

КІРІСПЕ

Ғарыш нысандарын ретранслятор ретінде пайдалану ауқымды қызмет көрсету аумағын қамтиды және спутниктік байланыс желісінің айрықша ерекшелігі болып табылады. Желімен байланыс жер станциялары мен спутник-ретрансляторлардың арасында тікелей көру болған жағдайда мүмкін болады.

ЖҚҚ-ны алғаш тәжірибеде пайдалану – оларды қашықтағы кең жолақты желілердегі радиобайланыс үшін ретранслятор ретінде қолдану болды. Спутниктік радио желі – жер станцияларының арасында ретрансляция арқылы бір немесе бірнеше Жер спутниктерінің арасында ұйымдастырылған радио байланыс желісі.

Соңғы жылдары телекоммуникация саласындағы болған өзгерістер біздің еліміздің жағдайына байланысты оның негізін құраушы – спутниктік байланыс жүйесі мен хабар тарату өте маңызды болды. Спутниктік байланыс жүйесі мен хабар тарату болашақта жердегі желілерден глобальды желілердің барлығын қамтитын дербес спутниктік байланыс жүйесі мен хабар таратудың, деректерді беру, бейнеконференциялар, спутниктік навигациялар және т.б. дамуы маңыздылығын жоғалиуы мүмкін деген болжамдар белгілі. Бұл жағдайда спутниктік байланыстың бүгінгі және болашақтағы ролі мен орнына, артықшылықтарын анықтау, перспективті даму бағыттарын анықтау мен құруға баға беру ерекше маңызды.

Әлемдік тәжірибеде жаңа техникалық шешімдерді іздеу мен перспективті спутниктік байланыс жүйелерінің (СБЖ) архитектурасын жасау жалғасын табуда. Алдыдағы 5-7 жылда ондаған әртүрлі СБЖ-ны: глобальды және аймақтық дербес байланыстар, тікелей хабар тарату, Ғаламторға қолжетімділік, жоғары жылдамдықтағы корпоративті байланыс желілері және басқаларды пайдалануға енгізу жоспарланып отыр.

Бүгінгі күнде Жердің маңайындағы әртүрлі орбиталарда әртүрлі типтегі аппаратуралы спутниктер айналады. Олардың кейбіреуі ұзақ уақыттан бері жоғары деңгейлі сапада, кейбіреулері орташа деңгейде жұмыс жасайды. Спутник топтарында дұрыс айналатын, бірақ жұмыстары сенімсіз түрлері де кездеседі.

Спутниктердің басым бөлігі Жерді әртүрлі орбитада айналады және Жерден сәйкесінше орбита типіне қарай 500-ден 40000 км-ге дейін қашықтықта болады. спутниктің Жерді бір рет айналуы екі сағаттан көп уақытқа созылады, радио көріну аймағында болу уақыты 5-18 минутты құрайды. «Радио көріну» аймағы деп спутник жақсы естілетін әрі оған берілген команданы дұрыс қабылдайтын кеңістікті айтады.

Спутниктік байланыс жүйесінің екпінді дамуы келесі жағдайларға [2,3]:

- жердегі байланыс жүйелері – кабельді және радио рельелік желілер толық қамтамасыз ете алмаған қала аралық және халықаралық ақпарат алмасудың жылдам өсуі. Өткізу қабілеті шектеулі су асты кабельдерін ғана пайдалана алатын континенттер арасында байланыс аз орын алуына;

- жердегі құралдармен үлкен ара қашқытықта телебағдарламалар беруге байланысты шығандар көп болуына;
- спутниктік байланыстың әмбебаптығы, олар арқылы кез-келген ақпараттар беріле алады. Жүйенің сыйымдылығы (мыңдаған телефонды және бірнеше телевизиялық арналарға дейін) өзгере алатындығына;
- үлкен аумақты қамтитын байланысты ұйымдастырудың икемділігі мен оңтайлылығына байланысты.

Осылайша, спутниктік байланыс жылжымалы байланыспен шектеулі үйлеседі. Барлық СНРЖ-де мобильді байланыстың жоғары интеграциясы қарастырылады; Спутниктік жүйеге арналған АТ дан басқа қандай-да бір ұялы байланыс стандарттарының бірімен спутниктік жүйеде жұмыс істеуге арналған екі режимді терминалдар жасау қарастырылуда.

Спутниктік терминалды пайдалану үшін абонентке арнайы білім қажет емес. Қолданушы нөмірді теру үшін қарапайым телефондағы сияқты пернетақтаны пайдаланады. Жүйе автоматты түрде бос арна бөледі және оны сөйлескен кезде сұқбаттасушыға бекітеді. Ережеге сай, көп арналы байланыста жақсы танылған (уақытша, жеке немесе кодты) нығыздау пайдаланылады.

Ғарыштық аппараттардың (ҒА) жаңа жобасында байланыс арналарының өткізгіштіш қабілетін арттыруға және техникалық құралдардың энергетикалық сипаттамасын жақсартуға мүмкіндік беретін алдыңғы қатарлы технологияны пайдалану жоспарланып отыр. Ғарыштық байланыс жүйесін жобалау мен енгізу кезінде, ең алдымен желілік интерфейстер мен алмасу хаттамалары, сигнализациялар мен белгілеу үшін, халықаралық стандарттарға (ХС) мен сол немесе басқа деңгейдегі коммутация түйіндері немесе орталықтарының жердегі желілермен түйісуіне айрықша көңіл бөлінеді [3,4].

1 Тапсырманың қойылуы

1.1 Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесінің жалпы сипаттамасы

Соңғы уақыттарда төмен орбитальды ғарыш аппараттар негізіндегі байланыс жүйелері белсенді дамып келеді. Спутниктік байланыстың осыған ұқсас жүйелері орбитаның биіктігінен (спутниктен оның Жер жазықтығына түскен проекциясына дейінгі қашықтық) 500...700 км-ден 2000 км-ге дейінгі экваторлық жазықтықпен салыстырғанда 0...900 көлбеуліктегі орбита шеңберінде орналасқан спутник көмегімен жасалады. Орбитада 500 км-ден кем емес биіктікте атмосфера тығыздығы салыстырмалы түрде жоғары, сол себепті биіктік біртіндеп азаяды, сәйкесінше берілген орбитаны сақтау үшін отынның шығынын арттырып, маневр жиілігін арттыру керек. Үздіксіз қызмет көрсетуді қамтамасыз ету үшін орбитальды топтағы спутниктер саны 48-ден кем болмауы керек. Бұл орбиталарда спутниктің айналу периоды 90 минуттан 2 сағатқа дейін, оның аймақта болатын максималды уақыты 10...15 минуттан аспайды.

