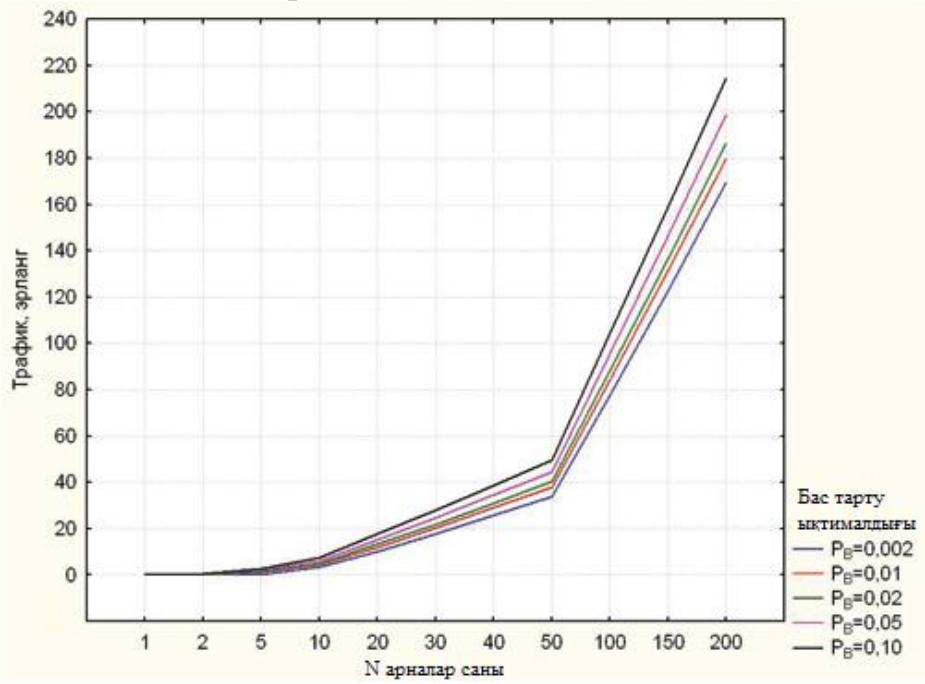
Бір ұяшықтың бір секторындағы трафик арналарының санын $N_{a.т.сек}$ анықтаймыз. Трафик арналарының саны келесі формуламен есептелінеді:

$$N_{a.т.сек} = N_{a.т1} \cdot N_{a.сек}, \tag{2.5}$$

мұндағы $N_{a.т1}$ – радиоқатынау стандартымен белгіленетін (OFDMA үшін $N_{a.т1}$ = 1...3) бір радиоарнадағы трафик арналарының саны; LTE желісі үшін $N_{a.т1}$ = 1 болады.

$$N_{a.т.сек} = 1 \cdot 44 = 44 \text{ арна.}$$

2.2 суретінде график түрінде бейнеленген Эрланг моделіне сәйкес жоғарыда есептелген $N_{a.т.сек}$ мәні мен 1%-ке тең тұйықталу ықтималдығының рауалы мәні кезінде бір ұяшықтың секторында $A_{сек}$ рауалы жүктемені анықтаймыз. $A_{сек}$ = 50 Эрл екенін анықтаймыз.



2.2 Сурет - Сектордағы рауалы жүктеменің трафик арналарының саны мен тұйықталу ықтималдылығына тәуелдік графигі

Бір eNB-мен қызмет көрсетілетін абоненттер саны келесі формуламен анықталады:

$$N_{аб.eNB} = M_{сек} \cdot \frac{A_{сек}}{A_1}, \tag{2.6}$$

мұндағы A_1 – бір абоненттен келіп түсетін трафиктің барлық түрлері бойынша орташа абоненттік жүктеме; A_1 (0,04...0,2) Эрл мәндерге ие бола алады. Жобаланатын желі жоғары жылдамдықты мәліметтермен алмасу үшін пайдаланылғандықтан, A_1мәнін 0,2-ге тең деп аламыз [15].

Қорыта келгенде:

$$N_{аб.eNB} = 3 \cdot \frac{50}{0,2} \approx 750 \text{ абонент.}$$

Жобаланатын LTE желісінде eNB базалық станцияларының саны келесі формуламен есептелінеді:

$$N_{eNB} = \frac{N_{аб}}{N_{аб.eNB}} + 1, \qquad (2.7)$$

мұндағы $N_{аб}$ – потенциалдыабоненттер саны.

Потенциалды абоненттер саны барлық тұрғындар санының 20%-ын құрайды. Баянауыл ауылдық округтің тұрғындарының жалпы саны 20000 адамды құрайды. Осылайша, потенциалды абоненттер саны 4000 адамды құрайды, сол кезде:

$$N_{eNB} = \frac{4000}{750} + 1 \approx 7 \text{ станция.}$$

Жобаланатын желінің R_N жоспарланатын орташа өткізу қабілеттілігін eNB санын eNB-дің орташа өткізу қабілеттілігіне көбейту жолымен анықтаймыз. Формула келесідей түр қабылдайды:

$$R_N = (R_{eNB.DL} + R_{eNB.UL}) \cdot N_{eNB}; \qquad (2.8)$$

$$R_N = (102,9 + 54,87) \cdot 7 \approx 1104,39 \text{ Мбит/с.}$$

Бір абоненттің ҮЖС-де ортақ шамаланған трафигін анықтаймыз:

$$R_{Т.ЧНН} = \frac{T_{OP} \cdot q}{N_{ЧНН} \cdot N_Д}, \qquad (2.9)$$

мұндағы T_{OP} - бір айда бір абоненттің орташа трафигі, T_{OP} = 30 Гбайт/ай;
q – ауылдық жерлер үшін коэффициент, q = 2;
$N_{ЧНН}$ – бір күн ішіндегі ҮЖС саны, $N_{ЧНН}$ = 7;
$N_Д$ – бір айдың ішіндегі күн саны, $N_Д$ = 30.

$$R_{Т.ЧНН} = \frac{30 \cdot 2}{7 \cdot 30} = 0,286 \text{ Мбит/с.}$$

ҮЖС-де жобаланатын желінің $R_{ж/ЧНН}$ жалпы трафигін келесі формуламен анықтаймыз:

$$R_{ж/ЧНН} = R_{т.ЧНН} \cdot N_{бел.аб}, \quad (2.10)$$

мұндағы $N_{бел.аб}$ – желідегі белсенді абоненттер саны; желідегі белсенді абоненттер саны $N_{аб}$ потенциалды абоненттердің жалпы санының 80%-ін құрайды деп анықтаймыз, яғни $N_{бел.аб}$ = 3200 абонент.

$$R_{ж/ЧНН} = 0,286 \cdot 3200 = 914,286 \text{ Мбит/с.}$$

Осылайша, $R_N > R_{ж/ЧНН}$. Бұл шарт жобаланатын желі ҮЖС-де шамадан тыс жүктемеге тап болмайды [4].

LTE желісіндегі базалық станцияның өткізу қабілеттілігін есептеу үшін басында мәліметтерді ұйымдастыру құрылымымен танысу керек. Уақыт облысында мәліметтер он миллисекундалық (Radio frame) радиоұяшықтарда ұйымдастырылған. Әр мұндай ұяшықтар он бір-миллисекундалық (Subframe) ішкі ұяшықтардан тұрады. Ал олар өз кезегінде 0,5 мс ұзақтықты екі слотқа бөлінеді. Жиілік облысында мәліметтер 12 (Sub-carrier) ішкі тасымалдаушылар топтарына топтастырылған, әр қайсысы 15 кГц диапазонына ие, бұл сомада бір топқа 180 кГц-ті береді. Бір слот ұзақтықты он екі ішкі тасымалдаушылардан тұратын топ ресурстық блок (Resource Block) деп аталады. LTE желісінде ең кіші ресурстық бірлік бір слот ұзақтықты бір ішкі тасымалдаушы болып табылады және ресурстық элемент (Resource Element) деп аталады. Қорғаныс интервалының (CyclicPrefix) түріне байланысты – қалыпты немесе ұлғаймалы, бір ресурстық блок сәйкесінше 84 немесе 72 ресурстық элементтерден тұрады. Модуляциялық техникасына байланысты бір ресурстық элемент алдында айтылғандай QPSK үшін 2 биттен, 16QAM үшін 4 биттен және 64QAM үшін 6 биттен тұруы мүмкін [7].

Осылайша, осы мәліметтер негізінде базалық станцияның максимал теориялық өткізу қабілеттілігін есептеу мүмкін. Егер біз базалық станцияға 64QAM модуляциясын және Cyclic Prefix стандартты қорғаныс интервалын қолдануына, 100 ресурстық блокқа сәйкес келетін 20 МГц максимал жиілік диапазоны бөлінді деп болжасақ, мәліметтер тарату жылдамдығын төмендегіше есептеуге болады. Әр 100 ресурстық блок 84 ресурстық элементтерден тұрады, олардың әрқайсысы өз кезегінде өзінде 6 бит ақпарат тасымалдайды. Ресурстық элемент ұзақтығы – 0,5 мс. Осылайша, базалық станцияның мәліметтерді тарату жылдамдығын есептейміз:

$$R = (N_{РБ} \cdot N_{РЭ} \cdot N_a) / t_{РЭ}, \quad (2.11)$$

мұндағы R – мәліметтерді тарату жылдамдығы, Мбит/с;

$N_{РБ}$ – ресурстық блоктар саны;

$N_{РЭ}$ – ресурстық элементтер саны;

N_a – ақпарат мөлшері, бит;

$t_{РЭ}$ – ресурстық элемент ұзақтығы, мс [6].

$$R = (100 \cdot 84 \cdot 6) / 0,5 = 100,8 \text{ Мбит/с}.$$

Алайда, бұл есептеуде барлық берілетін биттер, оның ішінде қателерді түзету жүйесінің (FEC) басқару биттері және базалық станциямен берілетін басқару ақпаратының биттері, ескерілгендіктен, есептелген мәліметтер тарату жылдамдығы пайдалы тарату жылдамдығынан асып түседі [6].

Мәліметтер таратудың лездік тұтынушылық жылдамдығы тұтынушыға бөлінген ресурстық блоктар санына, қолданылып отырған модуляцияға және кодтау дәрежесіне байланысты болады.

2.2 Кесте - Базалық станцияның өткізу қабілеттілігінінің көрсеткіштері

Параметр	Минимал мән	Мәні	Максимал мәні
Ресурстық блоктар саны	6	15	100
Жиіліктік диапазон, МГц	1,4	3	20
Модуляция		QPSK	
Белгідегі биттер саны		2	
Кодтау дәрежесі		1/3	
Белгідегі ақпараттық биттер саны		0,667	
Қорғаныс интервалы		қалыпты	
Ресурстық блоктағы ресурстық элементтер саны		84	
PHCCH басқару белгілерінің саны	1	1	4
Сипаттамалық белгілер саны	8	8	24
Бір ресурстық блоктағы тұтынушы ақпаратына арналған ресурстық элементтер саны		74	
Өткізу қабілеттілігі, Мбит/с		1,48	

2.2 кестесінде он бес ресурстық блокқа тең он бес ресурстық блокқа тең 3 МГц жиіліктік диапазонына ие базалық станцияның өткізу қабілеттілігінің көрсеткіштері көрсетілген. 1/3 кодтау дәрежелі QPSK модуляциясы қолданылады деп болжасақ, берілген базалық станцияның өткізу қабілеттілігі 1,48 Мбит/с құрайды. Базалық станция өз қарамағында он бес ресурстық блоктарға сәйкес жиілік жолағына ие бола отырып, бір мезгілде әрқайсысына бір ресурстық блок бөліп берумен максимум он бес абонентке қызмет көрсете алады. Осылайша, әр тұтынушыға шамамен 100 кбит/с мәліметтер тарату

жылдамдықты арна беріледі.

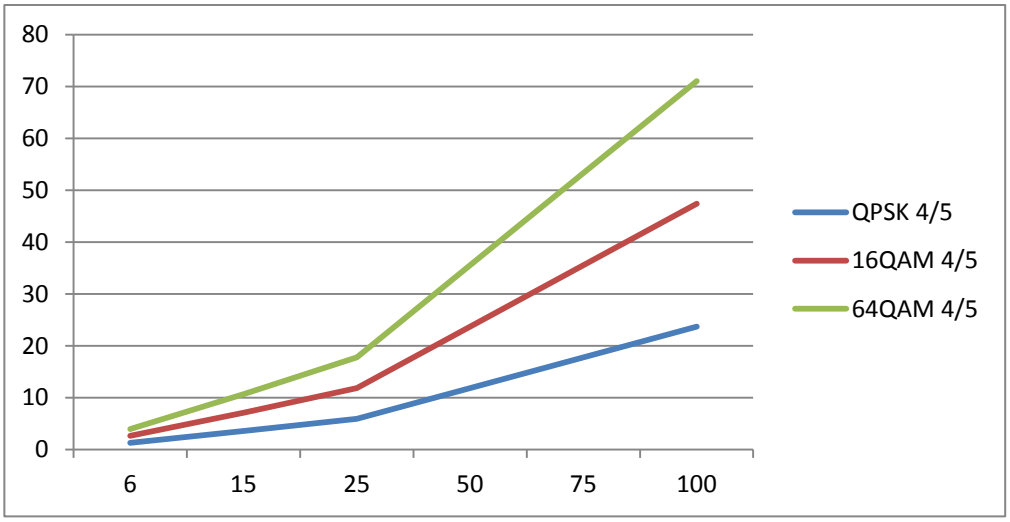
Белгілі бір ресурстар саны базалық станциямен басқару ақпаратына беріледі. Осылай, PDCCH (Physical Downlink Control Channel) логикалық арнасына әр ішкі ұяшықтың бірінші слотында бірден үшке дейін (1,4 МГц минимал жиілік диапазоны жағдайында екіден төртке дейін) белгілер бөлініп берілуі мүмкін. Осылайша, басқару ақпараты бір ресурстық блокта барлық ақпараттан 7,14% – 28,5% алуы мүмкін.

Сондай-ақ ресурстар ресурстық блок бойынша бір қалыпты бөлініп берілген сипаттамалық белгілерге де бөлінеді және өзінде базалық станция жайлы ақпаратты тасымалдайды. Осындай белгілер саны 8, 12 немесе 24 құрауы мүмкін, нәтижесінде бір ресурстық блокта барлық белгілер санынан 4,8% – 14,3% алады [16].

2.3 кестеде базалық станцияның әртүрлі жиілік диапазонына және фиксирленген кодтау дәрежесімен модуляциялық техникасына байланысты өткізу қабілеттілігі көрсетілген.

2.3 Кесте - Базалық станцияның қолданылатын модуляцияға және кодтау дәрежесіне байланысты өткізу қабілеттілігі

Модуляция/кодтау дәрежесі	Ресурстық блоктар саны					
	6	15	25	50	75	100
QPSK 4/5	1,31	3,55	5,92	11,84	17,76	23,68
16QAM 4/5	2,61	7,1	11,84	23,68	35,52	47,36
64 QAM 4/5	3,92	10,66	17,76	35,52	53,28	71,04



2.3 Сурет - Кодтау дәрежесі мен модуляциялық техникасының өткізу қабілеттілігіне әсері

2.3 суретте кодтау дәрежесі мен модуляциялық техникасының өткізу қабілеттілігіне әсері көрсетілген. Қорыта айтып кетсек, ресурстық блоктар санының өткізу қабілеттілігіне тәуелділік графигі QPSK басқа модуляция түрлерінің арасында ең жақсы мәліметтерді тарату жылдамдықтарының көрсеткіштерін көрсетіп отыр.

Кестеден көретіндей, мәлімет таратудың максимал мүмкін жылдамдығы шамамен 71 Мбит/с құрайды, бұл 100 Мбит/с мәлімделген максимал жылдамдықтан шамамен 30%-ке кем. Бұл шамамен ресурстардың үштен бірі тарату кезіндегі тұтынушы ақпаратын зақымданудан сақтау және жұмыс істеу радиусі ішіндегі барлық тұтынушыларға базалық станциямен берілетін басқару ақпараты үшін қолданылатынын білдіреді.

2.2 Бөлімшедегі жалпы өшулікті есептеу

Дипломдық жобалаудың келесі кезеңінде «Cisco ME 3600X 24CX» коммутаторымен «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторы арасындағы жобаланатын транспорттық желінің бөлімшелерінің бірінде жалпы өшулікті анықтаймыз. Желі бөлімшесіндегі $a_{\sum}$ жалпы жоғалтулар келесі формуламен есептеледі:

$$a_{\sum} = n_{а.қ} \cdot a_{а.қ} + n_{а\text{-}м.қ} \cdot a_{а\text{-}м.қ} + a_т + a_у, \qquad (2.12)$$

мұндағы $n_{а.қ}$ – ажырайтын қосылыстқар саны, $n_{а.қ} \approx 3$;

$a_{а.қ}$ – ажырайтын қосылыстардағы жоғалтулар, $a_{а.қ} \approx 0{,}6$ дБ;

$n_{а\text{-}м.қ}$ – ажырамайтын қосылыстар саны;

$a_{а\text{-}м.қ}$ – ажырамайтын қосылыстардағы жоғалтулар, $a_{а\text{-}м.қ} \approx 0{,}02$ дБ;

$a_т$ – оптикалық талшықтың өшулігінің температуралық өзгеруіне рұқсат етілген шек, $a_т = 1$ дБ;

$a_у$ – уақыт бойынша құрауыштар сипаттамаларының өзгеруіне рұқсат етілген шек, $a_у \approx 5$ дБ [11].

Ажырамайтын қосылыстар саны келесі формуламен есептеледі:

$$n_{а-м.к} = \frac{L_б}{L_{ку}} - 1, \qquad (2.13)$$

мұндағы $L_б$ – бөлімше ұзындығы, $L_б \approx 9$ км;

$L_{қ.ұ}$ – кабельдің құрылыстық ұзындығы, $L_{қ.ұ} = 2$ км [12].

$$n_{а-м.к} = \frac{9}{2} - 1 \approx 3;$$

$$a_{\sum} = 3 \cdot 0{,}6 + 3 \cdot 0{,}02 + 1 + 5 \approx 7{,}8 \text{ дБ}.$$

«Cisco ME 3600X 24CX» коммутаторы мен «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторы арасындағы жобаланатын транспорттық желінің бөлімшелердің бірінде жалпы өшулік 7,8 дБ-ге тең болды.

2.3 Электрқуаттандыру жабдығының параметрлерін есептеу

Дипломдық жобаның бұл бөлімінде тұтыну қуатын, айнымалы тоқтің үзіліссіз қуаттандыру көзін және автоматты сөндіргіштердің және есепке алу топтарын есептеу жұмыстары жүргізіледі.

2.2.1 Тұтыну қуатын есептеу

Айнымалы тоқтың (P_{AC}) қуатын табу үшін (P_{DC}) тұрақты тоқтың қуатын түзеткіш қондырғылардың (ПӘК) пайдалы әсер коэффициентіне (0,8 – 0,9) бөлу керек. Тұтыну қуатын есептеу үшін бастапқы деректер 2.4 кестеде көрсетілген.