80...90° көлбеулікпен шеңберлі квазиполярлы мен төмен орбиталы спутниктік байланыс жүйелері көбірек қолданысқа ие болды. Көптеген пайдаланушылар үшін аппаратты беруде осындай жүйелерді меңгеруге деген қызығушылық 90-жылдардың ортасында кең таралды. Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйелерінің энергетикалық сипаты жағынан артықшылықтары бар, бірақ ғарыштық аппараттың болуының уақыты мен байланыс сеанстарының ұзақтығы жағынан ұтылып қалады. Спутник 100 минут айналғанда, ол шамамен уақытының 30%-да Жердің көлеңке жағында болады. Сондықтан оның бортындағы аккумулятор батареялары шамамен жылына зарядтың 5000 циклін қажет етеді. Осыған сәйкес олардың қызмет көрсету уақыты 5-8 жылдан аспайды.

Электронды борттық аппаратураның орбитада 2000 км-ден артық (Ван Алленнің бірінші радиациялық белдеуінде) жұмыс істеуі радиациялық сәулелерден қорғайтын арнайы тәсілдерді қолданбаса, спутниктің салмағының артуы мен аппараттың жұмысының күрделенуіне алып келеді [2,7]. Спутниктің салмағы 500 кг-ға дейін болады. Жердің ауқымды аймағын қамту орбиталардың бірнеше жазықтықтарымен қамтамасыз етіледі. Жүйеде бір немесе бірнеше спутникпен басқару жүйелері мен байланыс желілері, сонымен бірге жалпы пайдалануға арналған телефон желісі бар интерфейстер үшін шлюздік станциялар бар.

Төмен орбитальды жүйелер радиотелефонды алмасу мен жылжымалы объектілі байланысты қосқанда, салыстырмалы түрде күрделілік деңгейі жердегі ұялы байланыс жүйесі бар станциялар деңгейімен өлшенетін аз габаритті жер терминалдарын пайдалануды қамтиды. Төмен орбитальды жүйелер полярлы (квазиполярлы) орбиталар инфрақұрылымды байланысы

нашар дамыған және қоныстану тығыздығы төмен аймақтардағы полярлы ендіктегі глобальды байланысты қамтамасыз етеді.

Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйелерін көрсетілетін қызметтер мен техникалық іске асыруға байланысты: пакетті мәліметтер беру жүйелері, радиотелефонды байланыс жүйелері мен жоғары жылдамдықта мәліметтер беру жүйелері деп үш топқа бөлуге болады.

Бірінші топтағы жүйелер кез-келген мәліметтерді кез-келген түрде көп емес жылдамдықта (бір бодтан 10 Кбодқа дейін) береді. Осындай жүйелерде орбитадағы орнын түзетпей (спутникте қозғалтқыш қондырғысыз) бағыттың қарапайым гравитациялық жүйесімен спутникті пайдалану мүмкін болады. Мұндай жүйелер спутникті (130...400 МГц) жиілік аумағында және жер станцияларында қуаты 2...10 Вт таратқыш пен күшейту коэффициенті 0...3 дБ әлсіз бағытталған антеннаны пайдалануы мүмкін. Бұл спутниктің салмағын 200...500 кг-ға дейін азайтуға және оны қарапайым жасауға мүмкіндік береді. Аймақтық жер станциялары стационарлық сияқты тасымалданатын түрінде де арзандайды кәсіби емес қызмет түрлерін көрсетеді. Пакетті мәліметтер беру жүйелеріне "Orbcom", "Starsys", "Leosat", "Leocom-Spes", "Гонец", "СПС-Спутник" және басқалар жатады [7,12].

Радиотелефонды байланыстың төмен орбитальды жүйелерінің екінші тобы нақты уақыт аумағында абоненттерге үздіксіз қызмет көрсететін дербес радиотелефондарды пайдаланып, дыбыстық хабарламалар беруді қамтамасыз етеді. Мұндай жүйелерге мыналар жатады: орбитада орныққан үш осьті жүйелерге бағытталған спутниктер мен қозғалтқыш қондырғылар; бір спутниктегі радиотелефондар санын арттыру мен осымен байланысты жиіліктің жоғары диапазонына (1.5 ГГц-тен жоғары) ауысуға жиілік жолақтарын кеңейту, байланыс үзіліссіздігі қымбат коммуникациялық қондырғылары бар көптеген аймақтық станцияларды талап етеді. Осыған байланысты радиотелефонды байланысты төмен орбитальды жүйелер пакетті мәліметтерді беру жүйелеріне қарағанда қымбатырақ болады. Радиотелефонды байланыс жүйелеріне АҚШ-тағы "Иридиум", Глобалстар", "Одиссей", Ресейдегі "Гонец-Р", "Курьер", "Сигнал", "Коскон" жатады.

Үшінші топтың жүйелеріне «екінші буынды спутниктік жүйелер» жатады. Мұндай жүйелер пайдаланушыларға жоғары жылдамдықпен мәліметтерді беруде кешенді және кең жолақты интерактивті мультимедиалық қызмет көрсетуге мүмкіндіктер бар, мұндай қызметке талшықты-оптикалық байланыс линиясы негізінде жердегі кең жолақты желілер жатады. Мұндай жүйелерге "Skybridge" ("Alcatel", Франция), "Celestry" ("Motorola", АҚШ), и "Teledesic" (АҚШ). Спутниктік байланыстың төмен орбитальды жүйелері геостационарлымен салыстырғанда радиожиілік жолағын бірнеше рет пайдалану арқылы жиілік ресурсын тиімді жұмсайды, мұндай байланыс жүйелеріндегі абоненттік терминалдар жердегі ұялы байланыс желілеріндегі ауыспалы телефондармен шамалас, спутникке дейінгі аздаған қашықтық радиоарналарда сигналдардың бөгелуін едәуір азайтады [2,7,9].

1.2 Жобаланатын аймақтағы бар байланыс жүйелері

Байланыс салаларының негізгі әлеуметтік-өндірістік міндеті мен оған кіретін кәсіпорындар ақпараттарды беруде қоғамның қажеттіліктерін қанағаттандыратын қызмет жасау болып табылады.

Қызылорда облысы Қазақстан республикасының оңтүстік аймағына жатады. Бұл аймақ нарықтық қатынастардың барлық кезеңдерінен өтті. Қазіргі уақытта Қызылорда облысында аймақтың инфрақұрылымдардың бірі болып телекоммуникацияның даму процесі жүріп жатыр.

Бүгінгі таңда Қызылорда облысы тұрғындарының саны 780 мыңға жуық адамды құрайды және телефонды пайдалану 100 тұрғынға 26,8 ден келеді.

Станция аралық байланыс қашықтан басқарылатын модульдер мен әртүрлі қондырғылары бар тірек станциялары арасында байланыс желілері мен сандық радиорелелік желілері арқылы жүзеге асырылады.

Қазіргі кезде Қызылорда облысының ОДТ жұмысының негізі түрлері мыналар:

- жергілікті телефонмен сөйлесуге мүмкіндік жасау;
- қалааралық және халықаралық байланысқа мүмкіндік жасау;
- мәліметтер беру;
- бөлінген арналармен жұмыс істеуге мүмкіндік жасау
- телеграф байланысы;
- смарт-карталарды сату;
- интеллектуалды желілер.

ОДТ телекоммуникация қызметтерін ұсыну болғанына қарамастан оның негізгі мақсаты қалып келеді:

- қазіргі кездегі байланыс түрінің қызметтеріне, осыған ұқсас жұмыс істеп тұрған станциялардың қызмет көрсету аумағында сұранысты қанағаттандыру;
- сатылымның өсуін қамтамасыз ету;
- телекоммуникация қызметінің нарығында белгілі позицияны жеңіп алу;
- сапалы байланыс қызметтерімен қамтамасыз ету;
- қаланың әрбір тұрғынына байланыстың қол жетімді болуын қамтамасыз

ету. «Қазақтелеком» АҚ барлық категорияларының тұтынушыларын максималды қанағаттандыру үшін саладағы негізгі инвестициялық шешім болып табылатын Республикадағы телекоммуникация желілері кешенін жаңарту бағдарламасы жасалды. Инвестициялық бағдарламаның негізгі тапсырмаларының бірі заманауи сандық технологияны пайдаланып, телекоммуникациялық желілерді кезеңдерге бөліп жаңарту болып табылады. Бағдарлама ескірген қондырғыны біртіндеп ауыстыру мен телекоммуникация желілерін халықаралық стандарттарға сәйкес деңгейге жеткізуді көздейді. Бағдарламаның глобалды жобаларына жергілікті телекоммуникация желісін әртүрлі технологиялар негізінде, әсіресе спутниктік байланыс жүйесін (СБЖ) дамыту мен жаңарту жатады.

Бұл жоба аймақтың өмір сүру деңгейін дамыту мен арттыру мемлекеттік саясаттың ерекше тапсырмаларына жататындықтан, әлеуметтік-маңызды сипатқа ие болады. Бұл әсіресе Қызылорда облысы үшін келесі себептерге байланысты өзекті:

- жергілікті аймақта дамушы өнеркәсіпке қызмет көрсету мен халық санының өсуіне орай кіші және орта бизнес инфрақұрылымын құру мен дамыту;

- кәсіпорындарда жаңа жұмыс орындарын ашу мен болашақта телекоммуникация қызметтерінің потенциалды тұтынушыларын болып табылатын тұрақты және уақытша жұмысшылар тарту;

- қаланың дамуы мен халық санының өсуіне байланысты тұрғын үй құрылысын әрі қарай дамыту;

Қызылорда облысында телефон желісін қайта жабдықтау мен жаңарту қарастырылуда. Бұл аймақта негізгі кәсіпорындар мен ұйымдардың шоғырлануымен түсіндіріледі және телефон трафиктерінің негізгі бөлігі ашылуда. Қызылорда облысының қарқынды дамуы заманауи Ғаламтор қызметінің жоғары жылдамдықтағы сандық арналары мен мәліметтерді беру, ұялы байланыс операторлары мен басқа да бірлескен және ведомстволық желілер мен басқа да қызығушылық танытқан коммерциялық құрылымдарға жалға беретін қосымша абоненттерді тартуға мүмкіндік береді.

Облыстың соңғы жылдарында бұл аймақта жаңарту бағдарламасына сәйкес телекоммуникациялық желілерді дамытуға бағытталған шаралар өткізілді. Соңғы екі жылда қаланың жергілікті телефон желісінің техникалық құралдарын электронды сандық жабдықтауды пайдалана отырып сапалы әрі дәстүрлі жаңа қызмет түрлерін ашуға аналогты түріне ауысуға мүмкіндік беретіндей жаңартылып және оңтайландырылды.

Жасалған бағдарламаның алғашқы кезеңі сандық, автоматты телефон станцияларын қолданысқа енгізу, сонымен қатар талшықты-оптикалық кабельдер мен сандық беру жүйесін кеңінен пайдалану. Желіні жаңарту электронды станцияларда жүргізіледі. Қазіргі кезде Қызылорда облысының жергілікті желісін жаңарту процесі жалғасуда.

Жаңарту жоспары бойынша қалған аналогты коммутациялық жабдықтарды болашақта желінің қуатын арттыратын сандық коммутациялық жабдықтарға ауыстыратындай, толық сандық жүйеге көшіру негізінде жергілікті желіні әрі қарай дамыту қарастырылған.

Сонымен бірге, магистральды және тарататын желіні ауыстыру мен коммутациялық жабдықты абонентке жақындататын «шығарылатын сыйымдылық» ұйымының есебінен абоненттік желінің ұзындығын қысқарту қарастырылған. Енгізілген АТС пен АМТС-те түгелдей барлық бағыттар мен тарифтеу бойынша трафикті есептеу жүйесі жүзеге асырылады. Бұл абоненттердің қызмет көрсету кезінде шотты ұсынуда кінәрат болмауына мүмкіндік береді.

Жергілікті телефон желісі өнеркәсіп экономикасының дамуына әсер етеді. Республикада экономикадағы әрі қарай ілгерілеу, тұрақтылық пен

табысқа жету көбінесе жаңа телекоммуникациялық қызмет түрлерін енгізу тиімділігі мен оның ақпараттық құрылымының деңгейіне байланысты.

Жаңа қызмет түрлеріне деген сұраныстың артуы, ұлттық экономика үшін заманауи инфрақұрылымдардың пайдасы мен жаңартылған пайдалану мүмкіндіктерін берудегі артықшылықтар телефон желілерін жылдам сандық жүйеге көшіруді талап етеді.

Республиканың телекоммуникациясының дамуы алдыңғы қатарлы телекоммуникациялық технологияларды тарту арқылы жүзеге асырылуы тиіс. Бұл шаралар экономиканың дамуын жеделдету үшін қажет. Клиенттердің қажеттілігі жылдамдық пен беру хаттамалары сияқты жиі өзгертіндіктен, қол жетімді желінің параметрлері де жылдам өзгеруге бейім ие болуы тиіс. Бәсекелестік шарттары клиенттік базаны сақтап қана қоймай, жаңа қолданушыларды тартуға мүмкіндік беруді талап етеді.