2.4 Кесте - Қуатты есептеу үшін бастапқы деректер

Жабдық	Саны, дана	Тұтыну қуаты, Вт	P_{AC}/P_{DC}
«Flexi Multiradio» (РМ) радиомодулі	3	790	P_{AC}
«CiscoME 3600 X 24CX» (КОМ) коммутаторы	1	228	P_{DC}

Айнымалы тоқтың (P_{AC}) қуатын келесі формуламен есептейміз:

$$P_{AC} = P_{DC}/0,8; \quad (2.14)$$

$$P_{КОМ} = 228/0,8 = 285 \text{ Вт.}$$

Жабдықпен тұтынылатын РЖ жалпы қуатын табу үшін келесі формуланы пайдаланымыз:

$$P_{Ж} = P_{РМ} + P_{КОМ}, \quad (2.15)$$

мұндағы $P_{РМ}$ – радиомодуль тұтынатын қуат, Вт;

$P_{КОМ}$ – коммутатор тұтынатын, Вт [14].

$$P_{Ж} = 790 + 285 = 1075 \text{ Вт.}$$

$I_{Ж}$ жүктеме тоғының мәні келесі формуламен есептеледі:

$$I_{Ж} = P_{Ж}/U_{Қ}, \quad (2.16)$$

мұндағы $U_{Қ}$ – қуаттандыру кернеуінің мәні, $U_{Қ}$ = 220 В.

$$I_{Ж} = 1075/220 = 4,8 \text{ А.}$$

2.2.2 Айнымалы тоқтің үзіліссіз қуаттандыру көзін есептеу

Байланыстың жобаланатын сұлбасы электр қоректенудің екінші санатына жатады. Екінші санатқа электр энергиямен қамтамасыз етудегі үзіліс тұрғындардың елеулі санының қалыпты қызмет етуінің бұзылуына әкеп соқтыратын байланыс жүйелері жатады.

Электрқуаттандырудың екінші санатты байланыс жүйелері үшін номиналды ауытқудан қуаттандыру кернеуінің рауалы ауытқуы және қоректенудің рауалы қалпына келу уақыты бойынша электр энергиямен қамтамасыз ету сенімділігіне қойылатын талаптар электрқуаттандырудың бірінші санатына сияқты онша қатты емес. Сондықтан оларға қалпына келтіру уақытына үзіліссіз қуаттандыру көздерінен қосымша қуаттандыру және кернеуді тұрақтандыру шаралары жүргізілмейді.

Үзіліссіз қуаттандыру көзі төрт сағат ішінде жабдықтың автономды жұмысын қамтамасыз ету керек.

Базалық станцияны электр қуаттандырудың осы берілген сұлбасында аккумуляторлардың батареяларын (On Line) тұрақты қосылдырып тұратын қызметі бар айнымалы тоқтың үзіліссіз қуаттандыру көзі қолданылады. Берілген үзіліссіз қуаттандыру көздерінде кіріс кернеу түзетіледі және аккумуляторлық батарея мәніне дейін төмендетіледі. Дәл осы кернеу ендік-импульстік модуляциялау жолымен тұрақтандырылған синусоидалды кернеу қалыптасатын инвертордың кірісіне түседі [14].

Шартты ортаның 25°С температурасы мен қуатсыздануды төрт сағатты режимі іске келтірілген *С* аккумуляторлардың қажетті сыйымдылықты келесі формуламен есептейміз:

$$C = \frac{I_Ж \cdot t_К}{\left(\eta_Q + k_t \cdot \left(t_O - t_Э\right)\right)}, \qquad (2.17)$$

мұндағы *С* – аккумулятордың номиналды сыйымдылығы;

$I_Ж$ – жүктеме тоғы;

$t_К$– қуатсыздану уақыты;

η_Q– сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициенті;

$t_Э$ – электролит температурасы;

k_t – аккумулятордың сыйымдылығының температуралық коэффициенті.

Қуатсыздану тоғын $I_{қуат/с}$ келесі формуламен анықтаймыз:

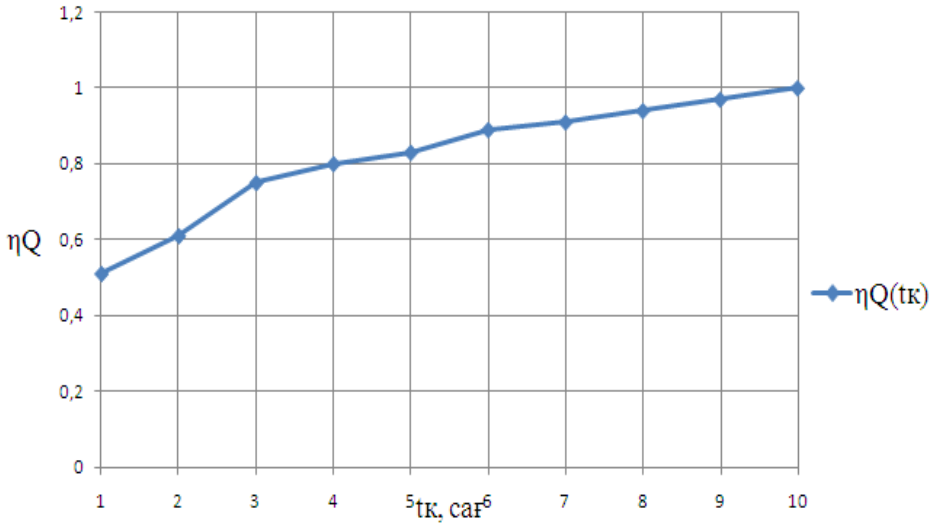
$$I_{қуат/с} = I_Н = 4{,}8\ . \qquad (2.18)$$

Сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициентін η_Q 2.5 кестеден анықтаймыз.

2.5 Кесте - Сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициент мәні

t_K, *сағ*	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
η_Q	1	0,97	0,94	0,91	0,89	0,83	0,8	0,75	0,61	0,51

Сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициент мәнін уақытқа тәуелділік графигін 2.4 суретте көрсетеміз.



2.4 Сурет - Сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициентінің уақытқа тәуелділік графигі

2.4 суретте сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициентінің уақытқа тәуелділік графигі көрсетілген. Қорытындыласақ, қайтарым коэффициенті уақытқа тура пропорционал.

Қуатсыздану уақыты төрт сағат болғандықтан, η_Q= 0,8.

Аккумулятордың сыйымдылын *C* анықтаймыз:

$$C = \frac{4,8 \cdot 4}{0,8 \cdot \left(1 + 0,008 \cdot (25 - 20)\right)} = 4,76 \text{ Ач.}$$

2.2.3 Автоматты сөндіргіштердің және есепке алу топтарын есептеу

Жоба бойынша төрт құрылғы топтары қарастырылған. Автоматты сөндіргіштер мен есепке алу топтарын есептеу үшін берілген мәліметтер 2.6 - кестеде көрсетілген.

2.6 Кесте - Берілген мәліметтер

Топ нөмірі	Құрылғы құрамы	Тұтыну қуаты, Вт	Жүктеме тоғы $I_Ж$, А
1	айнымалы тоқ ҮҚК	1050	4,8
2	жарықтандыру	300	1,4
3	желдеткіш	300	1,4
4	жылыту	400	1,8

Жүктеменің жалпы тоғы $I_Ж$ мына формула бойынша есептеледі:

$$I_Ж = I_{Ж1} + I_{Ж2} + I_{Ж3} + I_{Ж4}\ ; \qquad (2.19)$$

$$I_Ж = 4{,}8 + 1{,}4 + 1{,}4 + 1{,}8 = 9{,}4\ А.$$

Осылайша, максималды қуаты 50А бар есептегіш таңдалып алынады.

Автоматты сөндіргіштің қуат көзі жүктегіш қуат көзіне қарағанда 1,25 есе көп алынады және мына формула бойынша анықталады:

$$I_{ав.сөн.қос} = I_Ж \cdot 1{,}25; \qquad (2.20)$$

$$I_{ав.сөн.қос1} = 4{,}8 \cdot 1{,}25 = 3{,}25\ А;$$

$$I_{ав.сөн.қос2} = 1{,}4 \cdot 1{,}25 = 1{,}75\ А;$$

$$I_{ав.сөн.қос3} = 1{,}4 \cdot 1{,}25 = 1{,}75\ А;$$

$$I_{ав.сөн.қос4} = 1{,}8 \cdot 1{,}25 = 2{,}25\ А.$$

Алынған мәндерге байланысты 2.7 кестеде көрсетілген автоматты сөндіргіштердің түрін таңдаймыз [13].

2.7 Кесте - Автоматты сөндіргіштердің түрлері

Топ нөмірі	Автоматты сөндіргіштер түрі
1	ВА47 – 29 1Р 8А
2	ВА47 – 29 1Р 2А
3	ВА47 – 29 1Р 2А
4	ВА47 – 29 1Р 3А

2.4 Жерге тұйықтау контурін есептеу

Қорғаныстық жерге тұйықтау есептеуінің мақсаты – жерге тұйықтау кедергісінің тиісті нормасын қамтамасыз ету үшін жерге тұйықтау электродтарының санын анықтау.

Меншікті кедергісі 100 Ом ×м-ға тең топырақ үшін (ρ_1= 100 Ом×м, саз үшін) қорғау жерге тұйықтаудың кедергі нормасы 4 Ом-нан аспау керек.

Осы норманы қамтамасыз ету үшін 50х50х5 қималы және 5 м ұзындықты бұрыштық болаттан жеке көп электродты жерге тұйықтау құрылғылары қолданылылады.

Егер жеке жерге тұйықтауыш кедергісі нормадан асып түссе, онда көп электродты жерге тұйықтауыш қолданылады.

Жерге тұйықтауыш қондырғысының кедергісін анықтау үшін 3.21 формуласы бойынша $R_{ж.жт}$ жеке жерге тұйықтауыштың кедергісі есептеледі:

$$R_{ж.жт} = 0,366\frac{\rho_{есеп.т}}{l}(\lg\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4t+l}{4t-l}), \quad (2.21)$$

мұндағы $\rho_{есеп.т}$ – тік жерге тұйықтауыш үшін топырақтың есептік меншікті кедергі, Ом×м;

l және d – өзектің сәйкесінше ұзындығы мен диаметрі, м;

t – электродтың тереңдеуі (жер бетінен электрод ортасына дейінгі қашықтық), м [11].

Тік жерге тұйықтауыш үшін топырақтың есептік меншікті кедергі келесі формуламен анықталады:

$$\rho_{есеп.т} = K_{М.Т} \cdot \rho_т, \quad (2.22)$$

мұндағы $K_{М.Т}$ - тік электродтардың маусымдық коэффициенті ($K_{М.Т}$ = 1,8).

$$\rho_{есеп.т} = 1,8 \cdot 100 = 180 \text{ Ом×м.}$$

Жерге тұйықтау кедергісіне климаттық шарттардың әсер етуін азайту үшін жерге тұйықтауыштың үстінгі бөлігін топырақта 0,7 м тереңдікте орналастырады. Демек, өзектің тереңдеуін келесі формуламен анықтауға болады:

$$T = (l/2) + t; \quad (2.23)$$

$$T = (5/2) + 0,7 = 3,2 \text{ м.}$$

2.21 формуласы бойынша жеке электродтың кедергісін $R_{ж.жт}$ есептейміз (l ұзындығын 5 м деп аламыз; d= 0,05 м):

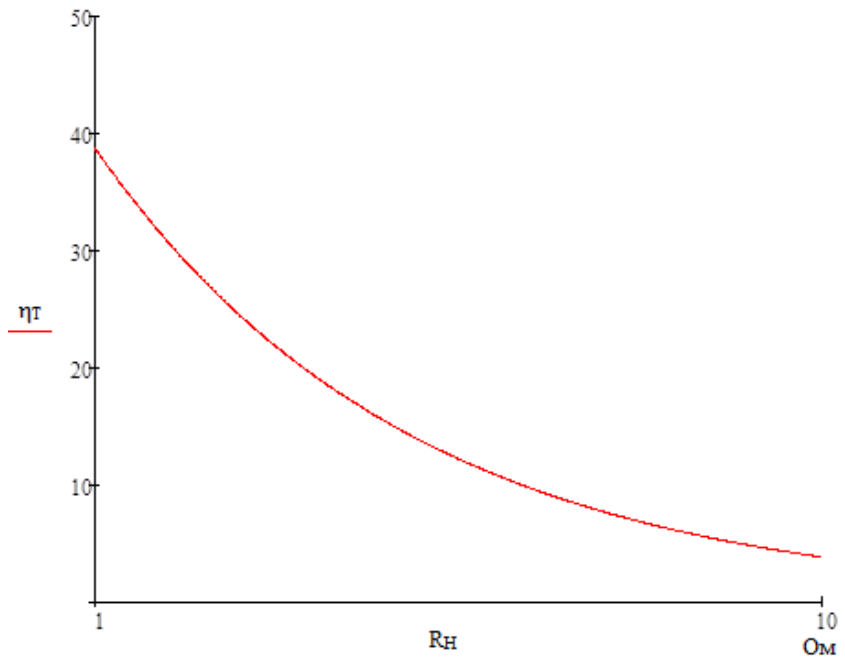
$$R_{ж.жт} = 0,366\frac{180}{5}(\lg\frac{2\cdot 5}{0,05} + \frac{1}{2}\lg\frac{4\cdot 3,2+5}{4\cdot 3,2-5}) \approx 32,94 \text{ Ом.}$$

2.24 формуласы бойынша жалғау жолағының кедергісін есептемей тік электродтардың жуық санын есептейміз:

$$n_T = \frac{R_{ж.жт}}{R_H \cdot \eta_T}, \quad (2.24)$$

мұндағы η_T – тік электродтарды қолдану коэффициенті (η_T = 0,85);

R_H – жерге тұйықтау құрылғысының тоғының жайылуына қарсы нормаланатын кедергі (R_H= 4 Ом).



2.5 Сурет - Тік электродтарды қолдану коэффициентінің нормаланатын кедергіге тәуелділік графигі

2.5 суретте тік электродтарды қолдану коэффициентінің нормаланатын кедергіге тәуелділік графигі көрсетілген. Қорытындылай кетсек, η_T – тік электродтарды қолдану коэффициенті R_H жерге тұйықтау құрылғысының тоғының жайылуына қарсы нормаланатын кедергіге кері пропорционал болады.

Тік электродтардың жуық саны келесідей болады:

$$n_T = \frac{32,94}{4 \cdot 0,85} \approx 10 .$$

Жалғау жолағының ұзындығын (тік жерге тұйықтауыштар арасындағы *a* қашықтығын 5 м деп аламыз) келесі формуламен анықтаймыз:

$$l_Ж = (n_T - 1) \cdot a, \tag{2.25}$$

$$l_Ж = (10 - 1) \cdot 5 = 45 \text{ м}.$$

Көлденеңінен төселген тікбұрышты қималық болат жолақты жерге тұйықтауыш кедергісі келесі формуламен анықталады:

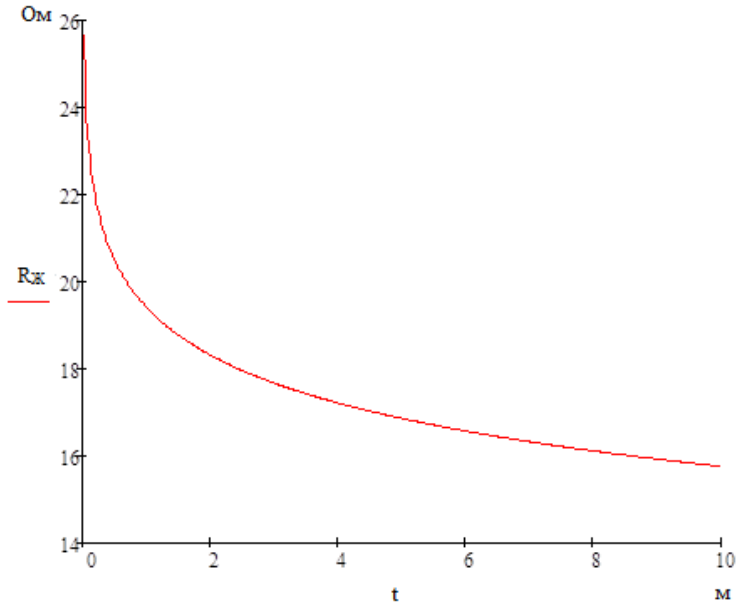
$$R_Ж = 0,366 \frac{\rho_{есеп.к}}{l_Ж} \lg \frac{2 \cdot l_Ж^2}{b \cdot t}, \tag{2.26}$$

мұндағы $\rho_{есеп.к}$ - көлденең жерге тұйықтауыш үшін есептік меншікті кедергі, Ом м;

$l_Ж$– жолақ ұзындығы, м;

b –жолақ ені, м (b=0,02 м);

t– жолақ тереңдеуінің тереңдігі, м.



2.6 Сурет - Болат жолақты жерге тұйықтауыш кедергісінің жолақ тереңдеуінің тереңдігіне тәуелділік графигі

2.6 суретте болат жолақты жерге тұйықтауыш кедергісінің жолақ тереңдеуінің тереңдігіне тәуелділік графигі көрсетілген. Тұрғызылған графикке қорытынды айтатын болсақ, $R_Ж$ көлденеңінен төселген тікбұрышты қималық болат жолақты жерге тұйықтауыш кедергісі t жолақ тереңдеуінің тереңдігіне кері пропорционал болғандықтан, тереңдік өскен сайын, жерге тұйықтауыш кедергісінің мәні кеми береді.

2.27 формуласымен көлденең жерге тұйықтауыш үшін есептік меншікті кедергіні анықтаймыз:

$$\rho_{есеп.к} = K_{М.К} \cdot \rho_m, \qquad (2.27)$$

мұндағы $\rho_{есеп.к}$ - көлденең электродтардың маусымдық коэффициенті ($K_{М.К}$ =4,5).

$$\rho_{есеп.к} = 4{,}5 \cdot 100 \text{ Ом×м}.$$

Сонда көлденең жерге тұйықтауыштың кедергісі келесі мәнге ие болады:

$$R_{ж} = 0{,}366 \frac{450}{45} \lg \frac{2 \cdot (45)^2}{0{,}02 \cdot 0{,}7} = 20{,}13 \text{ Ом}.$$

Тік электродтардан және жалғау жолақтардан тұратын жерге тұйықтау құрылғылар тізбегінің жалпы кедергісін келесі формуламен анықтаймыз:

$$R_Ж = \frac{R_Ж \cdot R_{ж.жт}}{R_{ж.жт} \cdot \eta_K + n_T \cdot R_Ж \cdot \eta_T}, \qquad (2.28)$$

мұндағы $R_Ж$ – көлденең жолақтың (өзектің) кедергісі;

$R_{ж.жт}$– тік электрод (өзектің) кедергісі;

n_T– тік электрод (өзектің) саны;

η_T - тік жерге тұйықтауышты қолдану коэффициенті, η_T = 0,85;

η_K - көлденең жерге тұйықтауышты қолдану коэффициенті, η_K = 0,80.

Тік электродтардан және жалғау жолақтардан тұратын жерге тұйықтау құрылғылар тізбегінің жалпы кедергісі келесідей болады:

$$R_Ж = \frac{20,13 \cdot 32,94}{32,94 \cdot 0,8 + 10 \cdot 20,13 \cdot 0,85} = 3,3 \text{ Ом.}$$

Осы бөлімде жерге тұйықтау контуры есептелінді, атап айтқанда, тік жерге тұйықтауыштардың саны есептелінді, тік электродтардан және жалғау жолақтарды есепке ала отырып контур кедергісін есептеу жүргізілді. Контурдың жалпы кедергісі $R_Ж$ нормаланған мәндерден $R_ж$ (3,3 Ом< 4 Ом) аспайды, демек, жобаланатын объектілер қызмет көрсететін персоналдың денсаулығына қауіп төндірмейді [12].

2.5 LTE желісі үшін радиоқамту аймақтарын есептеу

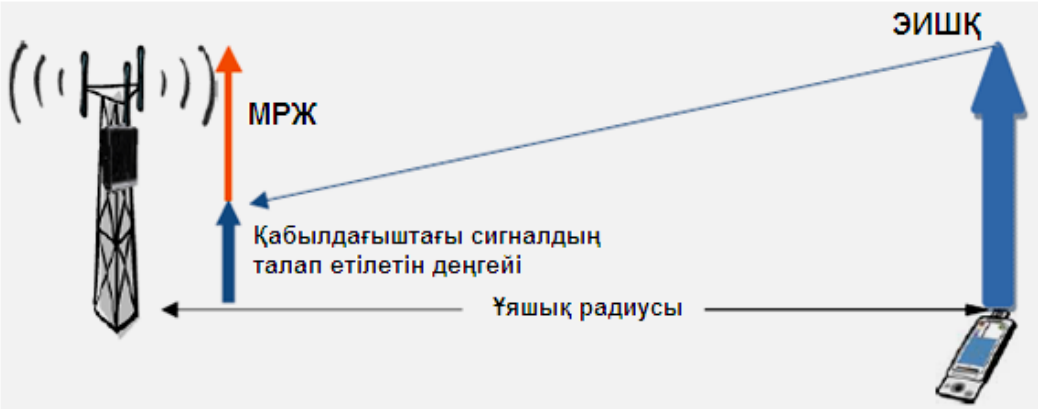
LTE радио желілерін жоспарлау процесінде басқа сымсыз радио қатынаутехнологияларын жоспарлау процесінен бірқатар өзгешеліктер бар. Басты өзгешелік – OFDM технологиясы негізінде көп станциялық қатынаудың жаңа түрін қолдану, осыған байланысты жаңа ұғымдар пайда болады және жобалау алгоритмдері өзгереді.Радио желіні жоспарлау процессі екі кезеңнен тұрады.

LTE радио желісін жоспарлау ауылдық жерде жүргізіледі, бұл абоненттер тығыздығы жоғары еместігін және базалық станцияларды әр eNB-мен барынша үлкен аумақты қамту мақсатымен бір-бірінен максимал қашықтықта орналастыру керек.Осыған байланысты тиісті жиілік диапазонын таңдау керек. Бұл жағдайда «жиілік төмен болған сайын, радиосигналдың таралу ұзындығы жоғары болады» деген ережені негізге алу керек. 791 – 862 МГц жиілік диапазоны бұл тапсырманы орындау үшін жеткілікті. Дуплекс түрін FDD жиіліктік деп таңдаймыз [1].

2.5.1 Радиоқамтуды талдау

Радиоқамтуды талдауды линиядағы максимал рауалы жоғалтуларды (МРЖ) есептеуден бастаймыз. МРЖ таратқыштың эквивалентті изотропты шағылған қуаты (ЭИШҚ) мен байланыс арнасындағы барлық жоғалтуларды есептей отырып қабылдағышта сигналдың қалыпты демодуляциясын қамтамасыз ету кезіндегі қабылдағыштың кірісіндегі сигналдың минимал қажетті қуаты арасындағы айырма ретінде есептелінеді.

МРЖ есептеу принципі 2.7-суретінде көрсетілген.



2.7 Сурет - МРЖ есептеу принципі

Есептеу кезінде келесі параметрлерді қолданамыз:

- жүйелікжолақ: 20 МГц; FDD үшін = 10/10 (DL/UL);
- eNB – әр секторда бір TRX, TRXшығыс қуаты = 40 Вт (46 дБм); DL линиясындаMIMO 2×2 режимінде жұмыс істейді;
- UE – абоненттік терминал – USB-модем, класс 4 – ЭИШҚ 33 дБм;
- кадр ұзақтығының тәуелділігіDL/UL: 100%/100%.

Максимал рауалы жоғалтуларды есептеу келесі формуламен есептелінеді:

$$L_{МРЖ} = P_{ЭИШҚ.Т} - S_{Қ.С} + G_{Т.К} - L_{Т.Ф} - M_{ену} - M_{бөг} - M_{көл} + G_X, \qquad (2.29)$$

мұндағы $P_{Т.ЭИШҚ}$ – таратқыштың эквивалентті изотропты шағылған қуаты;

$S_{Қ.С}$ – қабылдағыш сезімталдығы;

$G_{Т.К}$–таратқыш антеннасының күшейту коэффициенті, $G_{Т.К}$: DL = 18 дБи, UL = 0 дБи;

$L_{Т.Ф}$ – таратқыштың фидерлі трактіндегі жоғалтулар, $L_{Т.Ф}$: DL = 0,3 дБ;

$M_{ену}$ – ауылдық жерлердегі ғимаратқа сигналдың енуі қоры, $M_{ену}$ = 12 дБ;

$M_{бөг}$ – бөгеуіл қоры. $M_{бөг}$ көршілес ұяшықтан түсетін жүктемеге тәуелділікті жүйелік деңгейді модельдеу

нәтижелері бойынша анықталады; $M_{бөг}$ мәні көршілес ұяшықтағы 70% жүктемеге сәйкес келеді. $M_{бөг}$: DL = 6,4 дБ; UL = 2,8 дБ;

$M_{көл}$ – сигналдың көлеңкелік қоры. $M_{көл}$: DL = 8,7 дБ; UL = 8,7 дБ;

G_X –хэндовердан ұтыс. Хэндовердан ұтыс мәні - қызмет көрсетілетін ұяшықта терең қатып қалулар пайда болу кезінде абоненттік терминал қабылдаудың жақсы сипаттамалары бар ұяшыққа хэндоверді іске асыра алудың нәтижесі.G_X = 1,7 дБ [7].

$P_{Т.ЭИШҚ}$ келесі формуламен есептелінеді:

$$P_{Т.ЭИШҚ} = P_{Т.ШЫҒ} + G_{Т.К} - L_{Т.Ф}\ , \qquad (2.30)$$

мұндағы $P_{Т.ШЫҒ}$ – таратқыштың шығыс қуаты. LTE желісінде DL линиясындағы $P_{Т.ШЫҒ}$ сайттың жиілік жолағының 1,4-тен 20 МГц-ге дейінгі аралықта болатын еніне тәуілді болады. 5 МГц-ге дейін 20 Вт (43 дБм) қуатпен TRX таратушыларын таңдаған жөн, 5 МГц-тен жоғары – 40 Вт (46 дБм). $P_{Т.ШЫҒ}$: DL = 46 дБм, UL = 33 дБм.

DL линиясы үшін:

$$P_{Т.ЭИШҚ} = 46 + 18 - 0{,}3 = 63{,}7 \text{ (дБм)}.$$

UL линиясы үшін:

$$P_{Т.ЭИШҚ} = 33 \text{ (дБм)}.$$

$S_{Қ.С}$ келесі формуламен есептелінеді:

$$S_{Қ.С} = P_{Қ.ЖШ} + M_{Қ.СШ} + L_{Қ.Ш}, \qquad (2.31)$$

мұндағы $P_{Қ.ЖШ}$ – қабылдағыштың жылулық шуының қуаты, $P_{Қ.ЖШ}$: DL = -174,4 дБм, UL = -104,4 дБм;

$M_{Қ.СШ}$ – қабылдағыштың талап етілетін сигнал/шу қатынасы. $M_{Қ.СШ}$ мәні «Enhanced Pedestrian A5» арнасының моделі үшін алынған. $M_{Қ.СШ}$: DL = -0,24 дБ; UL = 0,61 дБ;

$L_{Қ.Ш}$ - қабылдағыштың шу коэффициенті, $L_{Қ.Ш}$: DL = 7 дБ, UL = 2,5 дБ.

DL линиясы үшін:

$$S_{Қ.С} = -174{,}4 + (-0{,}24) + 7 = -167{,}64 \text{ дБм}.$$

UL линиясы үшін:

$$S_{Қ.С} = -104,4 + 0,61 + 2,5 = -101,29 \text{ дБм.}$$

(2.30) и (2.31) формуласынан шыққан нәтижелер көмегімен МРЖ мәнін есептейміз:

DL линиясы үшін:

$$L_{МРЖ} = 63,7 – (-167,64) – 12 – 6,4 – 8,7 – 1,7 = 205,94 \text{ дБ.}$$

UL линиясы үшін:

$$L_{МРЖ} = 33 – (-101,29) + 18 – 0,4 – 12 – 6,4 – 8,7 + 1,7 = 126,5 \text{ дБ.}$$

DL және UL линияларына алынған МРЖ-ның екі мәнінен ұяшықтың радиусын және байланыс қашықтығын есептеу үшін минималды мәнін аламыз. Байланыс қашықтығының шектеу линиясы төбеге көтеру линиясы болып табылады.

Байланыс қашықтығын есептеу үшін Okumura – Hata радиотолқынның таралуының эмпирикалық моделін қолданамыз. Okumura – Hata моделінде қалалық жағдайында радиосигналдың орташа өшуін есептеу үшін келесі формуламаны қолданылады .

$$L_Г = 69,5 + 26,16 \cdot lgf_c – 13,82 \cdot lgh_t – A(h_r) + (44,9 – 6,55 \cdot lgh_t) \cdot lg_d. \qquad (2.32)$$

Ауылдық жерлерге формулада түзетулер жасалынады:

$$L_C = L_Г – 4,78 \cdot (lgf_c)^2 – 17,33 \cdot lgf_c – 40,94 , \qquad (2.33)$$

мұндағы f_c – 150-ден 1500 МГц-ке дейінгі жиілік;

h_t – таратушы антеннаның биіктігі (eNB аспалы орны) 30-дан 300 метрге дейін;

h_r – қабылдаушы антеннаның биіктігі (мобильді қондырғының антенна-лары) 1-ден 10 метрге дейін;

d – ұяшық радиусы 1-ден 20 км-ге дейін;

$A(h_r)$ – жер бедеріне байланысты болатын қозғалмалы объектің антенна-сының биіктігіне түзету коэффициенті.

Есептеулерге параметрлерді таңдаймыз:

f_c = 800 МГц;

h_t = 30 метр;

h_r = 2 метр.

Ауылдық жерлерге түзету коэффициенті $A(h_r)$ келесі формуламен есептеленеді:

$$A(h_r) = (1{,}1 \cdot lgf_c - 0{,}7) \cdot h_r - (1.56 \cdot lgf_c - 0{,}8)\ ; \qquad (2.34)$$

$$A(h_r) = (1{,}1 \cdot \lg 800 - 0{,}7) \cdot 2 - (1.56 \cdot \lg 800 - 0{,}8) = 1{,}258.$$

Ұяшықтың радиусын (2.32) және (2.33) формулаларынан есептеп, $d \approx 6$ км-ге тең болды.

Үш секторлы сайттың қамтуының S_{eNB} ауданын келесі формуламен есептейміз:

$$S_{eNB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8} \cdot d^2\ ; \qquad (2.35)$$

$$S_{eNB} = 9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot 6^2 \approx 70{,}15\ \text{км}^2.$$

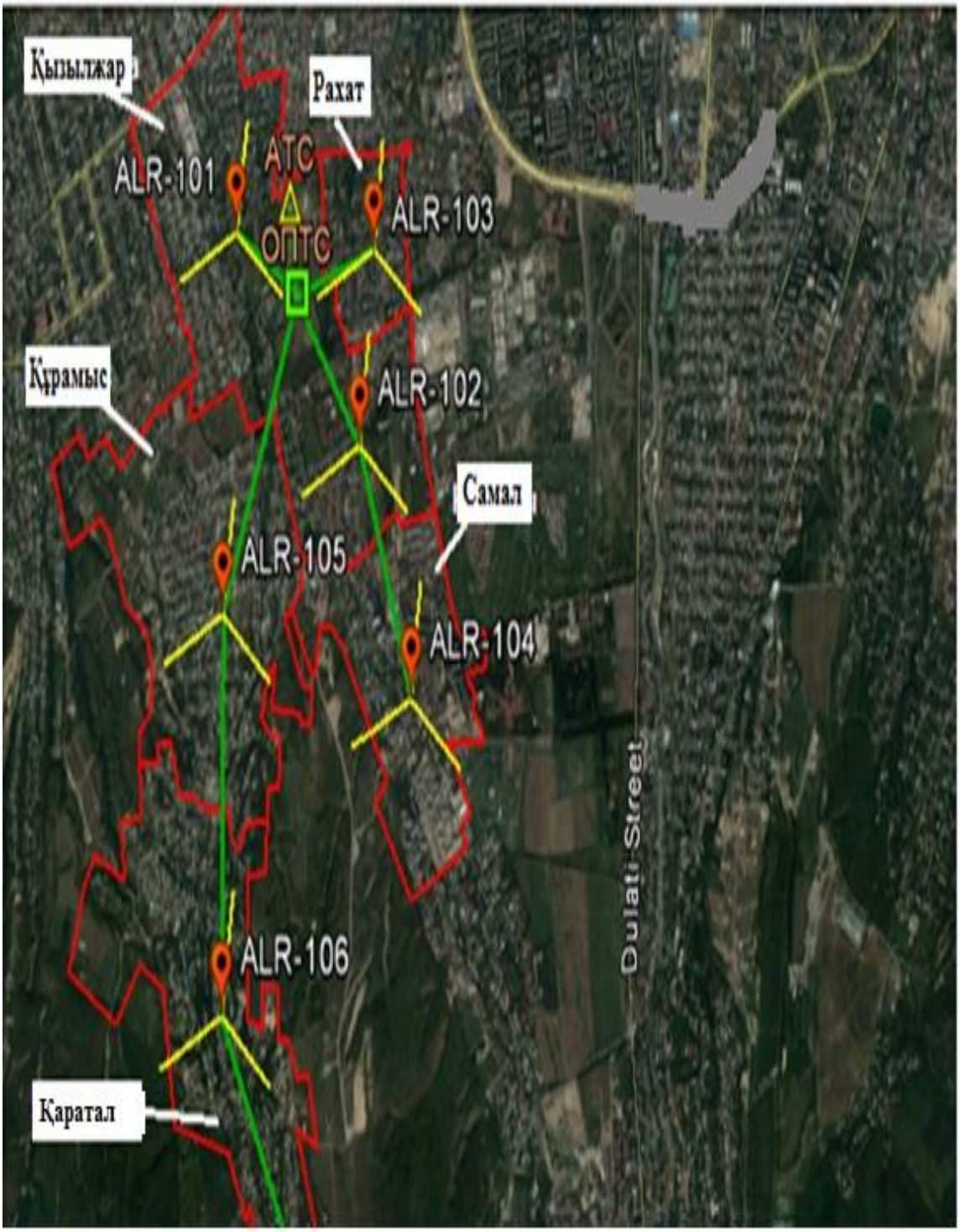
2.6 Жиілік-аумақтық бөлу және eNB-нің ситуациялық орналасуы

Абоненттік қатынаудың жылжымалы радиобайланыс желілерін жобалаудың басты кезеңі болып жиілік-аумақтық жобалау кезеңі табылады, оның нәтижесінде желі құрылымы, базалық станцияларды орнату орындары, базалық станциялар үшін радиоарналарды үлестіру жоспары құрылады, қызмет көрсетілетін зонаның жиіліктік мен аумақтық шектеулерілерінің шарттарына жоспарларды бейімдеу жұмыстары жүргізіледі.

Жобаланатын аумақта тұрғындардың тығыз орналасқан аудандарды орнықты радиосигналмен қамтамасыз ету үшін қажетті eNB базалық станцияларының минималды саны 7 дана болып табылады. Осылайша, барлық eNB-лері төмендегі сипаттамаларға ие болатын желі құрылады:

- әрбір таратқыштың қуаты: 40 Вт;
- антеннаның аспалы орнының биіктігі: 30 метр;
- TRX қабылдау-таратқыштарының саны: 3 (әрбір секторға біреуден);
- бір сектор үшін жүйелік жолақ: 20 МГц (10 МГц «жоғары» линиясы үшін және 10 МГц «төмен» линиясы);
- «төмен» линиясы MIMO 4×2 технологиясын қолдайды;
- өткізу қабілеттілігі: «төмен» линиясы - 102,9 Мбит/с, «жоғары» линиясы - 54,87 Мбит/с [17].

Бірінші кезекте, желіні жоспарлауда Баянауыл ауылдық округі аумағындағы eNB базалық станциясының орналасу жоспарын құру қажет. Жобалаудың мақсаты Баянауыл ауылдық округінің аумағын жаппай радиоқамту болып табылмайды. Аталған жобадағы басты мақсат – тұрғындардың тығыз орналасқан ауылдық жерлерді орнықты радиосигналмен қамтамасыз ету болып табылады. Осы шарттарға байланысты сондай-ақ аумақтың жер бедерін ескере отырып базалық станцияларды орналастырамыз. eNB-ді орналастырудың ситуациялық жоспары 3.4 - суретте көрсетілген.



2.8 Сурет - eNB-ді орналастырудың ситуациялық жоспары

Жиіліктік жоспар құрамыз. Жобаланатын желіге 791-862 МГц жиілік жолағы бөлінген, жиілік спектірінің ені 71 МГц құрады. eNB-дің әрбір секторына 20 МГц бөлу қажет. Осылайша, бар спектр ені 20 МГц-тен үш бөлікке бөлінеді, бұған түрлі секторлардың сигналдарының бөгеуілдерін болдырмау үшін қосымша қорғаныстық жиілік жолақтары қосылады. Спектрдің әрбір үш бөлігіне шартты нөмір береміз және жиіліктік жоспар құрылуының нәтижелерін 2.8 кестеге енгіземіз.

2.8 Кесте - Баянауыл ауылдық округіндегі LTE желісінің жиіліктік жоспары

eNB нөмірі	Сектор	Азимут	Қызмет көрсету зонасының радиусы, км	Жиіліктік спектр бөлігінің шартты нөмірі
ALR-101	1.1 1.2 1.3	0 120 240	9 9 9	1 2 3
ALR-102	2.1 2.2 2.3	0 120 240	9 9 9	1 2 3
ALR-103	3.1 3.2 3.3	0 120 240	9 9 9	1 2 3
ALR-104	4.1 4.2 4.3	0 120 240	9 9 9	1 2 3
ALR-105	5.1 5.2 5.3	0 120 240	9 9 9	1 2 3
ALR-106	6.1 6.2 6.3	0 120 240	9 9 9	1 3 2

Осы LTE желісі эксплуатацияға берілген соң, желіні оптимизациялау кезеңі жүзеге асырылады. Оның барысында орындалған жобалауды түзетулер, дәл айтқанда: желінің өткізу қабілеттілігін ұлғайту, радиомодульдердің аспалы орнының биіктігін өзгерту, радиомодульдердің шағылысу қуатын азайту немесе көбейту процесстері орын алуы мүмкін.