Қол жетімді желілер – барлық телекоммуникациялық жабдықтардың ішіндегі ең қымбаты. Қол жетімді желілердің құны барлық телекоммуникациялық желілер құнының 90%-ын, ал 10%-ы көлік желісін (ішкі аймақтық, қалааралық және халықаралық байланыс желілері) құрайды. Біріншіден, қол жетімді желі әрбір абонентке жетуі тиіс, екіншіден, көлік желілері абонент пен көлік желісі аймағында абоненттерді шоғырландыру есебінен байланыс желісін жақсырақ пайдалануға мүмкіндік береді. Қазіргі кезде бұл желі әртүрлі өндірушілердің аппараттарымен жабдықталған және өзара әрекет етуге есептелмеген, сол себепті желіні басқаруда біраз қиындықтар туындайды. Сандық телефон станциялары әртүрлі жерде пайдалануға арналған байланыстың жаңа технологиясы негізінде жасалған.

Станциялар жоғары абоненттік қызмет көрсетумен сипатталады және төмендегі көрсетілгендей бірнеше қызмет түрлерін қамтиды:

- қызмет көрсету класына шектеу қою;
- шақыруды қайта бағыттау;
- жылдам теру
- шақырған қоңырауды қадағалау;
- өз нөмірінің желісін бермеу немесе оған тыйым салу;
- сөйлесу құны жайлы ақпарат алу;
- шақыруды (қоңырауды) күту режиміне қою;
- 3-жақты және 6-жақты конференция
- қысқаша теру;
- «жедел», кешіктірілген «жедел» желі;
- «құлақтандырылған шақыру»;
- hunt топтар құру;
- арам ниетті қоңырауларды анықтау;
- ISDN және т.б. қызметтердің кең спектрі

Пайдалану қызметі заманауи операторлық ұстаным (позиция) мен төмендегілерді қамтитын дамыған ақпараттық жабдықтауды қамтиды:

- қосатын желілер, қоректендіру желілері мен станцияларға апаттар жайлы сигнал беру;

- апатты хабарламалардың барлығын магнитті тасымалдағыштарда сақтау;
- абонент категорияларын (қалыпты, таксофон, мәліметтерді беру құрылғылары, құрылғылар және т.б.) қоңыраулардың түбегейлі тарификациясы мен магнитті тасымалдағыштарда сақталған қызметтерді өңдеу;
- абоненттердің құқықтарына икемді шектеу қою
- әртүрлі статистикалық мәліметтер жинау;
- техникалық қызмет көрсету орталықтарынан модем арқылы тестілеу мен қашықтан бақылау;
- жүйенің бұзылған компоненттерін анықтау және автоматты түрде тестілеу;
- біріктіргіш және абоненттік желілерді тестілеу мен олардың параметрлерін өлшеу.

Бұл аймақтың ерекшелігі тұрғындардың табыс деңгейінің жоғары болуы мен еңбек ақының максималды деңгейі болып табылады. Халықтың өмір сүру деңгейінің өсуі мен сай өндірістің дамуында тұтынушылардың негізгі талаптары телефон байланысының үзіліссіз жұмысы, байланыс сапасының жоғары деңгейі, қосымша қызмет көрсету түрлерінің болуымен анықталады.

Экономикалық жағдайды тұрақтандыру мен тұрғындардың табыс деңгейінің өсуі тұтынылатын қызметтердің көлемі мен телекоммуникация қызметтеріне деген әлеуетті клиенттерінің санын арттырады. Қазіргі кезде Қызылорда облысында біріккен кәсіпорындардың саны артып, жергілікті компаниялардың, сонымен бірге сапалы байланыс қызметін қажет ететін басқа да бизнес-клиенттердің жұмысы қарқынды жүріп жатыр.

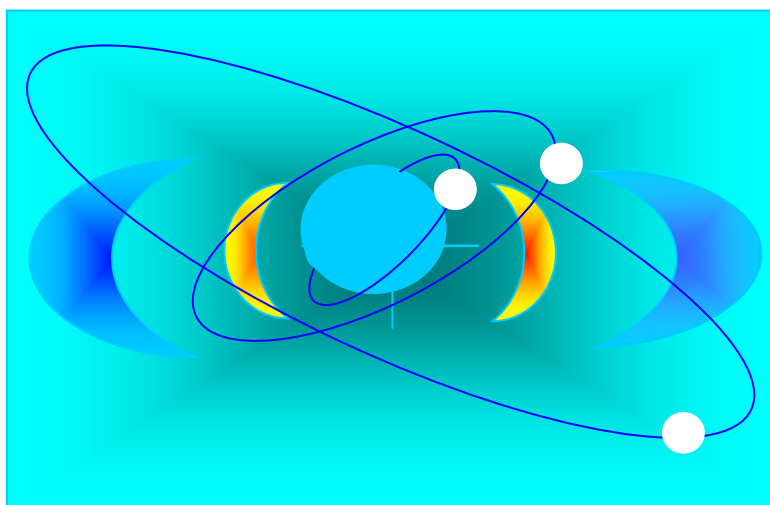
Мекемелік өндірістік АТС (МӨАТС) жергілікті орталық АТС-пен (ОАТС) ұзындығы 127 км оптикалық-талшықты кабельмен жалғанған. МӨАТС 400 номер мен ОАТС-ті 2Е1 ағынын қамтиды (1 көрсету парағы).

1.3 Төмен орбитальды байланыс жүйелерінде байланысты ұйымдастыру

Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесінің ерекшелігі екі түрлі арналардың: коммерциялық (ақылы) ақпараттар берілетін ақпараттық және абонент жұмысының уақыты мен байланыс жиілігіне қатысты мекен-жай туралы ақпарат беретін маркерлік болып бөлінеді. Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесі [8.7, 8.8] жер және ғарыштық сегменттерден тұрады. Ғарыштық сегмент көлбеу орбитада бірнеше жазықтықтарда жіберілген бірнеше ондаған (ғарыштық аппараттардан) спутниктерді қамтиды. Спутниктер мен көлбеу бұрыштардың саны ғарыштық байланыс жүйесінің түріне байланысты. Жер сегментіне әдетте, абоненттік терминалдар; шлюздік станциялар; жүйені басқару сегменттері мен байланысты басқару, жіберу

сегменті жатады. Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесінің жер сегментінің өзіндік сипаттамасы бар [2,7].

Спутник орбитада қозғалғанда жер бетінде оның радио көру мүмкіндік аймағы жылжиды (1-сурет). Егер абоненттер бір спутниктің радиодан көру мүмкіндігі аймағында болса, онда ақпарат алмасу нақты уақыт аумағында жүргізіледі. Бұл кезде тікелей телефон арқылы алмасу мүмкін болады. Егер ақпарат жөнелтуші мен алушы спутниктің радио көру мүмкіндік аймағында бір уақытта болмаса, ақпарат «электронды почта» режимінде берілуі мүмкін. Жөнелтушіден алынған ақпарат алдымен есте сақталады, спутник жадысында сақталады және содан кейін ол қозғалыстағы спутниктің көріну мүмкіндігі аймағына түскенде, алушыға жіберіледі [12].