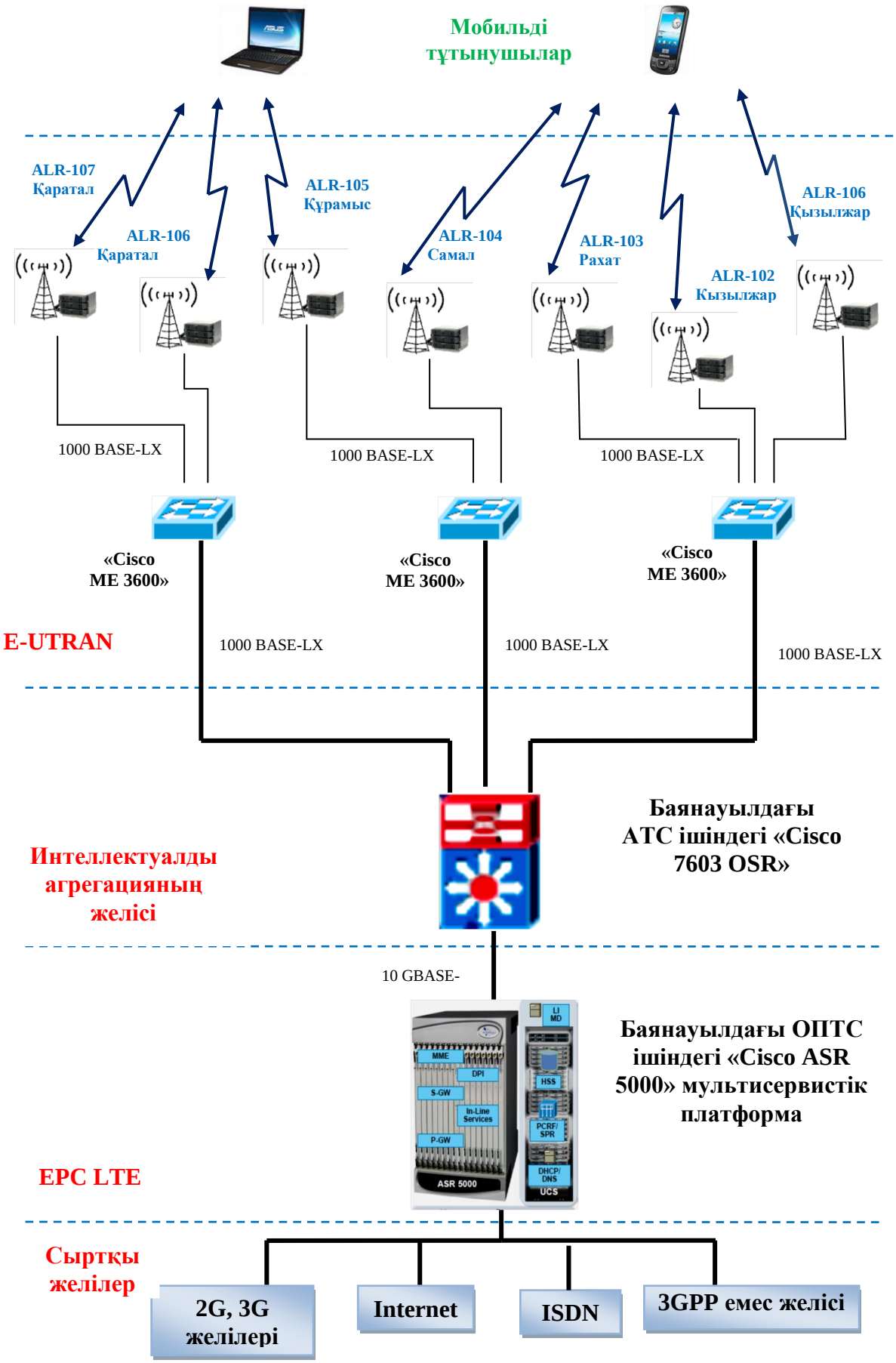
2.7 Баянауыл ауылдық округіндегі LTE байланыс желісі

Желінің есептелінген сыйымдылығына, радиоқамту аумақтарын анықтау бойынша информациялық жүктемеге сәйкес Баянауыл ауылдық округінде LTE технологиясы бойынша кеңжолақты қатынауды ұйымдастыру үшін 7 базалық станция керек. Қызмет етудің бастапқы кезеңінде әрбір eNB-дің өткізу қабілеттілігі 158 Мбит/с құрайды, ал Баянауыл ауылдық округіндегі барлық LTE желісінің өткізу қабілеттілігі 1,106 Гбит/с болады. Желіні іске қосқаннан кейін желіні оптимизациялау кезеңі басталады. Оның барысында «Nokia Simens Network» компаниясының қосымша «Flexi Multiradio» радиомодульдерін орнату арқылы базалық станциялардың өткізу қабілеттілігін ұлғайтуға болады. Әрбір базалық станция трафикті «GigabitEthernet 1000 BASE-LX» (IEEE 802.3z) стандарты бойынша оптоталшықты тарату линиясы арқылы «Cisco ME 3600 X24 CX» коммутаторына береді. «Cisco ME 3600 X 24 CX» коммутаторына үш базалық

станцияға дейін қосуға болады. «Cisco ME 3600 X 24 CX» коммутаторы базалық станция құрылғыларын орналастыруға арналған ғимараттың ішінде орналасады [16]. «Cisco ME 3600 X24 CX» коммутаторларынан желілік трафик «Алтел» АҚ-ның Каргалинка елді мекеніндегі АТС ғимаратының ішінде «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторына бағытталады. «Cisco ME 3600 X24 CX» және «Cisco 7603 OSR» арасындағы байланыс «GigabitEthernet 1000 BASE-LX» (IEEE 802.3z) стандарты бойынша оптоталшықты тарату линиясы көмегімен жүзеге асырылады [9]. Одан әрі желілік трафик EPC LTE желісіне бағытталады, ол «Cisco ASR 5000 PCS3» мультисервисті платформа көмегімен жүзеге асырылған және «Алтел» АҚ Каргалинка елді мекеніндегі ОПТС ғимаратының ішінде орналасады. «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторы мен «Cisco ASR 5000 PCS3» платформасы арасындағы байланыс «10 GigabitEthernet 10 BASE-ER» (IEEE 802.3ae) стандарты бойынша оптоталшықты байланыс желісінің көмегімен жүзеге асады. EPC LTE желісі желіні басқарады, абонентік сессияларды ұйымдастырады, қызметтерді басқарады, трафикацияны жүзеге асырады және арнайы интерфейстер мен шлюздар арқылы сыртқы 2G, 3G, 3GPP емес, Internet, ISDN, IMT желілерімен байланысады [8]. Жобаланатын желіде байланысты ұйымдастыруда қоланылатын Ethernet стандарттарының қысқаша сипаттамасы:

- 1000 BASE-LX –бірмодалы оптикалық талшықты пайдаланатын стандарт; қайталағышсыз сигналдардың өту қашықтығы қолданылатын қабылдау-таратқыштардың түріне байланысты және 5-тен 60 км-ге дейін қашықтықты құрайды. Мәліметтер тарату жылдамдығы 1 Гбит/с-ке дейін;
- 10 GBASE-ER –бір модалық оптикалық талшықты пайдаланатын стандарт; сигналдың өту қашықтығы 50 км-ге дейін. Мәліметтер тарату жылдамдығы 10 Гбит/с-ке дейін. Барлық желілік трафик IP-протокол арқылы беріледі [5].

Баянауыл ауылдық округіндегі жобаланып жатқан LTE байланыс желісін ұйымдастыру сызбасы 2.9 - суретте көрсетілген.



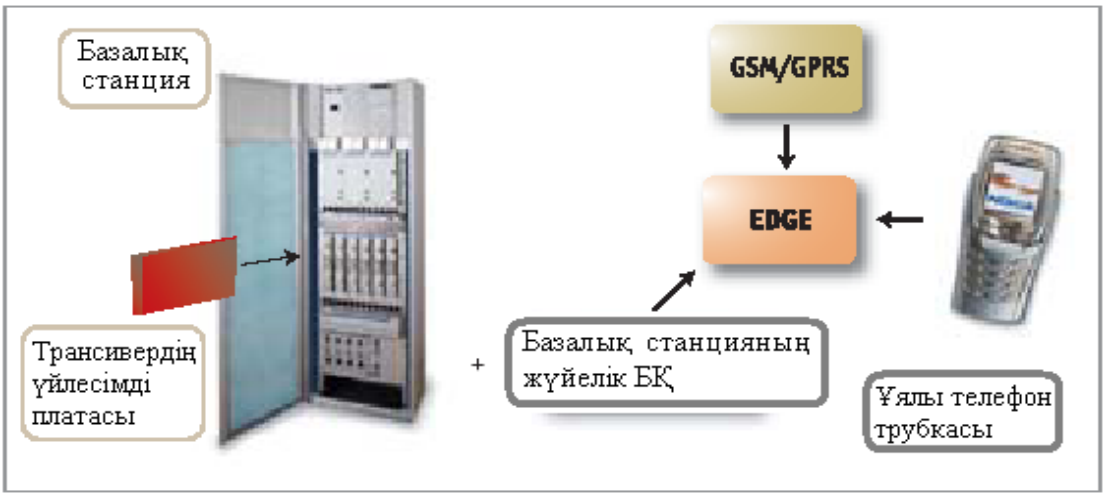
2.9 Сурет - Баянауыл ауылдық округіндегі LTE байланыс желісі

3 Өміртіршілік қауіпсіздігі

3.1 Еңбек шартын талдау

Осы дипломдық жобаның мақсаты LTE технологиясын қолдану арқылы Баянауыл ауылында ұялы байланыс желісін жобалау.(3.1 сурет) Осы технологияны жүзеге асыру үшін, базалық станцияларға (3.2 сурет) LTE платаларын қондырдым және жүйелік бағдарламамен қамтамасыз еттім, ал коммутациялық орталықта, ұялы телефондардағы LTE технологиясын сүйемелдеу үшін оператор бөлмесінде, HLR үй регистрін қолдану арқылы жылжымалы станцияны әрдайым бақылап отырады және мәліметтеріне енгізеді.

3.1 Сурет - Базалық станция

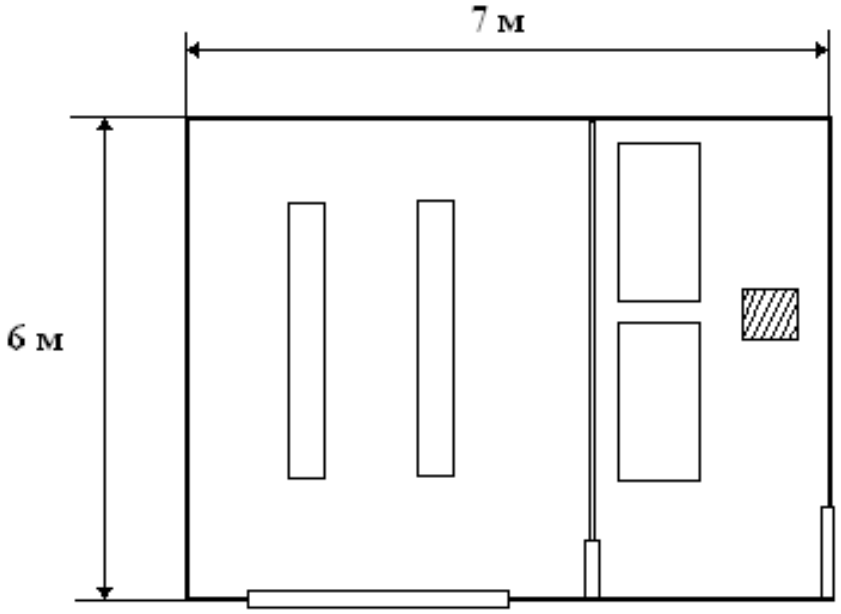


3.2 Сурет - Базалық станцияға LTE платасын енгізу

Коммутациялық отралықта бағдарламаны енгізетін оператор, сондықтан осы жұмыста оператордың рөлі өте маңызды. Коммутациялық орталық «Казактелеком» байланыс мекемесінде орналасқан.
(5.3 сурет)Осы бөлімше өндірістік процессті ұйымдастыру талаптарына сай. Сол бөлімшенің өлшемдері:

ұзындығы L = 7 м,
ені B = 6 м,
биіктігі H = 4 м.

Осы бөлімшеде 4 адам жұмыс істейді: 4 сменалық оператор және 1 техникалық жинаушы. Күндізгі сменада 2 оператор жұмыс істейді, күндіз бір рет техникалық жинаушы келеді.



3.3Сурет - Бөлімшенің жоспары

Оператор жұмысы Іа категориясына жатады – жеңіл физикалық жұмыс отырып орындалады. Оның жыл мезгілінің суық және жылы күндеріндегі оптимальді және мүмкіндік параметрлері 3.1- кестеде көрсетілген.

3.1 Кесте - Жыл мезгілінің суық және жылы күндеріндегі оптимальді және мүмкіндік көрсеткіштері

Мөлшер	Оптималді			мүмкіндік		
Жұмыс периоды	Ауа темпера-турасы ^{0}С	Салыстырмалы ылғалдық, %,	Ауаның қимыл жылдамдығы, м/с, одан көп емес	Ауа темпера-тура, ^{0}С	Салыстырмалы ылғалдық, %,	Ауаның қимыл жылдамдығы, м/с, одан көп емес
Суық	22 – 24	30 – 60	0,1	21 - 25	80	0,1
жылы	23 – 25	40 – 60	0,1	22 - 28	75	0,1 - 0,2

Организмнің энергия шығынынан тәуелді ГОСТ 12.1.055.88 ССБТ «Жұмыс зонасының ауасы, жалпы санитарлық – гигиеналық талаптар»[23] келесі категориялы жұмысты қарастырады, олардың сипаттамасы 3.2 кестеде көрсетілген.

3.2 Кесте - Жалпы санитарлық – гигиеналық талаптар

Жұмыс категориясы	Организмнің энергия шығыны Ккал/час	Жұмыс сипаттамасы
Физикалық жеңіл 1а	138 төмен (120 төмен)	Отырып орындалады

Оператордың компьютермен жұмыс істеу уақыты күнделікті, смена бойынша, жұмыскерден үнемі тиянақтылықты талап етеді. Сондықтан еңбектің қауыпсіз сау шарттарымен қамтамасыз ету жұмыскердің еңбекқабілеттілігін жоғарлатады және шаршаулығын төмендетеді.

Компьютердің алдында еңбек етудің ерекшелігі көру өрісіндегі жарқыраудың тұрақсыздығы, бейненің тұрақсыздығы және нақты еместігі шарттарынан жарқыраған экран алдында нақты көзбен көру жұмыстарын орындау. Көзбен жұмыс істеу объектілері қолданушының көзінен әртүрлі қашықтықта орналасқан (30-дан 70 см дейін) және көзқарасты экран-клавиатура-құжат бағытында жиі ауыстырып тұрады (хронометраждық мәліметке лайық минутына 15-тен 50 рет).

Ақпаратты көрсететін графикалық құрылғы (видеомонитор) істегі санитарлы-гигиеналық нормаларға сәйкесті. Видеомонитордың келесі техникалық сипаттамалары болуы керек:

1) Экранның диагональ бойынша өлшемі 14 дюйм;
2) Бейненің регенерация жиілігі (кадрлік развертканың жиілігі) екі режимде : негізгі – 70 Гц және қосымша – 60 Гц;
3) детальды контрастың көлемі, бейнедегі жарық белгісі 5:1 белгіден максималды және минималды қатынасы сияқты есептеледі;
4) Монитордың 0,5-ке тең сәулелену коэффициенті бар антибликті жамылғышы бар;
5) Монитордың экранды тұзету мүмкіндігі бар: иілуі бойынша ± 15 шегінде, бұрылуы бойынша ± 30 шегінде, ұзындығы бойынша қозғалу $\pm 150 - 200$ мм;
6) Тез қол жету зонасында (беткі панелінде) «жарықтық» және «контрастық» басқару нүктелері болу керек. Беткі панелінде жасыл түсті қорек көзі индикаторы орналасқан;
7) Бейненің тұрақсыз орналасуы (бейненің төменгі жиілікті дірілдеуі, 50% жарқырау деңгейі бойынша орналасу нүктесінің толқуы) 0,05 тен 10 Гц диапазон жиілігінде: 0,1 мм-ден аспау керек;
8) Шаңданудан қорғайтын, экран бетінен электростатикалық зарядты түсіру қамтамасыз етіледі.

Мониторемен жұмыс істейтін адам жағымсыз факторлармен кезігеді, ол факторларға рентгендік және электромагниттік сәулелену, және де электростатикалық өріс қатысады. 3.3 - кестеде мониторемен генерацияланатын сәулелену параметрлерінің жіберілетін мәндері көрсетілген.

3.3 Кесте - Мониторемен генерацияланатын сәулелену параметрлерінің жіберілетін мәндері.

Параметрлері	Жіберілетін мәндері
Видеомонитор айналасында 0,05 м қашықтығындағы ренгендік сәулеленудің экспозициондық доза қуаты	100 мкР/сағ
Видеомонитор айналасында 0,5 м қашықтығындағы электромагниттік сәулеленуі. Электрлік құрастырушысы боыйнша: 5 Гц-2 кГц диапазонында	25 В/м
2-400 кГц диапазонында	2,5 В/м
Магниттік құрастырушысы бойынша: 5 Гц-2 кГц диапазонында	250 нТл
2-400 кГц диапазонында	25 нТл
Үстінгі электростатикалық потенциал	500 В көп емес

2.2.032-78 ГОСТ «жұмыс орнының конструкциясы және оның барлық элементтерінің өзара орналасу жері» [24] антропометрикалық, физикалық және психологиялық талаптарға сәйкес болуы керек. Оператордың жұмыс орнын іске асырған кезінде келесі негізгі шарттар қарастырылуы керек:

- жұмыс орнының құрамына кіретін құрылғының оптималды орналасуы;
- керекті құбылыстарды және орын ауыстыруды рұқсат ететін жеткілікті жұмыс кеңістігі;
- қойылған жұмысты орындау үшін табиғи және жасанды жарықтың қажеттілігі;
- акустикалық шудың деңгейі жеткілікті мәннен жоғары болмауы керек;

Адамның еңбек қызметіне әсер ететін, травматизмнің және мамандық аурулардың алдын алатын, рационалды жарықтандыру жұмыс орнының негізгі факторларының бірі болып табылады. Дұрыс орындалған жарықтандыру еңбекке жағымды шарттарды жасайды, жұмыс қабілеттілігін және еңбек өндірістігін жоғарлатады. Программист жұмысты көзіне ауыртпалық түспеуімен орындауы үшін жұмыс орнының жарықтандыруы талапқа сай болуы қажет. Көру органдарының шалдығуы келесі себептермен байланысты:

- жарықтандырудың жеткіліксіздігі;
- жарықтандырудың жеткіліктіден жоғары болуы;

- жарықтың дұры емес бағытталуы.

Жарықтандырудың жеткіліксіздігі көрудің ауыртпалығына, зейіннің әлсіреуіне, тез арада шалдығуға алып келеді. Жарықтандырудың жеткіліктіден жоғары болуы көздің соқырлауына, жұмырлануына және жыбырлауына алып келеді. Жұмыс орнындағы жарықтың дұры емес бағытталуы шұғыл көлеңкелерге, жұмыскердің дезориентациясына алып келеді. Осы жағдайлардың бәрі мамандық ауруға кезіктіреді, сондықтан жұмыс орнындағы жарықтандырудың дұрыс есебі өте маңызды.

Жұмыс орнының жарықтандыруды есептеу жарық жүйесін таңдауға, жарық көздерінің санын анықтауға, және олардың түрлеріне және орналастыруына тоқталады. ПЭВМ-ды іске асыру бөлмесінде жасанды жарық жалпы бірқалыпты жарықтандыру жүйесімен іске асырылуы керек. Құжаттарға жарық түсіру үшін жергілікті жарық шамдарын орналастыруға болады. Ол экранның үстінде жылтыр қалдырмауы керек.

Жасанды жарық кезінде жарық көзі ретінде люминесцентті шамдарының ЛБ типті айналы торлы ЛПО36 сериялы жарық шамдарын қолдануға ұсынылады. Өндірістік және административті-қоғамдық бөлмелерде сәулеленетін жарықты орналастырған кезде 250 Вт қуатты темиргалогенді шамдарды қолдану рұқсат етіледі. Қыздыру шамдарын жұмыс құжаттарының зонасында (клавиатура, кітаптар, дәптерлер) жергілікті жарықтандыруда қолдануға болады.

Есептеу орталығының өрттен сақтандыру қауіпсіздігі.Өрттен сақтандыру қауіпсіздігі – өрт болу жағдайлары болмайтын, ал егер өрт пайда болса, онда адамға тиетін өрттің қауыпты факторларының әсері тоқтататын және материалдық құндылықтардың қорғанысы қамтамасыз ететін кезіндегі объектінің жағдайы.

Өрт пен жарылыстың себебі электрлік және электрлік емес сипатта болады.

Электрлік емес сипаттағы өрт пен жарылыстың себептері:

- өртпен дұрыс қолданбау;
- өндірістік құрылғының жарамсыздығы;
- өртке қауіпті бөлмелерде темекі тарту.

Электрлік сипаттағы өрт пен жарылыстың себептері:

- электрлік жабдықтардағы ұшқындар, электростатикалық разрядтар, найзағайдың ұруы;
- қысқа тұйықталған тоғы, жоғарғы температуралы қызатын өткізгіштер, және де өткізгіш сымдардың және электрлік жабдықтардың орамдарының мағыналы электрлік жүктемесі;
- өткізгіш сымдардың жалғанған жерлеріндегі нашар байланыс;
- электрқондырғылардағы қайта қосу немесе доғалық электрлік сварка кезіндегі коммутациялық жабдықтармен қате операциялардың нәтижесінде пайда болатын электрлік доға, ол жақында орналасқан қыздырғыш материалдардың және майтолтырылған жабдықтардың өртенуіне алып келуі мүмкін.

Өртті тоқтату шараларын ұйымдастыру:

- 1 жылда бір рет инструктаж өткізіледі. Административті-техникалық тұлғалармен өткізіледі.

Өрт кезінде адамдарды эвакуациялау жолдары қарастырылады. Эвакуация уақыты 3 минут. Эвакуациялық шығатын жолдар – бұл дала шығу жолдары, сыртқа шығу жолы бар, табалдырыққа немесе коридорға шығу. Терезе эвакуациялық шығу жолы болып саналмайды.

- Өрт сөндіру жабдықтарын қолдану және өрттің пайда болуын жариялау (өрт сөндіргіштер, өрт сөндіру сигнализациясы).

ОУ-2 типті қолмен қолданатын көмірқышқылды өрт сөндіру құрылғылары. Маховикті сағат бағдаршасына қарама қарсы бұрап вентильді қолмен ашып, олар осылай іске асырылады.

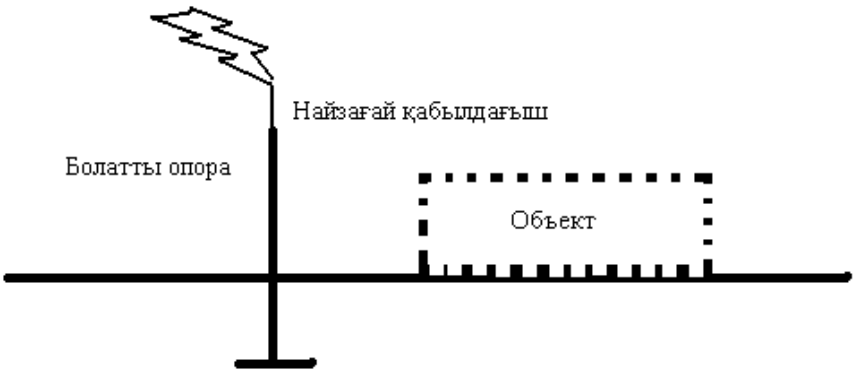
Барлық өрт сөндіру құрылғылары мерзім бойы тексеріліп және қайта зарядталып отырады.

Базалық станцияларға, линиялық қондырғыларды найзағайдан қорғау қажет. Найзағайдың тура түсуінен қондырғының механикалық бұзылуын тудырады. Найзағай тоғы өте көп жылуды бөледі, яғни өрт пайда болуы мүмкін, ал аппаратураға түскенде (антеннаға, антена блогына) аппаратура зақымдалады, істен шығуы мүмкін, яғни байланыс үзіледі.

Мекеме мен құрылыс орнын найзағайдан қорғауды орындау, мекеменің тұрған жерін жыл ішіндегі болатын найзағайдан және бір жыл ішінде күтілетін найзағайдан қорғау орындалу қажет.

Найзағайдың электрлік разрядын қабылдау үшін жайтратқыш құрылғысы қолданылады, олар тасымалдаушы бөлімнен (мысалы опора), найзағай қабылдағыштан, тоқтартқыш және найзағайдың тура түсуінен қорғайтын жерге қосқыштан тұрады.Әрбір жайтратқыш өзінің конструкциясына және биіктігіне қарасты анықталған қорғаныс зонасы бар, сол зонаның ішінде объектілер найзағай ұруларынан сақталған. Ғимараттарға және құрылыстарға қойылатын талаптар.

Найзағайдың түзу ұруынан жайтратқыш құрылғыларының бірінші категориялы жеке тұратын стерженьдік және тростық жайтратқыштар немесе бөлек ғимаратта орналасқан оқшауланған стерженьдік жайтратқыштар қолданылады. 30 метрден жоғарғы ғимараттарға бөлек тұратын жайтратқыштарды орнатқан қиындаса, онда найзағайдың түзу ұруларынан қорғану сақтандырылған ғимаратта орнатылады немесе жеткілікті қорғау зонасын қамтамасыз ететін оқшауланбаған стерженьдік немесе тростық жайтратқыштар құрылыстар немесе ғимараттың металлды емес астына найзағай қабылдағыш торын орнату жолы немесе 15 метр қашықтықта орналасқан екі тоқтартқыш найзағай қабылдағыш түрінде қолданылады, ал найзағай қабылдағыш тор 6-8 мм диаметрлі, яшығының ауданы 36 кв.м болатты сымнан орныдалады. Тордың түйіндері сваркаланады. Тоқтартқыш ретінде оның үздіксіз электрлік байланыс шарттары болған кезінде, ғимараттың барлық болатты конструкциясы қолданылады. 5.4 суретте стержньді бөлек тұрғызылған жайтратқыш көрсетілген.



3.4 Сурет - Стержньді бөлек тұрғызылған жайтратқыш

Осымен еңбек шартын талдау негізінде келесі есептеулерді жүргіземіз.

3.2. Өміртіршілік қауіпсіздігін қамтамасыз етудің әртүрлі сұрақтарының техникалық шешімдері

3.3. Жасанды жарықтандыруды есептеу

Жасанды жарықтандыру [25] методикалық нұсқау бойынша есептелді.

ПЭВМ орнатылған оператор бөлмесі үшін осындай объект болып 0,3 - 0,5 мм өлшемді нүкте болып келеді, яғни оператор бөлмесіндегі жұмыс III -жоғарғы нақтылық жұмыс категориясына жатады.

Осындай жұмыс категориясына жалпы жарықтандыру кезінде төменгі жарықтандыру E_{min} = 300 лк (люкс).

Жарықтандырудың пульсация коэффициенті 15% жоғары емес.

Қор коэффициенті k = 1,5.

Түзу емес жарықтандырудың коэффициенті z = 1,1.

ПЭВМ орнатылған оператор бөлмесі келесі өлшемді: ұзындығы

A = 7 м, ені B = 6 м, биіктігі H = 4 м.

Ілінетін төбе АОД (ЛБ-40 екішамды люминесцентті шамдармен) жарық шамдарымен орналастырылған.

Қабырға мен төбе жарық ағынының шағылысу коэффициенті:

$\eta_{каб} = 50\%$

$\eta_{тобе} 70\%$

Жалпы жарықтандыру жүйесі кезіндегі қажетті жарық шамдардың санын анықтайық[26].

ПЭВМ орнатылған оператор бөлмесі үшін пол үстіндегі жұмыс істеу жазықтығының деңгейі 0,8 м тең. Осымен $H_ж$=3,2 (жұмыс жазықтығының үстіндегі подвестің биіктігі).

Бөлімшенің ауданы:

$$S = A \cdot B = 7 \cdot 6 = 42 \text{ м}^2.$$

Бір шаммен құрастыратын, ЛБ 40 шамды АОД жарық шамдары үшін жарық ағыны $Ф_л = 3120$ лм (люмен).

Алдымен бөлімшенің көрсеткішін анықтайық:

$$i = (A \cdot B) / ((H_p \cdot (A+B)). \qquad (3.1)$$

(3.1) формуласы бойынша сандық есептеу жүргізейік,

$$i = (7 \cdot 6) / ((3,2 \cdot (7+6)) = 1.$$

Енді $i = 1$ үшін, төбенің шағылысу коэффициенті $\eta_{пот} = 0,7$ және қабырғаның шағылысу коэффициенті $\eta_{ст} = 0,5$, жарық ағынын қолдану коэффициентін - $\eta_0 = 0,47$ кесте бойынша табамыз.

Жарық шамдардың қажетті саны мына формуламен анықталады:

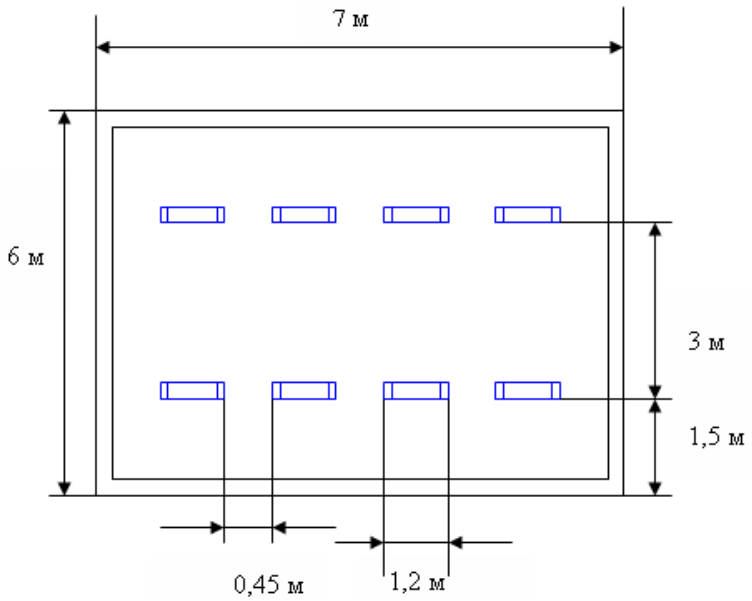
$$N = (E_{min} \cdot S \cdot k\ \eta\ z) / (Ф_л \cdot n \cdot \eta_0); \qquad (3.2.)$$

$$N = (300 \cdot 42 \cdot 1,5 \cdot 1,1)/(3120 \cdot 2 \cdot 0,47) = 7,08 \quad 8 \text{ тал.}$$

Жарық шамдарының ішіндегі шамдар саны 2-ге тең. Шамдардың жалпы саны:

$$n = (2 \cdot 8) = 16 \text{ шт.}$$

N –і қатар санына бөліп, әрбір қатарда орналастыратын жарық шамдарының санын анықтаймыз.



3.5 Сурет - Жарықшамдардың орналасу сұлбасы (жоғарыдан көрінісі).

Әрбір қатардағы жарық шамдардың саны: $N_р$ = N/2 = 4. Жарық шамдардың ұзындығы АОД = 1,2 м.

Қабырғадан жарықшамдардың бірінші және екінші қатарға дейінгі ара қашықтық 1,5 м, ал қатарлар арасындағы ара қашықтық – 3 м. Қатарда жарық шамдар 0,45 м қашықтықта орналасқан. 3.5. суретте жарықшамдардың орналасу сұлбасы көрсетілген (жоғарыдан көрінісі).

3.4. Өрт сөндіруді ұйымдастыруды есептеу

Өрт сөндіруді ұйымдастыру [27] методикалық нұсқау бойынша есептелді.

Оператор бөлмесі орналасқан мекеме, оның құрамында жанбайтын заттар және суық күйдегі материалдар болғандықтан, өртқауіпсіздігінен Д категориясына жатады.

Өртті тоқтату мақсатымен, мекеменің барлық бөлмелері мен ұйымдары мүмкіндігінше міндетті түрде автоматты өрттен сақтандыру орнатулармен қамтамасыз етеді. Берілген орнатулардың мақсаты жанған үлескілерді тиімді өшіру және өз уақытында хабарлау болады.

Өрт сөндіру орнатуының тиімділігін анықтайтын негізгі факторлардың бірі, хабарлаушыға, сол бақыланатын параметрлердің шараларының басталған уақытынан, оның іске асырылған кезінен басталады. Сондықтан орнатудың тиімділігін арттыру үшін екі түрлі өртті хабарлағыш орналастырылады. Қолмен іске асырылатын, қоршаған ортаға оңай қол жеткізетін жерлерде орналасқан, ал автоматты хабарлағыш, бақыланатын параметрлерге және қызмет көрсету зонасына байланысты орналасады.

Біздің типті мекемеге ЖТД (жылулық тезеритін датчик) типті өрт хабарлаушысы қолданылады, 72С^0 температура кезінде іске асады, 15м^2 дейін ауданды бақылайды. Сол кезде дыбыстық және визуалдық хабарлау жүйесі өте қажетті, ол өз уақытында сол мекемеде бар тұлғаларды эвакуциялауды ұйымдастыруды рұқсат етеді.

Қорғалатын мекеме міндетті түрде эвакуация жоспарымен қамтамасыданған болуы керек, сол жоспар мекемеден шығатын жерде орналастырылуы қажет.

Жіберілетін тросты Т-2МА типті аэрозольды өрт сөндіру орнатулары өзінің жұмысында жоғарғы тиімділігіне байланысты кең қолданысқа түсті және қиын емес техникалық қызмет көрсетуіне байланысты. Сондықтан оператор бөлмесін қорғау үшін, осы орнату оптималды болып табылды.

Аэрозольды өрт сөндіру орнатуларының есептеулерін жүргіземіз.

Өрт сөндіру құрылғысының салмағын анықтайық:

$$q_{ок} = 1{,}1 \times q_{есеп}(1 + \frac{K_2}{K}), \qquad (3.3)$$

мұндағы $q_{есеп} = К \times q_н \times W_{мек}$ – өрт сөндіру құрылғысының есептейтін салмағы, кг; (К – есептелмейтін шығындар коэффициенті, СН 75 – 76 қабылданатын 1,07 - 1,25 тең, ол қорғалатын мекемедегі өндірістің өрт қауіпсіздік категориясына байланысты; $q_Н$ – 3,5 Б2 (30% өртелінген көмірқышқыл және 70% бромды этилдың араласы) құрамы үшін 0,22 – 0,26 кг/м^3 өрт сөндіру құрылғысының қосып өрт сөндіру концентрациясы; $W_{мек}$ – қорғалатын мекеменің көлемі м^3, ($W_{мек}$ = 119м^3); $К_2$ – жүйедегі өрт сөндіру құрылғысының қалдығын есептейтін коэффициент, СН 75-76 бойынша 0,1 – 0,4 қабылданады, ол өрт сөндіру құрылғысының түріне, құбырдың диаметрі мен ұзындығына байланысты таңдалады; осыдан:

$$q_{ЕСЕП} = 1{,}25 \times 0{,}26 \times 119 = 38{,}675 кг. \quad (3.4)$$

Алатынымыз:

$$q_{О.К} = 1{,}1 \times 38{,}675 \times (1 + \frac{0{,}4}{1{,}25}) = 56{,}156 кг. \quad (3.5)$$

Баллон санын анықтаймыз:

$$n_{БАЛ} = \frac{2q_{О.К}}{q_{БАЛ}} \quad . \quad (3.6)$$

мұндағы, 2 – СН 75 – 76 бойынша, өрт сөндіру затының 100% қорын есептейтін коэффициент; $q_{БАЛ}$ – баллондағы өрт сөндіретін заттың салмағы (30кг).

Осыдан:

$$n_{БАЛ} = \frac{2 \times 56{,}156}{30} = 3{,}74 \approx 4 баллон. \quad (3.7)$$

Құбырдың диаметірін анықтайық (мм).
Магистральды:

$$d_M = d_C \sqrt{n_{ОДН}} \ . \quad (3.8)$$

мұндағы d_C – жұмыс баллонындағы сифонды түтік диаметрі (10мм); $n_{ОДН}$ – баллондар саны, берілген бағытта разрядталатын ($n_{ОДН}$ = 2).

Алатынымыз:

$$d_M = 10 \times \sqrt{2} = 14{,}1 мм. \quad (3.9)$$

Орналастырылған:

$$d_O = d_M \sqrt{\frac{q_P}{q_M}}, \quad (5.10)$$

мұндағы d_M – магистральды құбырдың диаметрі; q_O – орналастырылған құбыр бойынша берілетін өрт сөндіретін заттың мөлшері;
q_M – магистральды құбыр бойынша берілетін өрт сөндіретін заттың мөлшері:

$$d_O = 14{,}1 \times \sqrt{\frac{60}{120}} = 9{,}97 мм \quad . \quad (3.11)$$

Шығаратын орнатқыштың керекті санын анықтайық n_O :

$$n_{\hat{I}} = \frac{0{,}85 d_{\grave{I}}^2}{d_{\acute{I}}^2} \quad , \quad (3.12)$$

мұндағы, d_O – орнатқыш диаметрі, мм, бұдан:

$$n_O = \frac{0{,}85 \times 14{,}1^2}{10^2} = 1{,}68 \approx 2 \quad . \quad (3.13)$$

Қорғалған мекемеге өрт сөндіретін заттың шығарылатын есептеу уақытын анықтайық:

$$\tau_E = \frac{q_{ЕСЕП}}{q_{TP}} \le \tau_H \, , \quad (3.14)$$

мұндағы q_{TP} – берілген бағыттағы құбыр арқылы өрт сөндіретін заттың топталған шығыны, кг/с, (0,7 кг/с); τ_H – нормативті өшіретін уақыт (150с).

$$\tau_E = \frac{38{,}675}{0.7} = 55{,}25 c \, , \quad (3.15)$$

$T_E \leq \tau_H$ шартына сәйкес келеді.

3.5. Найзағайдан қорғауды есептеу

Найзағайдан қорғауды [23] әдебиет бойынша есептелді

Ғимаратта орналасқан антеннаның найзағайдан қорғаныс жүйесін орындаймыз (антеннамен бірге биіктігі 25 метр).

Ғимаратта комутациялық орталық, тұрақты және ауыспалы қуатты электрқабылдайтын қондырғылар орналасқан. Радиодоступ құрылғыларды, антенаның найзағайдан қорғау құрылғыларды және құрылғыларды қызмет ететін электрқондырғылардың қатарына жатқызамыз және ғимараттың найзағайдан қорғау бар жүйесіне және коммутациялық орталық құрылғыларына қосу ыңғайлы, онда 150 м биіктіктегі опорлы жалғыз тросстық жайтратқышты қолданамыз.

Ғимарат үшін 1 жыда болатын найзағай саны. Антенамен қосқандағы ең жоғарғы биіктігі – 25 м (H), ені – 15 м(S), ұзындығы – 20 м (L).

$$N=(S+6H)\ (L+6H)*10(-6); \qquad (3.16)$$

$$N=(15+150)(20+150)*10(-6)=0,028. \qquad (3.17)$$

Тапсырма II категория қатысты; Ғимарат найзағайдың түзу ұруларынан, электрлік және электромагниттік индукциялардан, жер үстілік және жер астылық металлдық коммуникаиялар арқылы жоғарғы потенциалдардың заносынан қорғалынуы қажет.

Жайтратқыш типін және қорғаныс зонасының габариттерін есептейміз.

Жайтратқыш типі – опорлы 150 м биіктіктегі жалғыз троссты жайтратқыш.