Сурет 1.1- Спутниктердің орбита бойымен қозғалуы

Егер екі абоненттің әрқайсысы «өзінің» спутнигінің радиодан көру мүмкіндік аймағында болса, онда олардың арасында радио телефонды байланыс нақты уақытта екі жолмен орнатылуы мүмкін. Бірінші шақырушы абонент оған өз кезегінде шақырылып отырған абоненттің радио көріну мүмкіндік аймағына спутникке сигнал беретін жердегі шлюздік станция арқылы «көрінетін» спутникпен байланысады. Әрі қарай сигнал спутниктен жолданушыға бағытталады. Осылайша «Глобалстар» жүйесімен байланысты жүзеге асырады.

1.4 Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесін жасау принциптеріне салыстырмалы талдау жасау

СБЖ-ны жасау, оның құрылымы, құрамы мен жер станциясында (ЖС) орнатылған жабдықтардың техникалық параметрлері көптеген факторларға байланысты: СБЖ-нің әртүрлі болуы берілген арналардың әрбір нақты

бағытында байланысты ұйымдастыру нұсқасын таңдауға мүмкіндік береді. Бір орбита басқасынан оның радиусы, спутниктер санымен және берілген тапсырмадағы зерттеу параметрлері болатын жабу аймағымен ерекшеленеді. Сондықтан СБЖ-ны әртүрлі белгілеріне қарай жіктеуге болады. Тапсырманың шешімі қажетті арналар санын, капиталдық және пайдалану шығындарын, байланыс сапасын, техникалық құралдардың қызмет көрсетуде ыңғайлы болуы, энергиялық қоректендіруге қатысты мәселелерді қамтиды. Бұл тізімді критерийлер мен шектеулерге бөлуге болады. Критерийлер көрсеткен талаптар негізінде басты мақсаттарды бөліп алуға болады. Зерттелетін параметрлерден сыни түріне келесі мақсаттар жатады: техникалық және экономикалық параметрлер. Арналар саны мен жабу аймағы бпйынша талаптар қажетті арналар саны мен толық жабу аймағын қамтымайтын болғандықтан, қарастыруға қатыспайды. Қалған мақсаттарды шектеулерге жатқызуға болады. Мысалы КА орбитасының биіктігі радиосызықтардың энергетикалық сипаттамасын, радио толқындардың таралу кезіндегі бөгелуі, Ван Аллен радиациялық белдеуінің орбитаға жақындығы, қызмет көрсету маңайының өлшемі мен орналасуын қамтитын факторлар негізінде таңдалады. Орбита биіктігіне байланысты ұйымдастыру тәсілі мен КА орны бұрышының қажетті айырылуына әсер етеді.

Орбитальды топтамалардың (ОТ) орнын таңдағанда табиғи шектеулерді – Ван Аллен радиациялық белдеуі деп аталатын Жердің магниттік өрісі алып жатқан зарядталған бөлшектердің кеңістіктік белдеуін есепке алу қажет. Жоғары радиацияның бірінші тұрақты белдеуі 1500 км биіктіктен басталады және бірнеше мыңдаған шақырымға созылып жатыр, оның «кұлашы» экватордан екі жаққа шамамен 300 км болады. Екінші белдеуде экватордан екі жаққа қарай 500 км-ге жуық қамтитын 13000 –нан 19000 км-ге дейінгі биіктікте орналасқан.

Әртүрлі ғарыштық жүйелердегі төмен орбитальды LEO (Low Earth Orbit) топтарға талдау жасау арқылы КА шеңберлі орбитаның биіктігін байқауға болады, бұл топтардың көбі 700 ден 1500 км-ге дейінгі аумақта орналасады.

Бұл келесі факторлардан көрінеді:

- 700 км-ден төмен орналасқан орбитада атмосфераның тығыздығы шарықтау шегінің биіктігінің біртіндеп төмендеуіне алып келеді. Орбита биіктігінің төмендеуі отынның шығындалуы мен берілген орбитада қолдау үшін маневрлер жиілігінің артуына алып келеді;

- 1500 км-ден артық биіктікте электронды борттық аппаратурамен жұмыс істеу мүмкін болмайтын Ван Алленнің бірінші радиациялық белдеуі орналасады. Төменгі орбитада орналасқан КА абоненттің тікелей көрінуі тек 8-12 минуттарда ғана дәл түсетінін айтқан жөн. Яғни кез-келген абонентке үзіліссіз қызмет көрсету үшін, үздіксіз байланысты қамтамасыз ететін тізбекті (шлюздік станциялар немесе спутник аралық байланыс көмегімен) болуы керек. КА орбита биіктігін арттырғану, спутник-рестранслятордың тікелей көріну аймағы мен абонентпен үздіксіз байланысты қамтамасыз етуге қажет спутниктер санының азаюына әкеледі. Осылайша, орбитаның биіктігін арттыру арқылы

қызмет көрсету аймағының өлшемі мен уақыт артады, сәйкесінше, сол бір аймақты қамту үшін спутниктердің санын азайту керек болады. Сондықтан төмен орбитальды байланыс жүйесін (ТОСБЖ) жасауды қарастырып, ТОСБЖ-ні жасаудың тиімді нұсқасын таңдау керек.

«Гонец» Ресей төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесі жылжымалы және стационарлы абоненттер арасында кең ауқымды деректерді беру пакетінің дербес жүйесін қамтамасыз етуге арналған. Бұл жүйеде 1400 км (5-9 спутник бойынша 5 жазықтық) биіктікте орбитаны айналып жүретін 45 спутник-ретранслятор пайдаланылады. Жанр терминалдары - аз габаритті, тасымалданатын, жылдам бұрылатын күрделі қызметті қажет етпейді; мұнда жұмыс автоматты түрде жүргізіледі. «Гонец» жүйесінде арналарды жиіліктік-уақыттық бөлу қолданылады, мұнда әрбір ғарыш аппаратында уақытша тығыздау көп қол жеткізу (УТККЖ) режимінде бірнеше тығыздалған арналар берілетін бірнеше жиілік пайдаланылады.

Жүйенің құрамына төмендегілер кіреді [2,3,7,9]:

- төмен жердің маңайындағы орбитада орналасқан кіші ғарыш аппараттарынан тұратын ғарыштық сегмент;
- аймақтық станциялар мен АТ-ның әртүрлі класының абоненттік терминалдар желісін қамтитын жер сегменті;
- жүйені басқару орталығы.