Жер үстіндегі қорғаныс зонасының биіктігін H0 анықтаймыз,м:

$$H0=0,92 \quad H=0,92*25=23. \qquad (3.18)$$

Жер деңгейіндегі қорғаныс зонасының торецтік облысының радиусын R0,м:

$$R0=1,7*H=1,7*25=42,5. \qquad (3.19)$$

Жер деңгейіндегі опоралары арасындағы бөлімшедегі қорғаныс зонасының ені S1:

$$S1=2R0=83 \text{ м}.. \qquad (3.20)$$

Жер үстіндегі Hx биіктігінде қорғаныс зонасының торецтік облысының радиусын Rx анықтаймыз,м:

$$Rx=1,7*(H-Hx/0,92)=1,7*(37-25/0,92)=16,7. \quad (3.21)$$

Жер үстіндегі Нх биіктігінде опоралар арасындағы бөлімшедегі қорғаныс зонасының енін S2 анықтаймыз,м:

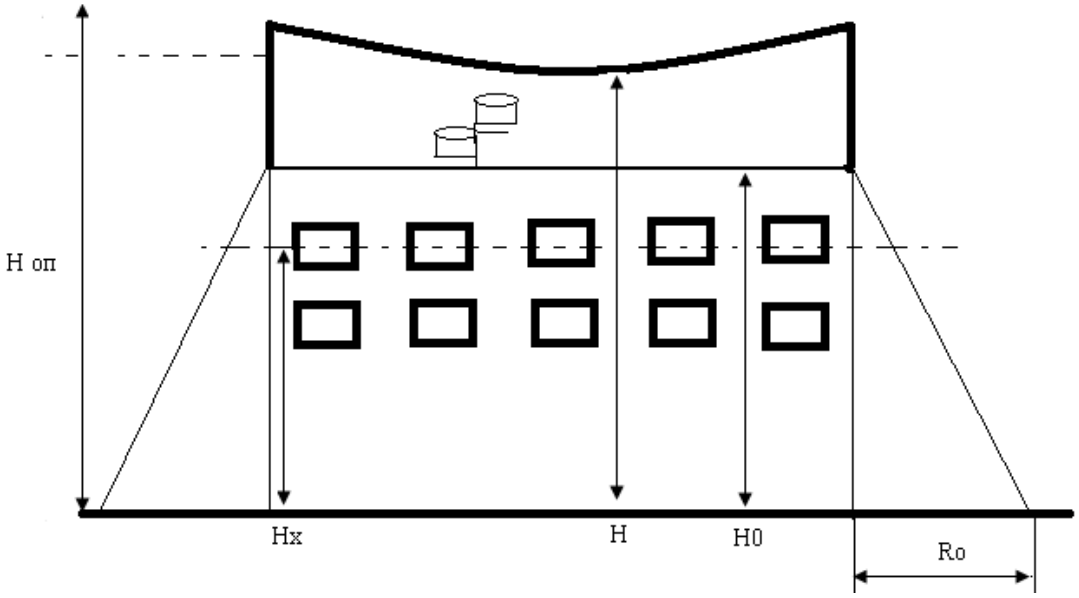
$$S2=2Rx=33,4. \quad (3.22)$$

Жайтратқыштың қорғаныс зонасының бөлігі болып, анықталған сенімділік дәрежелі найзағайдың түзу ұруларынан, ғимарат ішінен қорғалған. Сенімділік дәрежесінің мәні бойынша ең кішісі және тұрақтысы қорғаныс зонасының үсті болады; зонаның ішіне жақындаған сайын сенімділік жоғарлайды. Б типті қорғау зонасының сенімділіг дәрежесі - 95 % және жоғары.

Жалғыз троссты жайтратқыштың биіктігі мына формуламен анықталады:

$$H=(Rx+1,85Hx)/1,7=(16,7+1,85*25)/17=37 \text{ м}. \quad (3.23)$$

Найзағай қабылдағыш ретінде кесу ауданы =35кв.мм және кесуі 7 мм болатты көпсымды цинктелген трос болады. Жерге қосқыш электроды – 10 мм кесулі болат (5.6 сурет)



3.6 Сурет - Жайтратқышты орнату сұлбасы (қырынан көрінісі).

4 Бизнес-жоспар

4.1 Мақсаты

Қазіргі кезде «Алтел» компаниясы Pathword, Dalacom, City, Jet брендтеріне қоса LTE технологиясына негізделген Altel 4G кең жолақты мобильді интернет қызметін енгізді. «Алтел» компаниясы «Қазақтелеком» компаниясының мобильдік радиобайланыс сегментіндегі еншілес компаниясы болып табылады.

Компанияның ары қарай дамуы Қазақстанда ең алғаш LTE технологиясын енгізу нәтижесінде желі абоненттерінің саны және сыйымдылығы арту мүмкіндігі пайда болды.

Желінің кеңеюі компанияның стратегиялық жобасының алғашқы фазасы бойынша облыс орталықтарын кең жолақты мобильді интернетпен қамту болып табылады. «Алтел» компаниясы, келесі қызметтерді ұсынады:

1) ұялы желідегі мобильді абоненттердің (сөзді беру) және стационарлы телефон желісіндегі жылжымайтын абоненттердің радиотелефон байланысынын, сонымен қоса халықаралық және қаларалық байланысты;

2) факсимильді хабарды беру;

3) қысқа хаттаманы тарату SMS;

4) жоғарғыжылдамдықты мәліметтердітарату;

5) жоғарғыжылдамдықты мобильді интернетті;

6) бейнелі қоңырау соғу;

7) ТВ гид;

8) шақыруды қайта адрестеу, автодозвон және шақыруды күту;

9)автоматты телефон сөйлесулер ұзақтығын тіркеу;

10) дауысты поштаны;

11) конференц-байланысын – бір мезгілде бірнеше абоненттердің сөйлесулері [2].

Дипломдық жобаның бұл бөлімінде LTE технологиясының негізінде Баянауыл ауылында сымсыз қатынауды ұйымдастырудың техникалық-экономикалық негіздеуі жүргізілді.

Баянауыл ауылында LTE желісін құру бір кезеңде өтеді.

Жоба құжаттамасын әзірлеуі және байланысты дамытудың экономикалық және қаржылық көрсеткіштерінесептеу кезінде келесі негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштері есептелінеді:

- капитал салымдар;
- эксплуатациялық шығындар;
- тарифтік табыстар;
- пайда және жобаның қайтару мерзімі;
- абсолютті экономикалық тиімділік.

4.2 Баянауыл ауылында LTE желісін құру

Байланысты дамытудың экономикалық және қаржылық көрсеткіштерін есептеу алдында Баянауыл ауылында «Алтел» АҚ-ның қолданыстағы байланыс инфрақұрылымына баға беру керек және оның бір бөлігін осы жобаны іске қосу процессі кезінде қолдануға болады. Баянауыл ауылында «Қазақтелеком» АҚ қарамағында АТС-29-дан елді мекеніндегі АТС-ке дейінгі аралықта төселінген оптоталшық байланыс желілері бар. Баянауыл ауылында LTE желісінің құрылысы кезінде құрылыстың сұлбасын және келесі шараларды жүзеге асыру жоспарланады.

4.2 Капитал салымдарды есептеу

Капитал салымдары және жаңа жабдықты пайдалануға беруі келесі бөлшектерден тұрады:

- жабдық құны;
- жабдықты орнату және монтаж;
- жобалау қаржысы(құрылғының бағасының 3%);
- транспорттық шығындар.

Бұл жобадағы LTE желілерін пайдалануға берудің қаржыландыруы бойынша барлық шығындар «Қазақтелеком» АҚ-мен өтелінеді деп есептелінеді.

Кабельді төсеуге кететін шығындарды (C_Σ) келесі формуламен есептейміз:

$$C_\Sigma = (C_{OK} + C_Ж) \cdot L_{OK}, \qquad (4.1)$$

мұндағы C_{OK} – 1 км оптикалық кабель бағасы, C_{OK} = 213750 теңге;

$C_Ж$ – кабельді төсеуді жобалау қаржысы, $C_Ж$ = 198800 теңге;

L_{OK} – төселінетін оптикалық кабель ұзындығы, L_{OK} = 31 км.

$$C_\Sigma = (213750+198800) \cdot 31 = 12851050 \text{ теңге.}$$

Тара және орама жабдық құнынан 0,5%, транспорттық шығындар – 5%, дайындық-қоймалық шығындар – 1% құрайды. Ескерілмеген жабдық құны жабдықтың жалпы құнынан 10% құрайды.

Капитал салымды анықтау, K_Σ

$$K_\Sigma = K_Н + K_Қ + K_Ж + C_\Sigma + K_{И.М.}, \qquad (4.2)$$

мұндағы $K_Н$ – негізгі жабдыққа ие болатын капитал салым;

$K_Қ$ – қосымша жабдыққа ие болатын капитал салым;

$K_Ж$ – жобалау шығыны (3%);

C_Σ – кабельді төсеуге кететін шығын;

$K_{И.М.}$ – интернет модемді сатып алуға кететін шығын [21].

Капитал салымдарды есептеу 4.1 кестеде келтірілген.

4.1 Кесте - Капитал салымдарды есептеу

Жабдықтың атауы және техникалық сипаттамасы, атқарылатын жұмыс түрлері	Қолданылатын қуат өлшемі	Саны	12% ҚҚС-пен бірлік бағасы, тг.	12% ҚҚС-пен жалпы құны, тг.
1	2	3	4	5
Негізгі жабдық				
«Flexi RF Module Triple 90W» базалық станциясы, өндіруші «Nokia Siemens Network»	90 Вт · 7 =630 ВТ	7	2030000	14210000
«Cisco ME 3600X 24CX» коммутаторы	228 Вт · 7 = 1596 Вт	7	798000	5586000
«Cisco 7603 OSR» маршрутизаторы	1500 Вт	1	2096500	2096500
«Cisco ASR 5000 PCS3» мультисервистік платформасы	12800 Вт	1	7439000	7439000
Барлығы	16,5 кВт		Барлығы	29331500
Тара және орама			0,5%	146657,5
Транспорттық шығындар			5%	1466575
Дайындық-қоймалық шығындар			1%	293315
Орнату және баптау			15%	4399725
Жалпы құны				35637772,5
Қосымша жабдық				
eNB орнату үшін радиомұнара		4	8115250	32461000
eNB жабдығын орналастыру үшін тұтас металдық контейнер, өндіруші «ПМК» ЖШС		4	464500	1858000
Liebert «GXT2-1500 RT230» үзіліссіз қуат беру көзі (ҮҚБК)		7	126200	883400
Найзағайдан қорғау блогі		21	3040	63840
«Hitachi Luxury RAS/RAC-0,8 LH1/LH2» сплит-жүйесі		7	81200	568400
«Timit W4CT 1104D 1500W» конвектор		7	10600	74200

4.1 Кесте жалғасы

1	2	3	4
Барлығы			35908840
Тара және орама		0,5%	179544,2
Транспорттық шығындар		5%	1795442
Дайындық-қоймалық шығындар		1%	359088,4
Жобалау шығыны		3 %	1957300
Жалпы құны			4292000
ЖАЛПЫ			75838000
Ескерілмеген жабдық		10%	7926701
C_{Σ} кабельді төсеуге кететін шығын			50801250
«Nokia Internet Modem RD3» сатып алу	2000	3000	6000000
Жалпы капитал салымдар (K_{Σ})			140 566 000

Желіні ұйымдастыруға кететін жалпы капитал салымдар K_{Σ} =140 566 000 теңге құрайды.

4.3 Жылдық эксплуатациялық шығындарды есептеу

Байланыс қызметін өндіруге кететін кәсіпорынның ағымдағы шығындары эксплуатациялық шығындар ($Ш_{Э}$) деп аталады. Эксплуатациялық шығындар құрамына желінің күтіп баптау мен қызмет көрсетудің барлық шығындары кіреді. Эксплуатациялық шығындар өзінің экономикалық мәні бойынша ақшалай түрде байланыс қызметтерінің өзіндік құнын көрсетеді. Байланыста эксплуатациялық шығындар барлық меншік түрлерінін кәсіпорындар экономикасының барлық саласы үшін қабылданған экономикалыө элементтер бойынша топтау негізінде есептеледі:

- қызметкерлердің еңбек ақысына кететін шығындар;
- әлеуметтік салық;
- амортизациялық бөлінулер;
- материалдық шығындар;
- әкімшілік-басқару шығындары;
- ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарға (ҒЗТКЖ) бөлінулер [22].

4.3.1 Еңбек ақыға кететін шығындар. Еңбек ақының жылғы қорын есептеу үшін өндірістегі қызметкерлер құрамының санын анықтау керек. Дипломдық жобада таңдалған жабдық қызмет көрсетушінің тұрақты болуын талап етпейді. Сондықтан жабдыққа қызмет көрсету тобының барлығы авариялық-профилактикалық жұмыстары үшін төменде аталған мамандардан тұрады. 4.2 кестеде қызмет көрсету тобының құрамы көрсетілген.

4.2 Кесте - Қызмет көрсету тобының құрамы

Лауазымдар атауы	Айлығы, тг.	Саны, адам	Жалпы еңбек ақы, тг.
Басты инженер	200000	1	200000
Желіге қызмет көрсету инженер	150000	2	300000
Электромеханик	100000	1	100000
Антенщик-мачтовик	90000	2	180000
Барлығы (ФЗП)		6	780000

Еңбек ақы төлем қоры ($ФОТ_ж$) келесі формуламен есептеледі:

$$ФОТ_ж = З_{НЕГ} + З_{ҚОС}\ , \qquad (4.3)$$

мұндағы $З_{НЕГ}$ – негізгі еңбек ақы төлемі;
$З_{ҚОС}$ – қосымша еңбек ақы төлемі.

$$З_{НЕГ} = ФЗП \cdot N_м\ , \qquad (4.4)$$

мұндағы $ФЗП$ – негізгі еңбек ақы қоры, $ФЗП$ = 780000 тг;
N_a – бір жылдағы ай саны, N_a = 12 ай.

$$З_{НЕГ} = 780000 \cdot 12 = 9360000 \text{ теңге.}$$

Қосымша еңбек ақы төлемі ($З_{ҚОС}$) $З_{НЕГ}$– нің 20% құрайды:

$$З_{НЕГ} = 9360000 \cdot 0{,}2 = 1872000 \text{ теңге.}$$

Сонда $ФОТ_ж$:

$$ФОТ_ж = 9360000 + 1872000 = 11232000 \text{ теңге.}$$

4.3.2 Әлеуметтік салық. $ФОТ_ж$-тан қарағанда әлеуметтік салық 11% құрайды.

Әлеуметтік салықтың бөлінуі, $С_Ә$:

$$С_Ә = 0{,}11 \cdot (ФОТ_ж - 0{,}1 \cdot ФОТ_ж)\ ; \qquad (4.5)$$

$$С_Ә = 0{,}11 \cdot (11232000 - 0{,}1 \cdot 11232000) = 1111968 \text{ теңге.}$$

4.3.3 Амортизациялық бөлінулер. Жалпы капитал салымынан байланыс жабдығына $Н_А$ = 15% амортизация нормасын аламыз, сонда амортизациялық бөліну, $А$:

$$A = K_{\Sigma} \cdot 0{,}15; \quad (4.6)$$

$$A = 143994964 \cdot 0{,}15 = 21599245 \text{ теңге.}$$

4.3.4 Өндіріс мұқтаждығына керекті электрэнергия шығыны. Өндіріс мұқтаждығына керекті электр-энергия шығыны – электр қорегі жабдығының шығын мен қосымша мұқтаждық шығынының қосындысы:

$$Э = З_{ЭЛ.\ ЭН.} + З_{ҚОС.}; \quad (4.7)$$

$$З_{ЭЛ.\ ЭН.} = W \cdot T \cdot S, \quad (4.8)$$

мұндағы $З_{ЭЛ.\ ЭН}$ – электр қорегі жабдығының шығыны, тг;

$З_{ҚОС.}$ – қосымша мұқтаждық шығыны, тг;

W – қолданылатын қуат,eNB үшін W = 16,5 кВт, 5.1-кестеде көрсетілген;

T – жұмыс уақыты, Т = 8760 сағ;

S – тариф, S=20 тг/кВт/сағ [21].

$$З_{ЭЛ.\ ЭН.} = 16{,}5 \cdot 8760 \cdot 20 = 2890800 \text{ теңге.}$$

Электр қорегі жабдығының шығынының 5%-ін қосымша мұқтаждық шығыны құрайды:

$$З_{ҚОС.} = З_{ЭЛ.\ ЭН.} \cdot 0{,}05. \quad (4.9)$$

Қосымша мұқтаждық шығыны:

$$З_{ҚОС.} = 2890800 \cdot 0{,}05 = 144540 \text{ теңге.}$$

Сонда:

$$Э = 2890800 + 144540 = 3035340 \text{ теңге.}$$

4.3.5 Материалдық шығындар. Материалдық шығындар жылына негізгі жабдықтың капитал салымынан 20%-ін құрайды:

$$М = К_{Н} \cdot 0{,}2; \quad (4.10)$$

$$М = 35637772{,}5 \cdot 0{,}2 = 7127555 \text{ теңге.}$$

4.3.6 Радиомұнарада орын жалдау. Мобильді ұялы байланыс

операторларының радиомұнараларында базалық станция үшін орын жалдау. Радиомұнарада орын жалдаудың жалпы құны келесі формуламен анықталады:

$$Ж_{ж} = Ж \cdot N_{ж}, \quad (4.11)$$

мұндағы $Ж_{ж}$ – орын жалдаудың жалпы құны, тг;

$Ж$ – жылына бір орын жалдаудың құны, $Ж$ = 1500000 теңге;

$N_{ж}$ – жалданатын орын саны, $N_{ж}$ = 3.

$$Ж_{ж} = 1500000 \cdot 3 = 4500000 \text{ теңге.}$$

4.3.7 Әкімшілік-басқару шығындары. Әкімшілік-басқару шығындары жылына 3% құрайды:

$$Ә = К_{Н} \cdot 0,03; \quad (4.12)$$

$$Ә = 35637772,5 \cdot 0,03 = 1069133 \text{ теңге.}$$

Ғылыми-зерттеу және тәжірибелің-конструкторлық жұмыстарға (ҒЗТКЖ) бөлінулер шығындардың жалпы құнының 1,5%-ін құрайды.

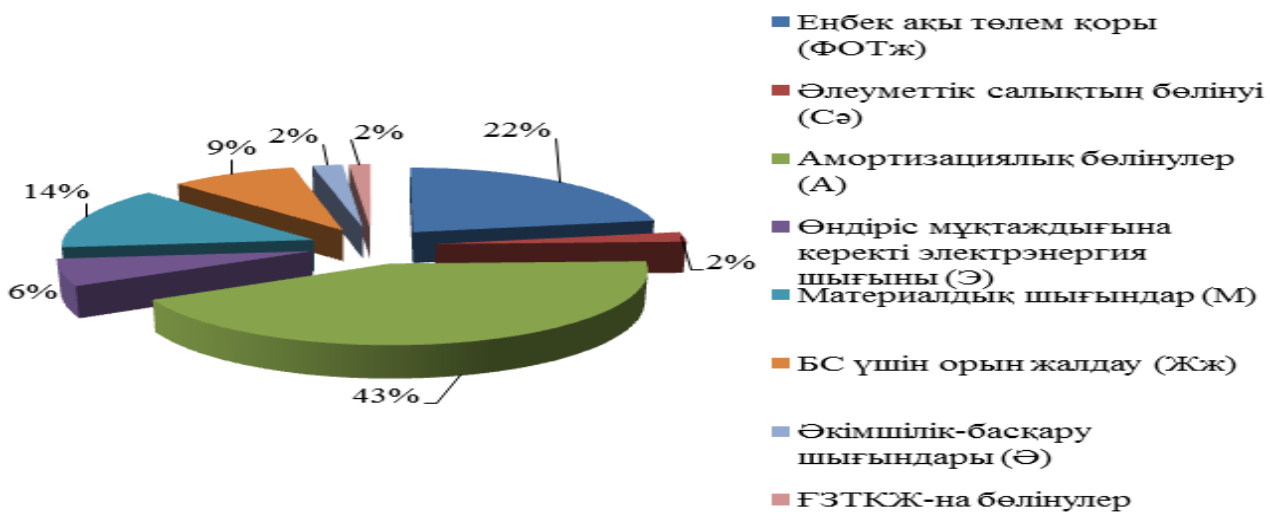
Жылдық эксплуатациялық шығындардың нәтижесі 5.3 кестеде көрсетілген.