Әрбір ЖҚҚ спутнигінің борттық ретрансляциялық кешені БРК абоненттер арасында ақпараттық хабарламалар тарату, сонымен бірге жүйені басқару орталығына қызметтік және телеметрикалық ақпаратты беруді жүзеге асырады. БРК-да демодуляция сигналдары бар қабылданған ақпараттар толық өңделеді және оны борттық құрылғыда сақталады. Энергетикалық ресурстарды аз пайдалану үшін БРК-да борттық таратқыштардағы қуатты реттеу қарастырылған. Ақпаратты қабылдау мен жіберуде БРК-ның жұмысы оларды жүргізу режимін шығарып тастауға мүмкіндік беретін кең жолақты бағыттылық диаграммалы антенна арқылы беру жүзеге асырылады, жүйедегі байланысты ұйымдастыру жеңілдейді.

Жер станцияларының үшінші түрі – аймақтық станциялар (АС) – 64 кбит/с жылдамдықпен сандық байланыс және басқару ақпараттарының үлкен көлемін береді. АС 300/400 МГц және 1,5/1,6 ГГц аумағындағы өте үлкен емес бағытталған антенналар, массасы – 50 кг. 8.17-суреттегі схемада белгіленген хабарламаларды тіркеуді басқару орталығы ТБО сияқты АС-тің бөлігі, спутниктен абонентке ақпаратты беріп, қайта таратуды жылдамдатады. Жүйе ұлттық телефон желісімен ҰТЖ-мен бірлесе алады. Жер сегменті тасымалдау көліктері мен пайджерлерде П орналастырылған жылжымалы абоненттік терминалдарды АТ-П қамтуы мүмкін.

Жүйені басқару орталығы (ЖБО) спутниктік байланыс жүйесін пайдалану: жүйені күшейту бойынша жұмыстарды жоспарлау мен спутниктердің орбитальды топтарын толтыру мен байланыс жүйесінің элементтерін жоспарлау, спутникте телеметрикалық және командалы-бағдарламалық ақпарат алу, байланыс арналарының сапасын бағалауға

арналған. Бұл міндеттерді шешу үшін ЖБО-ның құрамына мыналар кіреді: есептеу орталығы (ЕО), командалы-өлшеу жүйесі, әкімшілік.

Америкалық байланыс жүйесі «Иридиум» (АҚШ) «әрқайсысы әрқайсысымен» принципі бойынша глобалды дербес байланысты қамтамасыз етеді. Бұл жүйе келесі байланыс түрлерін ұсынады: дуплексті телефон байланысы, мәліметтерді беру, факс.негізгі қызмет көрсету түрі: өзара немесе дербес терминалмен жабдықталған немесе телефон байланысының ұлттық желісіндегі немесе керісінше абоненттер арасында байланыс; абоненттің мекен-жайын анықтау. Пайдаланушыларға өзімен алып жүретін, жылжымалы (кеңселерге), мобильді (тасымалдау көліктері үшін); әуе және теңіз, пейджер сияқты терминалдарды ұсынады.

Ғарыштық сегмент квазиполярлы шеңберлі орбитадағы алты жазықтықта таралған 66 спутникті қамтиды. Әрбір жазықтықта бірден қосалқы спутник орналасады. Орбитаның биіктігі 780 км, орбитамен айналу периоды – 100 мин 28 с, спутниктің салмағы 700 кг. Байланыс келесі: радиолинияларда 1616...1626,5 МГц диапазонда «спутник-абонент» және «абонент-спутник», 19,4...19,6 ГГц диапазонда «шлюздік станция-спутник»; 23,18...23,38 ГГц диапазонда «спутник-спутник»; командалық және телеметрикалық: 29,1...29,3 ГГц диапазонда «спутник-жер», 19,6 ГГц диапазонда «спутник-жер» жиіліктерінде жүзеге асырылады.

Орбитальды топтарда кез-келген спутник алты антенналы фазаланған 48 сәулелі торларды қалыптастырады. Бұл сәулелердің әрқайсысы Жерде бетінде шамамен 640 км диаметрді жарықтандырады. Нәтижесінде барлық 48 сәуле жер бетінде 4500 км радио көріну аймағын береді. Барлық орбиталы спутниктік топтар жер бетінің барлығын қамтиды.

Әрбір спутник соты арнада сәулелерді бағдарламалық сканерлейді. Абонент сәуленің радиокөріну аймағында болғанда белгіленген жіберу және қабылдау уақыты аралығына сәйкес абоненттен жіберу және қабылдау жүзеге асырылады. «Иридиум» жүйесінде қызмет көрсету аймағының ұялы құрылымы мен көп сәулелі антенналарды пайдалану арқасында жұмыс жиілігін көп рет пайдалануды қамтамасыз етеді. Аралас сотыларды әртүрлі жиіліктерді қолданады, ал орбитальды топтарда құрылған әрбір 8-ші ұялы құрылым әртүрлі жиілікті пайдаланады. Жиіліктер нәтижесінде 1616...1625,5 МГц жұмыс диапазонындағы жиілік жүйеде 150 реттен көп пайдаланылады. «абонент-спутник» радио желісінің жиіліктік диапазоны 160 кГц тарататын 64 арна мен әрқайсысы 126 кГц жиілік жолағын қамтиды, 64-тен 9 арна басқаруға бөлінеді. «Спутник-абонент» радио желісінің жиіліктік диапазоны 350 кГц таратушы 29 арнадан және әрбір арналар жиілік жолағы 280 кГц болады, 64-тен 9 арна басқаруға бөлінеді. Бұл радио желілерде арналарды уақытшы бөлу пайдаланылады. Көп станциялы қол жеткізу әрбір соты үшін арналарды уақытша бөлу мен аралас сотылар үшін жиіліктік бөлуді үйлестіреді. 1616...1626,5 МГц жолақта өткізгіштік қабілеті 3835 дуплексті телефонды байланыс арналарын қамтамасыз етеді. Әрбір спутник екі шлюзді станциялар жабдықталған. Орбитальды топтардағы әрбір спутник бір орбитальды

жазықтықтағы көршілес екі спутникпен және оң және сол жақтағы көршілес орбитальды жазықтықтағы екі спутникпен радио байланыста болады.