4.3 Кесте - Жылдық эксплуатациялық шығындар

Шығын түрі	Сумма расходов, теңге	Пайыздық көрсеткіш
Еңбек ақы төлем қоры ($ФОТ_{ж}$)	11232000	22%
Әлеуметтік салықтың бөлінуі ($С_{Ә}$)	1111968	2%
Амортизациялық бөлінулер ($А$)	21599245	43%
Өндіріс мұқтаждығына керекті электрэнергия шығыны ($Э$)	3035340	6%
Материалдық шығындар ($М$)	7127555	14%
БС үшін орын жалдау ($Ж_{ж}$)	4500000	9%
Әкімшілік-басқару шығындары ($Ә$)	1069133	2%
ҒЗТКЖ-на бөлінулер	745129	2%
Эксплуатациялық шығындар ($Ш_{Э}$)	50420370	100%

Осылайша, жалпы эксплуатациялық шығындар $Ш_{Э}$ =50420370 теңге.

Эксплуатациялық шығынның диаграммасын тұрғызамыз

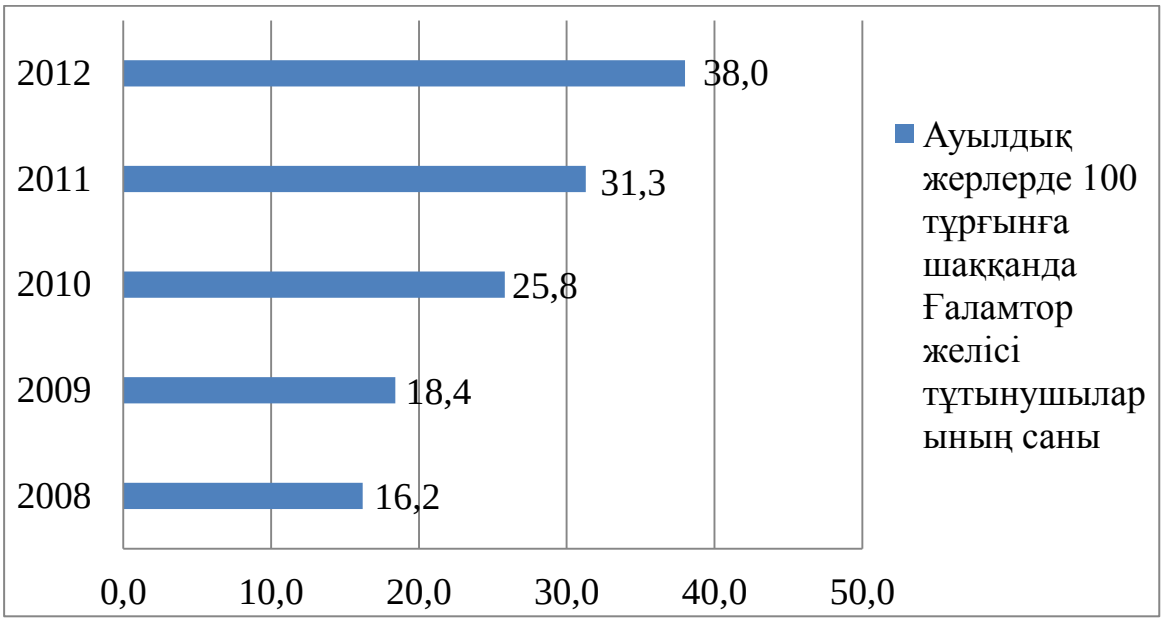


4.1 Сурет - Эксплуатациялық шығынның диаграммасы

4.4 Тарифтік табысты есептеу

Берілген LTE желісі оған абоненттердің максималды саны қосылады деген қағидаға сүйене отырып жобаланады. Жобаланатын LTE желісі абоненттерге дауысты байланыс, видеобайланыс, Ғаламтор желісіне қатынау және SMS, MMS жіберу қызметтерін ұсынады.

Қазақстан Республикасының Статистика Агенттігінің мәліметтері бойынша ауылдық жерлерге Ғаламтор желісінің енуі жылдан-жылға өсіп келеді. 2012 жылы ауылдық жерлерде Ғаламтор желісі тұтынушыларының саны 100 тұрғынға шаққанда 38 адамға жетті. 5.2-суретте 2008 – 2012 жылдар аралығындағы ауылдық жерлерге Ғаламтор желісінің енуінің диаграммасы көрсетілген (ҚР Статистика Агенттігінің мәліметтері бойынша) [24].



4.2 Сурет - Ауылдық жерлерге Ғаламтор желісінің енуі

(ҚР Статистика Агенттігінің мәліметтері бойынша)

4.2 суретте көрсетілген диаграммаға сәйкес Қазақстанның ауылдық жерлеріндегі Ғаламтор желісі тұтынушыларының өсуі жылына орташа мәнмен 6%-ке жуық мәнге ие.

Мінсіз жағдайда, Ғаламтор желісіне қатынау үшін Қаратал ауылдық округіндегі жобаланатын LTE желісіне округ тұрғындарының жалпы санының 38% қосылады деп болжаймыз.

Баянауыл ауылында тұрғындарының жалпы саны 20000 адамды құрайды. USB-LTE модем арқылы Ғаламтор желісіне қатынау үшін жобаланатын желіге қосылған абоненттердің жуық санын есептейміз ($N_{аб.ғал}$):

$$N_{аб.ғал} = 20000 \cdot 0{,}38 = 7600 \text{ адам} . \qquad (4.13)$$

Әдетте USB-LTE модем бір жанұяға бір дана сатылып алынатындықтан және бір жанұя орташасында төрт адамнан тұратындықтан, $N_{аб.ғал}$ келесі мәнге ие болады:

$$N_{аб.ғал} = 7600/4 = 1900 \text{ адам.}$$

USB-LTE модемдерінің көмегімен Ғаламтор желісіне қол жеткізуді беру бойынша шамаланған тарифті жоспарлар 4.4-кестеде көрсетілген.

4.4 Кесте - Шамаланған тарифті жоспарлар және олардың бағасы

Тарифті жоспар	Қосылу жылдамдығы	Абонент-тік төлем, тг./ай	Трафик көлемі	$N_{аб.ғал}$-ден абоненттер үлесі, %	Қосылған тұтынушылар-дың жуық саны
Т1	100 Мбит/с дейін	3000	10 Гб	65	1235
Т2	100 Мбит/с дейін	5000	20 Гб	35	665

USB-LTE модемдерінің көмегімен Ғаламтор желісіне қатынау қызметін берудің жалпы тарифтік табысы (T_1) келесі формуламен анықталады:

$$T_1 = \Sigma_i \cdot T_i \cdot N_i \cdot 12 , \qquad (4.14)$$

мұндағы T_i – тарифтік жоспардың құны;

N_i – берілген тарифтік жоспарға қосылған тұтынушылардың шамаланған саны.

$$T_1 = [3000 \cdot 1235 + 5000 \cdot 665] \cdot 12 = 84360000 \text{ теңге.}$$

USB-LTE модемдерін сатудан түсетін табыс (T_2) келесі формуламен анықтаймыз:

$$T_2 = N_{аб.гал} \cdot (Z_n - Z_c), \quad (4.15)$$

мұндағы Z_n – бір USB-LTE модемін сату құны, Z_n = 3500 тг;
Z_c –бір USB-LTE модемін сатып алу құны, Z_c = 3000 тг.

$$T_2 = 1900 \cdot (3500 - 3000) = 950000 \text{ теңге.}$$

Осыдан кейін дауысты байланыс, SMS, MMS жіберу және мобильді терминал көмегімен Ғаламтор желісіне қатынау қызметтерін берудің табысын есептейміз.

ҚР Статистика Агенттігінің мәліметтері бойынша 2012 жылдың басында Қазақстанның ауылды жерлерінің халқының 48%-і ұялы байланыспен қолданады [24]. Осы мәліметтерге сәйкес, Қаратал ауылдық округінде абоненттер саны 9600 адамға тең. Байланыс қызметтерін беруге жасалынған талдауға сүйене отырып Қаратал ауылдық округінде төрт ұялы байланыс операторлары жұмыс істейді деп айтуға болады. Демек, Қаратал ауылдық округінде бесінші ұялы байланыс операторы «Алтел» компаниясы болады. Қаратал ауылдық округіндегі ұялы байланыстың абоненттерін операторлар арасында шартты түрде теңдей бөлеміз. Сол кезде Қаратал ауылдық округінде жобаланатын LTE желісінің мобильді байланыс абоненттерінің саны $N_{аб.моб}$ = 9600/5 = 1920 болады [23].

Мобильді байланысты беруге шамаланған бағалар 4.5-кестеде көрсетілген.

4.5 Кесте - Мобильді байланысты беруге шамаланған бағалар

Қызмет түрі	Бағасы, тг.
Келіп түсетін қоңыраудың 1 минуты	0
Мобильді байланыстың басқа операторларының нөмірлеріне шығыс қоңыраудың 1 минуты	$К_1$ = 7
«Алтел» мобильді нөмірлеріне шығыс қоңыраудың 1 минуты	$К_2$ = 4
Фиксирленген байланыстың телефон нөмірлеріне шығыс қоңыраудың 1 минуты	$К_3$ = 8
1 SMS, MMS	$К_4$ = 6
1 МБ трафик	$К_5$ = 15

ҚР Статистика Агенттігінің мәліметтері бойынша, мобильді байланыстың орташа статистикалық абоненті айына 20 SMS/MMS, 50 МБ трафик және 200 сөйлесу минутын пайдаланады [24]. Бір абоненттің шығыс сөйлесу уақытының қатынасы пайыздық көрсеткіште келесідей болады деп болжаймыз: мобильді байланыстың басқа операторларының нөмірлеріне (90

минут) 45%, «Алтел» мобильді нөмірлеріне (90 минут) 45%, фиксирленген байланыстың телефон нөмірлеріне (20 минут) 10%.

Мобильді байланыс қызметтердің беруінің жалпы тарифтік табысы (T_3) келесі формуламен есептеледі:

$$T_3 = [K_1 \cdot 90 + K_2 \cdot 90 + K_3 \cdot 20 + K_4 \cdot 20 + K_5 \cdot 10] \cdot N_{аб.моб} \cdot 12 \; ; \qquad (4.16)$$

$$T_3 = [7 \cdot 90 + 4 \cdot 90 + 8 \cdot 20 + 6 \cdot 20 + 15 \cdot 50] \cdot 1920 \cdot 12 = 46540800 \text{ теңге.}$$

Қаратал ауылдық округіндегі LTE желісінің байланыс қызметтерін көрсетуден түсетін жалпы тарифтік табыс келесі формуламен анықталады:

$$T_Ж = T_1 + T_2 + T_3 \; ; \qquad (4.17)$$

$$T_Ж = 84360000 + 950000 + 46540800 = 131850800 \text{ теңге.}$$

4.5 Эксплуатация кезіндегі экономикалық тиімділік көрсеткіштерінің бағалау

4.5.1 Экономикалық тиімділік көрсеткіштерін есептеу. Жобаның іске асыруынан түсетін пайда (немесе негізгі қызметтен түсетін пайда) тарифтік табыстардан эксплуатациялық шығындарды азайтқандағы мәнге тең және ол келесі формуламен анықталады:

$$П = T_Ж - Ш_Э; \qquad (4.18)$$

$$П = 131850800 - 50420370 = 81430430 \text{ теңге.}$$

Таза пайда деп кәсіпорынның ұйғарымында қалатын пайданы атаймыз және ол жобаны іске асырудан түсетін пайдадан пайда салығын азайту арқылы анықталады. Пайда салығы 20%-ке тең.

Заңды тұлғаларға қойылатын пайда салығы:

$$C_{З.Т.} = П \cdot 0{,}2 \; ; \qquad (4.19)$$

$$C_{З.Т.} = 81430430 \cdot 0{,}2 = 16286086 \text{ теңге.}$$

Таза пайда ($П_Т$) келесі формуламен анықталады:

$$П_Т = П - C_{З.Т.} \; ; \qquad (4.20)$$

$$П_Т = 81430430 - 16286086 = 65144344 \text{ теңге.}$$

Абсолютті экономикалық тиімділіктің капитал салымының коэффи циенті:

$$E = П_T / К_\Sigma, \quad (4.21)$$

мұндағы $П_T$ – таза пайда, тг;
$К_\Sigma$ - жалпы капитал салым, тг.

$$E = 65\ 144\ 344 / 140\ 566\ 000 = 0{,}46.$$

Капиталды салымдардың қайтарылу мерзімін есептейміз:

$$T_{КС} = 1 / E, \quad (4.22)$$

мұндағы $T_{КС}$ – капитал салымдардың қайтару мерзімі, жыл;
E – абсолютті экономикалық тиімділіктің капитал салымының коэффициенті.

$$T_{КС} = 1 / 0{,}46 = 2{,}2.$$

4.5.2 Инвестициялық жобалардың экономикалық тиімділігін бағалаудағы уақыт факторын есептеу. Көрсетілген таза табыс PV коэффициентін есептейміз:

$$PV = К_Д \cdot П_T, \quad (4.23)$$

мұндағы $К_Д$ – дисконттау коэффициенті, $К_Д = 1/(1+r)^t$;
r – дисконт қойылымы (10%);
t – жыл.

1 жыл. $PV_1 = \frac{81430430}{(1+0{,}1)^1} = 74027664$ теңге;

2 жыл. $PV_2 = \frac{81430430}{(1+0{,}1)^2} = 67297876$ теңге;

3 жыл. $PV_3 = \frac{81430430}{(1+0{,}1)^3} = 61179887$ теңге;

$$CF_o = \sum_{t=1}^{T} CF_t \cdot DCF(t), \quad (4.24)$$

$$NPV = CF_o - К_\Sigma, \quad (4.25)$$

мұндағы: CF_o *(PV)* – жылдық күтілетін таза табыс;
DCF(t) – дисконт факторы немесе келтіру коэффициенті.

NPV = (74027664 + 67297876 + 61179887) - 143994964 =58510463 теңге.

Қосымша инвестициялардың қайтару мерзімін есептейміз:

$$T_{КИ} = 1 + \frac{K_{\Sigma} - PV_1}{PV_2}\ , \qquad (4.26)$$

мұндағы $T_{ҚИ}$ – қосымша инвестициялардың қайтару мерзімі.

$$T_{КИ} = 1 + \frac{143994964 - 74027664}{67297876} = 2{,}1 \text{ жыл.}$$

4.6 Кесте - Жобаның экономикалық тиімділігінің көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Көрсеткіш мәні
Капиталды шығындар (K_{Σ}), теңге	143994964
Кәсіпорынның таза пайдасы ($П_T$), теңге	67863345
Эксплуатациялық шығындар ($Ш_Э$), теңге	50420370
Абсолютті экономикалық тиімділік (E)	0,47
Капиталды салымдардың қайтарылу мерзімі ($T_{КС}$), жыл	2,1
Қосымша инвестициялардың қайтарылу мерзімі ($T_{ҚИ}$), жыл	2,1

Қорытынды

Дипломдық жобада Баянауыл ауылдық округінде LTE технологиясын қолдана отырып сымсыз қосылуды ұйымдастыру мәселелері көтерілді. Сымсыз байланыстың инновациялық технологияларының даму маңыздылығы және ауылдық жерлерде Ғаламтор желісіне қосылу мүмкіндіктері қарастырылды. Дипломдық жобада тапсырманың қойылымын толығымен орындадым.

Бірінші бөлімде LTE технологиясына қысқаша шолу жүргізілді. OFDM және MIMO технологияларының көмегімен осы мен алып отқан LTE технологиясы жоғары жылдамдықты қатынау желісі болып табылады. Сондай-ақ қолданыстағы телефондық желінің сызбасын (А қосымшасы) көрсетілді, 3G және 4G стандарттарының бір-бірінен айырмашылықтары қысқаша талдау жүргізілді.

Екінші бөлімде мен LTE желісін ұйымдастыру үшін қажет жабдықты таңдадым. Кең жолақты қатынаудың барлық құраушы желілерінің әрқайсысына жеке-жеке тоқталып өттім. Транспорттық желісіне «Cisco Systems» компаниясының өнімі таңдалынды. Оптикалық кабельдің өндірушісін таңдауда «Казцентрэлектропровод» ЖШС-на бағалау берілген. LTE желісінің басқару жадбығын таңдауда және де «Cisco Systems» компаниясының өніміне шешім тоқталды. eNodeBand LTE базалық станциясының құрылғысы ретінде «Nokia Siemens Networks» компаниясының «Flexi Multiradio» құрылғысы таңдалынды. Электрқуаттандыру жабдықтарын таңдау «Liebert» өндірушісінің «GTX2 – 1500 RT230» ҮҚК құрылғысы таңдап алынды.

Дипломдық жобаның үшінші бөлімінде желінің өткізу қабілеттілігін, потенциалды абоненттер санын, бөлімшедегі жалпы өшулікті, электрқуаттандыру жабдығының параметрлерін, жерге тұйықтау контурін, LTE желісі үшін радиоқамту аймақтарын есептеу, жиілік-аумақтық бөлуді жүргізу және eNB-нің ситуациялық орналасу сұлбасын көрсету жұмыстары жүргізілді.

Төртінші бөлімде тіршілік қауіпсіздігіне байланысты есептеулер орындалды. Жұмыс бөлмесінде ауаны кондиционерлеу және құрылғыны нөлдеу мәселелері қарастырылды. Үлкен бөлмелерге арналғандықтан кондиционер сплит-жүйесінің кассеталы түрін таңдадым. Ішкі блок қабырға мен шатырдың түйіскен жеріне қондырылады. Ауа ішкі блоктың ортасындағы тор арқылы алынып, арнайы жалюздерден шығарылады. Осылайша бөлме ішінде тұрақты ауа алмасуды қамтамасыз етеді.

Бесінші бөлімде жобаның техникалық-экономикалық негіздеуін жасау тапсырмасы орындалды. Алынған техникалық-экономикалық көрсеткіштер Баянауыл ауылдық округіндегі LTE технологиясы бойынша сымсыз қатынау көрсету бойынша берілген жоба экономикалық жағынан тиімді және оның іске асырылуы орынды екенін көрсетеді.