«Иридиум» жүйесіндегі жер сегменті шлюздік станциялар ШС, жүйені басқару орталығы ЖБО, командалық және телеметрикалық станцияларды КТС, АТ-ның дербес пайдаланушы терминалын, спутниктерді жіберу орталығын СЖО-ны көрсетеді. Шлюздік станциялар беттесудің коммутациялық аппаратурасының ұлттық телефонды байланыс желісімен бірігіп жұмыс жасайды. Шлюздік станцияларда әрбір абоненттік терминал тіркеледі, жүйенің АТ жайлы жалпыланған банк деректері ЖБО-да сақталады. ШС-дің саны 250 ұлттық ШС-ны қамтуы мүмкін. Ресей үшін екі ШС қажет. Шлюздік станциялар 3-спутниктік терминалдан (қабылдауларды жіберуші кешеннен) тұрады, олардың біреуі қосалқы болады. Көпшілік пайдалануға арналған жергілікті телефон желісі бар жылдам жұмыс істейтін процессор мен коммутациялық құрылғы СТ спутникті терминалдардың жұмыс істеу тәртібі мынадай: 1-ші СТ і-ші спутникпен байланыс орнатса, онда 2-ші СТ (i+1)-спутнигімен байланысады; ал 2-ші СТ радио көріну аймағынан кеткен соң (i+1)-ші спутник (i+3)-ші спутникпен байланыс орнатады. ШС процессорында байланысқа қатысатын дербес АТ идентификациялайды және АТ бағытына мекен-жайды немесе көпшілік пайдаланатын телефон желісін қалыптастырды.

Globalstar жүйесі мен басқа да танымал телекоммуникациялық жабдықтар индустриясы өкілдерін Qualcomm мен Logal корпорациялары жасаған.

"Глобалстар" жүйесі абоненттерге келесі қызмет түрлерін ұсынады. Сөйлемді беру үшін 1,2-ден 9,6 кбит/с-қа дейін жылдамдықпен берілетін айналымы немесе сызықты болжам жасайтын вокодер қолданылады. Мәліметтер 2,4-тен 9,6кбит/с жылдамдықпен беріледі. «Глобалстар» кеңейтілген (рұқсат беру қабілеті жоғары және қателерді түзететін), дербес шақыру мен тұрған жерін анықтайтын мүмкіндіктері бар факсимильді хабарламаларды беруге мүмкіндік жасайды.

"Глобалстар" жүйесі құрылымы жағынан: ғарыштық, жер мен пайдаланушыға арналған үш негізгі сегментке бөлінген. Ғарыштық сегмент 48 негізгі және 8 қосалқы спутниктерден тұрады. Орбитаның биіктігі 1414 км. Әрқайсысында 6 КА-дан 8 орбитальды жазықтықтарда орналасқан спутниктер экваторға 52° көлбеулікпен шеңберлі орбитаға шығарылады. Айналу периоды 114 минутқа тең. Көршілес орбитальды жазықтықтардағы спутниктер арасындағы ығысу фазасы 7.5° -ты құрайды. Ғарыштық сегменттің құрылымы бір уақытта орташа ендікте (70° с.е 70° о.е. шегінде) негізінен қызмет көрсету аймағында бақылау жасайды.

"Глобалстар" жүйесінде спутниктерде ақпарат өңделмейді (bent-pipe) және спутник аралық байланыс желісі болмайды. L/S диапазонының борттық кешені қабылдайтын және жіберетін белсенді фазаланған антенналық торлардан тұрады. Барлығы 16 сәуле қалыптасады. Сәулелердің пішіні мен оларды күшейту жер бетінде көп ұялы байланыстың жабыну аймағы пайда болады. Периферийлік сәулелерде күшейту коэффициенті қуат ағынының біркелкі тығыздығын жасау қажет болғандықтан, біріншісіне қарағанда жоғары

болады. С диапазонында жұмыс істейтін фидерлік желі антеннасы әртүрлі поляризациясы бар екі сәулені қамтиды. Периферийлі сәулелерде күшейту коэффициенті қуат ағынының біркелкі тығыздығын жасау үшін қажет болатын біріншісіне қарағанда жоғары болады. С диапазонында жұмыс істейтін фидерлік желінің антеннасы әртүрлі поляризациялы екі сәулеге ие болады. Ретранслятордың бір спутникке жалпы өткізу қабілеті – 2400 эквивалентті телефон арналарына тең. Әрбір спутниктің салмағы – 450 кг, күн батареясының максималды қуаты – 1100 Вт. Белсенді қызмет атқарудың жоспарланған мерзімі – 7,5 жыл.

Жерде басқару желісінің құрамына жердегі желіні басқару орталығы (ЖЖБО) мен орбитальды топтарды бақылау және басқару орталығы (ОТББО) кірелі. Екі қосалқы жүйе де жердегі түйіндесу станциялары қосылған, олар өзара "Globalstar Data Network" желісінің көмегімен байланысқан. ОТББО орталығы командалы-телеметриялық станциялармен бірігіп орбиталарды басқарады, телеметриялық ақпараттарды өңдейді және командалар жасайды. ОТББО-ның міндетіне графиканы жоспарлау, желілік ресурстарды бөлу мен бекіту, жүйенің жұмыс істеуін қадағалау кіреді. ОТББО-ға параметрлерді бақылау мен бөлінген спутниктік ресурстарда түйіндесу станцияларына қолдау көрсету жүктелген.

Түйіндесу станциялары арқылы абоненттермен байланыс жүзеге асырылады. Жер бетінің негізгі аймағын жабу үшін 150-210 станция, оның 9-ын Ресейде салу керек. Мұндай технология станция аралық байланыс арналарын бағдарлау үшін байланыс сенімділігіне жетуге мүмкіндік береді. Түйіндесу станциясы қызмет көрсету аймағында ақпарат алмасуды ұйымдастыруға және «Глобастер» абоненттерін көпшілікке ортақ желіге қосуда желілік ресурстарды бөлуге арналған. Диаметрі 5,5 м кернеу станциясының параболалық антеннасының күшейту коэффициенті 42,4дБ-ге тең. Станцияның номиналды эквивалентті изотропты-сәуле таратушы қуатын есептеуде бір арна 40,3 дБВт құрайды. Қабылдау құрылғысының шулы температурасы 190 К-ден аспайды. Пайдаланушы сегменті терминалдың негізгі үш түрін: портативті, мобильді және стационарлы қамтиды. Стационарлы терминалдар тек "Глобалстар" жүйесімен ғана жұмыс жасауға арналған. Портативті және мобильді түрлері GSM, CDMA, AMPS және PCS стандарттардың бірінде ұялы байланыс жасай алады. Мобильді абоненттік терминалдың қуаты 3 Вт-тан, портативті – 0,6 Вт-тан аспайды. Портативті пайдаланушы терминалдары ұялы телефон аппаратына ұқсайды. Бұл көп модальды (көп режимді) жергілікті ұялы байланыс немесе «Глобалстар» арқылы жұмыс істейтін жылжымалы құрылғы. Пайдаланушының мобильді терминалдары портативті аппараты сияқты болады. Олар жылжымалы құрылғы (түтіктен) және автомобильді жиынтықтан тұрады. Стационарлы терминалдарды пайдаланушылар тек "Глобалстар" жүйесінде ғана жұмыс жасайды. Стационарлы терминалдар ұялы байланыс қызмет көрсетпейтін аймақтарда жұмыс жасау үшін құрастырылған.