Қысқартылған сөздер тізімі

LTE (Long Term evolution) – ұзақ уақыттық даму
IMT (Innovative Micro Technology) – инновациялық микро технология
UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) – әмбебап мобильді телекоммуникациялық жүйе
GSM (Global System for Mobile Communications) – цифрлық мобильді ұялы байланысының жаһандық стандарты
EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) – мобильді байланысқа арналған мәліметтерді сымсыз таратудың цифрлық технологиясы
2G (second generation) – екінші ұрпақ
3G (third generation) – үшінші ұрпақ
4G (fourth generation) – төртінші ұрпақ
HSPA (High Speed Packet Access) – мәліметтерді жоғары жылдамдықты дестелік тарату
WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) – кодтық бөлумен кең жолақты көптік қатынау
OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) – арналарды ортогональді жиіліктік бөлумен мультиплексирлеу
QAM (Quadrature Amplitude Modulation) – квадраттық амплитудалық модуляция
QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) – квадраттық фазалық модуляция
3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) – 3G бойынша партнерлік жоба
E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) – радиоқатынаудың дамыған универсалды жер беті желісі
DL (DownLink) – «төмен» линиясы
UL (UpLink) – «жоғары» линиясы
OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) – ортогональді жиіліктік бөлумен көптік қатынау
SC-FDMA (Single Carrier Frequency-Division Multiple Access) – бір тасымалдаушы негізіндегі жиіліктік бөлумен көптік қатынау
HSS (Home Subscriber Server) – абоненттік мәліметтер сервері
SGW (Serving Gateway) – LTE желісінің қызмет көрсету шлюзі
PGW (Public Data Network Gateway) – басқа операторлардың желілері-нен/желілеріне кететін шлюз
MIMO (Multiple Input Multiple Output) – көптік кіру - көптік шығу
FDD (Frequency-Division Duplexing) – жиіліктік дуплекс
TDD (Time-Division Duplexing) – уақыттық дуплекс
eNB (eNodeBand) – LTE желісінің базалық станциясы
MME (Mobility Management Entity) – мобильдікті басқару торабы
SAE (System Architecture Evolution) – жаңа ұрпақтың негізгі дестелік желісінің архитектурасы
EPC (Evolved Packet Core) – негізгі дестелік желінің жаңа ұрпағы

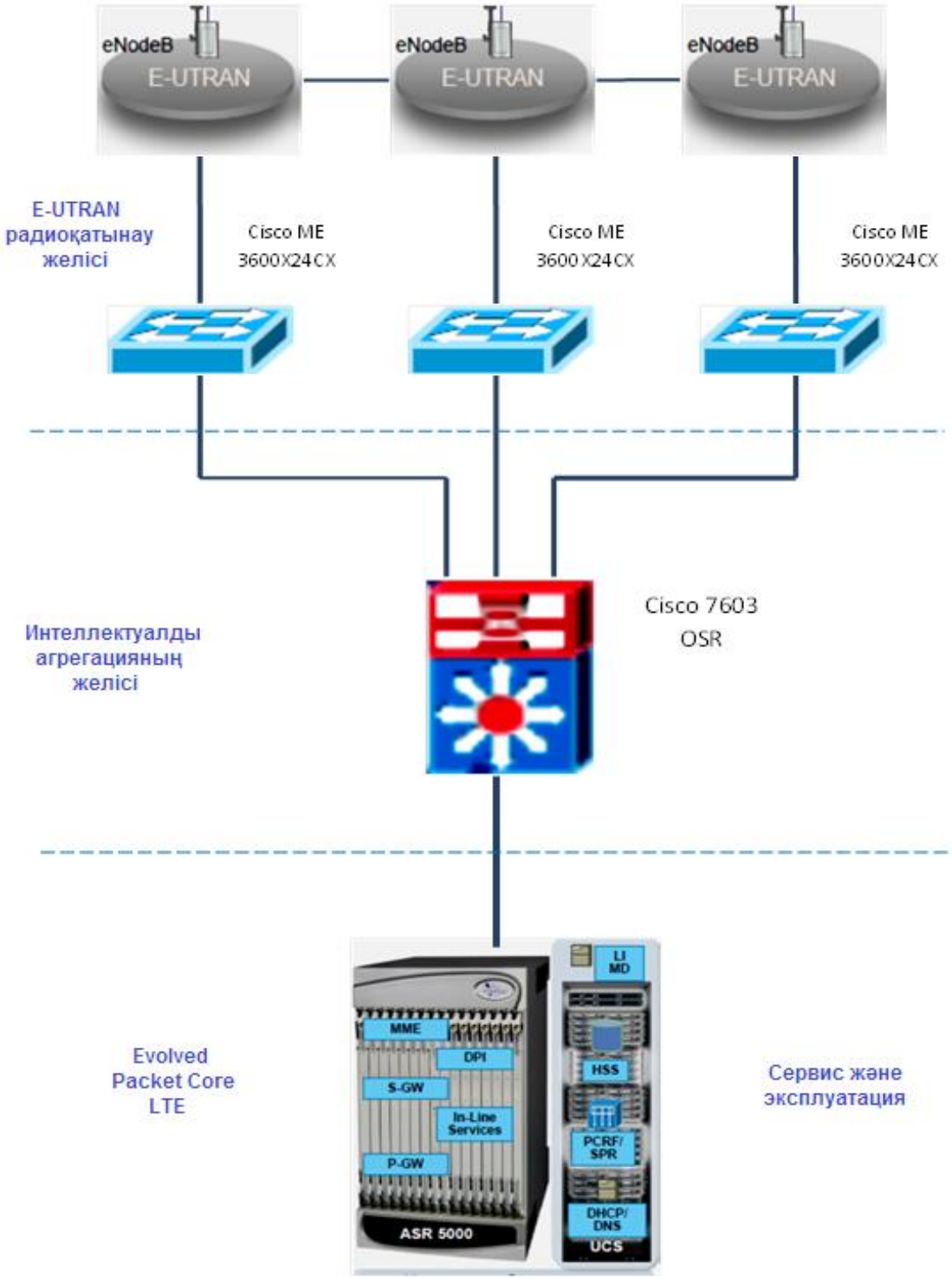
UPE (User Plane Entity) – тұтынушының мәліметтерін таратуды басқаратын жүйелік элемент
UTRAN (UMTS Radio Network Access) – UMTS желісінің радиоқатынау желісі
GERAN (GSM/EDGE Radio Network Access) – UMTS-пен кіріктірмелі GSM/EDGE желісінің радиоқатынау желісі
ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) – асимметриялық цифрлық абоненттік линиясы
FTTH (Fiber To The Home) – «үйге дейін талшық» технологиясы
PDCCH (Physical Downlink Control Channel) – «төмен» линиясын басқарудың физикалық арнасы
PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) – жоғары жылдамдықты мультимедиа және мәліметтерді тарату үшін арналған «төмен» линиясының жалпы транспорттық физикалық арнасы
CCPCH (Common Control Physical Channels) – басқарудың жалпы физикалық арнасы
BCH (Broadcast Channel) – транспорттық хабар таратушы арна
PCH (Paging Channel) – шақырудың транспорттық арнасы
DL-SCH (Downlink Shared Channel) – «төмен» линиясының жалпы транспорттық арнасы
UL-SCH (Uplink Shared Channel) – «жоғары» линиясының біріктірілген арнасы
MCH (Multicast Channel) – топта хабар таратын транспорттық арна
PRACH (Physical Random Access Channel) – еркін қатынастың физикалық арнасы
PUCCH (Physical Uplink Control Channel) – «жоғары» линиясын басқарудың физикалық арнасы
PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) – «жоғары» линиясының физикалық бөлгіш транспорт арнасы
RACH (Random Access Channel) – кездейсоқ қатынастың транспорттық арнасы
ETSI (European Telecommunications Standards Institute) – телекоммуникация саласындағы стандарттау бойынша еуропалық институты
SGSN (Serving GPRS Support Node) – GPRS абоненттеріне қызмет ету торабы
GTP (GTP) – туннельдік протокол
MSC (Mobile Service Switching Center) – мобильді байланыс желілерін басқару орталығы
HBM (Host Based Mobility) – хосттар негізінде мобильдікті басқару протоколдары
NBM (Network Based Mobility) – желі негізінде мобильдікті басқару протоколдары
SIP (Session Initiation Protocol) – сессияларды орнату протоколы
VoIP (Voice over IP) – IP арқылы дауысты жіберу
IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – электротехника және электрониканың инженерлер институты
OSPF (Open Shortest Path First) – динамикалық маршруттау протоколы
WAN (Wide Area Network) – жаһандық желі

MAN (Metropolitan area network) – қалалық желі
MPLS (Multiprotocol Label Switching) – белгілер бойынша көп протоколды коммутация
PCRF (Policy and Charging Rules Function) – абоненттерге көрсетілген қызметтер үшін төленетін ақыларды шығару торабы
DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) – торапты динамикалық баптау протоколы
DNS (Domain Name System) – домендік есімдер жүйесі
DPI (Deep Packet Inspection) – дестелердің терең инспекциясы
ISDN (Integrated Services Digital Network) – қызметтердің интеграциясы бар цифрлық желі
АҚ – Акционерлік Қоғам
ЖШС – Жауапкершілігі Шектеулі Серіктестік
ҮҚК – үздіксіз қуаттандыру көзі
ҮЖС – үлкен жүктеме келіп түсетін сағат
РМ – радиомодуль
ЕТҚ – енгізу-тарату құрылғысы
БЖТШ – басты жерге тұйықтау шинасы
РБ – ресурстық блок
ОПТС – тірек-транзиттік телефондық станциясы
ҚМЖ – құрылыстық-монтаждық жұмыс
МРЖ – максимал рауалы жоғалтулар
ЭИШҚ – эквивалентті изотропты шағылған қуаты
ҒӨМ – ғылыми-өндірістік мекеме

Әдебиеттер тізімі

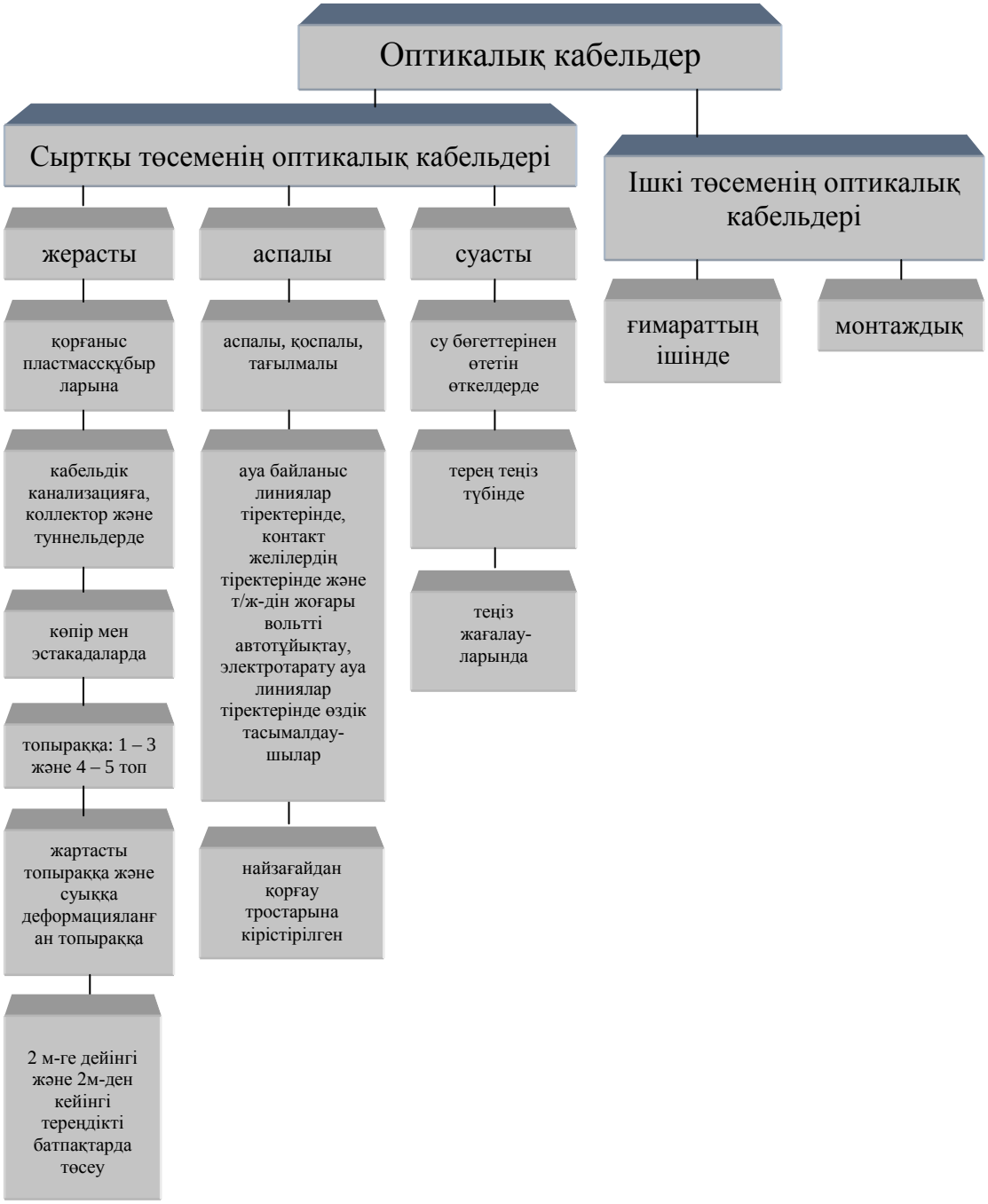
1. Вишневский В. М., Портной С. Л., Шахнович И. В. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. – М.: Техносфера, 2009.
2. www.altel.kz – «Алтел» АҚ ресми сайты.
3. Гельгор А. Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.
4. Кааринен Х. Сети UMTS. Архитектура, мобильность, сервисы. – М.: Техносфера, 2007.
5. Тихвинский В. О., Терентьев С. В., Юрчук А. Б. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010.
6. Farooq Khan. LTE for 4G Mobile Broadband. Air Interface Technologies and Perfomance. – Cambridge University Press, 2009.
7. Harri Holma, Antti Toskala. LTE for UMTS. OFDMA and CS-FDMA Based Radio Access. – John Wiley Ltd, 2009.
8. 3GPP TS 36 104: «E-UTRA Base Station (BS) radio transmission and reception» (Release_9). April 2011.
9. www.cisco.com – «CiscoSystems» компаниясының ресми сайты.
10. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика, теория и практика. – М.: Кудиц – Пресс, 2008.
11. ГОСТ 464-79, «Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов и антенн систем коллективного приема телевидения».
12. РД 45.162-2001. Комплексы сетей сотовой и спутниковой подвижной связи общего пользования.
13. www.forum4g.ru –4G туралы форум: WiMAX и LTE
14. www.profit.kz – мобильді байланыс форумы.
15. Абдул Базит. Расчет сетей LTE. – Хельсинский технологический университет, 2009.
16. Stefania Sesia. LTE. The UMTS Long Term Evilution. From Theory to Practice. – John Wiley Ltd, 2009.
17. Бабаков В. Ю., Вознюк М. А., Михайлов П. А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. Учебное пособие для ВУЗов. – М: Горячая линия – Телеком, 2007.
18. Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. и др. Безопасность жизнедеятельности.: Учебник для вузов. – М.: Высш.шк.,2005 – 448с.
19. Голубицкая Е.А., Жигульская Г.М. – Экономика связи: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 2000.- 392с.
20. Срапионов О.С., Горелин М.А. и др. – Экономика связи: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1992.- 320с.
21. www.stat.kz – Қазақстан Республикасының Статистика Агенттігінің ресми сайты.

А қосымшасы



2.3 – Сурет. Транспорттық желінің байланысын ұйымдастыру сұлбасы

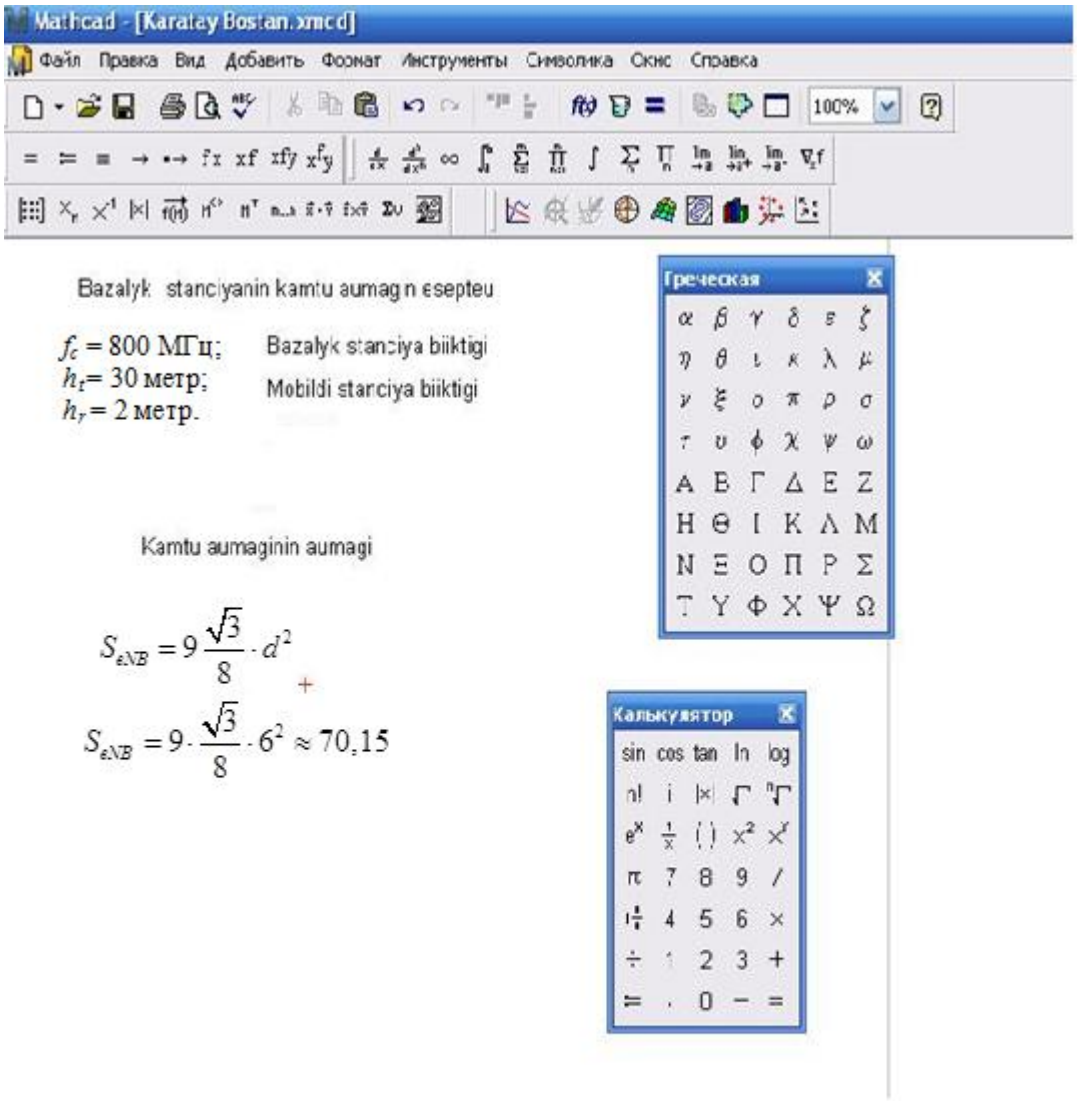
Б қосымшасы



\

2.4 – Сурет. Байланыс оптикалық кабельдерінің түрлері

С қосымшасы


Mathcad - [Karatay Bostan.xmcd]
Файл Правка Вид Добавить Формат Инструменты Символика Окно Справка
100%
Bazalyk stanciyanin kamtu aumagn esepteu
$f_c = 800$ МГц;
$h_t = 30$ метр;
$h_r = 2$ метр.
Bazalyk stanciya biiktigi
Mobildi stanciya biiktigi
Kamtu aumaginin aumagi
$S_{\varepsilon NB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8} \cdot d^2$
$S_{\varepsilon NB} = 9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot 6^2 \approx 70{,}15$
Греческая
Калькулятор

Д қосымшасы

Mathcad - [Karatay Bostan.xmcd]

Файл Правка Вид Добавить Формат Инструменты Символика Окно Справка

Potenciyaldyk abonentter sani men BS sanin esepteu

$\Delta f := 71 \cdot 10^6$ zheli zhumisina bolinetin zhiilyk zholagy

$\Delta fk := 180 \cdot 10^3$ bir radioarnanyn zhiilyk zholagy

$Nk := \frac{\Delta f}{\Delta fk}$

$Nk = 395$ arnanyn zhalpy sany

$Nk1 := 3$ klaster olwemi

$Msek := 3$ sektor sany

Греческая

α β γ δ ε ζ
η θ ι κ λ μ
ν ξ ο π ρ σ
τ υ φ χ ψ ω
Α Β Γ Δ Ε Ζ
Η Θ Ι Κ Λ Μ
Ν Ξ Ο Π Ρ Σ
Τ Υ Φ Χ Ψ Ω

Bir eNB kizmet korsetetin abonentter sany

$Asek := 50$ Erlang mani

$A1 := 0.2$ Abonenttik zhukteme trafigy

$NabeNB := Msek \cdot \left(\frac{Asek}{A1}\right)$

$NabeNB = 750$ abonentter sany

Калькулятор

sin cos tan ln log
n! i |x| √ ⁿ√
eˣ 1/x ( ) x² xʸ
π 7 8 9 /
4 5 6 ×
÷ 1 2 3 +
:= . 0 − =

Bazalyk stansalar sanyn aniktau

$NeNB := \left(\frac{Nab}{NabeNB}\right) + 1$ $N_{eNB} = \frac{4000}{750}$ 1 ~ 5 станция