«Глобалстар»-да түйіндесу станциялары (ТС) мен спутниктер арасында С диапазоны қолданылады. «СС-КА» желісі үшін 5090...5250 МГц болады. «КА-

СС» - желісі үшін 6875,95 МГц - 7052,9 МГц. Спектрді тиімді пайдалану жиілікті қайта пайдалану мен спектрді кеңейту арқылы жүзеге асырылады. С диапазонында оң жақ шеңбер және сол жақ шеңбер поляризация қолданылады. Осылайша, спутникте 16 сәуле үшін 8 жиілікті пайдалануға болады. «Глобалстар» жүйесінде арналардың бірнеше түрі пайдаланылады. Сигнал ұшқышының арнасымен «барлық нөлдер» түріндегі реттілік беріледі, ол радио арнадағы сигнал деңгейін бақылауға арналған. Барлық ТС-тер салыстырмалы түрде бірыңғай уақыт шкаласында бір қысқа кодты қолданады. Кодтың ығысуы ТС, спутник пен сәулені теңестіреді. Синхрондау арнасы арқылы деректер 1200 бит/с жылдамдықпен беріледі. Онда ТС теңестіру коды, ағымдағы уақыт, спутник эфемеридтері, пейджерлік байланыс арналарының кестесі көрсетіледі. Жеке шақырту арнасы бойынша жалғау (жиілік, пайдаланушының сәйкестендіру коды, шақырылып отырған абоненттің нөмірі) үшін қажетті технологиялық ақпарат беріледі. Тікелей ақпарат арнасы «Глобалстар» желісіні абоненттерінің ақпараттық хабарламасын беруге арналған. Арнада ақпарат ағындарын 2.4...9.6 кбит/с, шығыс ағында 19.2 кбит/с жылдамдықпен кодын өзгерту алгоритмі қолданылады. Жүйенің барлық абоненттері сол бір реттілікті әртүрлі уақытта (әрбір пайдаланушы үшін ерекше) пайдаланады. Қол жетімділік арнасы 60 мс ұзақтықпен сұрату пакетін беруге арналған. Арнада АЛОХА синхронды түрдегі қол жеткізу хаттамасы қолданылады. Пакет қосымша мен сұратудың ақпараттық бөлігінен және преамбуладан тұрады. Преамбула элементтердің жалған кездейсоқ реттілігін көрсетеді. Қол жетімділік арнасының ақпарат беру жылдамдығы 4.8 кбит-с болады. Кері ақпараттық арна бойынша абонент ТС-ке хабарлама береді. Арнада үйірткілі (сверточный) кодтау мен 20 мс ұзақтықпен символдар пакеті блок бойынша кезектесуі қолданылады.

«Глобалстар» жүйесінде абоненттің бір аймақтан екіншісіне көшуі байланысты үзбей жүзеге асырылады және ақпаратты қабылдау сапасы төмендейді. Бұл жердің рельефімен антеннаға көлеңке түсуінен қорғайды және байланыс сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. қызмет көрсету аймағының ауысу механизмі қарапайым.

Кесте 1.1 - Иридиум және Глобалстар жүйелерінде пайдаланушы терминалдарының салыстырмалы сипаттамалары

Көрсеткіш	Иридиум			Глобалстар		
	Кеңселік бір режимді	Екі режимді портативті	Бір режимді (екі режимді)	Екі режимді Globalstar/GSM	Үш режимді Globalstar/AMPS/CDMA	Екі режимді Globalstar/GSM
Өндіруші-компания-	Motorola (США)	Motorola (США)	Kyocera (Япония)	Ericsson (Швеция)	Qualcomm (США)	Telital (Италия)

Өлшемі, мм	240x200x6 4	260x260 x57	570x146x 480	160x60x 37	178x57x 44	220x65x 45
салмағы, г	1500	454	380	350	357	350
Максимал ды сәулелену қуаты, мВт	500	570	640	400	400	400
Күту режимінде гі үзіліссіз уақыт, сағ	80	16	24	5 (Globalst ar), 36 (GSM)	5 (Globalst ar), 7 (AMPS), 25 (CDMA)	36 (Globalst ar), 36 (GSM)
Сөйлесу режимінде гі үзіліссіз уақыт, ч	8	2	1,67	1 (Globalst ar), 2 (GSM)	1 (Globalst ar), 1 (AMPS), 3 (CDMA)	1 (Globalst ar), 2 (GSM)
Жиілік диапазоны, МГц	1616- 1626,5	1616- 1626,5	1616- 1626,5	1610-1626,5 (беру), 2483,5-2500 (қабылдау)		
Қоректенд іру кернеуі, В	Желілік адаптер	15	10-32	7,5	7,5	7,5

Әрбір спутниктің 16 сәулесінің кез-келгенінен қабылданған сигналды жедел басқару бақылауға арналған ұшқыш-сигнал беріледі. Ұшқыш-сигналдың деңгейі төмендеген кезде сол сәуледе абоненттік терминал автоматты түрде екі арналы жұмыс режиміне көшеді. Бұл режимде әртүрлі екі сәуледен немесе әртүрлі спутниктен бір уақытта сигналдарды қабылдауға болады. Радио желінің екі арналы жұмыс режимі қандай да бір сәулені ажыратуға команда берілгенше жүре береді. Осыдан кейін ақпарат алмасу сапасы жақсартылған бір ғана сәуле арқылы жүргізіледі. Осылайша, абоненттің бір қызмет көрсету аймағынан екіншісіне байланысты үзбей әрі сапасын нашарлатпай өтуіне болады.

1.5 Спутниктік байланыс жүйесін дамыту перспективалары

Қазіргі таңда ГЛОНАСС жүйесінің негізінде Координатты-уақыттық камтамасыз етудің бірыңғай глобалды жүйесі (КУҚБГЖ) жасалуы мүмкін. КУҚБГЖ-ге спутниктік жүйеден басқа мыналар кіреді [2,3]:

- Елдің эталонды базалы Бірыңғай уақытының Мемлекеттік жүйесі;

- Жердің айналу параметрін анықтау қызметі мен Мемлекеттік жүйесі;
- жер беті мен атмосфераның үстіндегі оптикалық астрометрия жүйесі;
- ғарыштық геодезиялық және басқа да жүйелерді.

Навигациялық анықтамалардың дәлдігін арттыру мүмкіндігі өзін-өзі анықтайтын навигациялы-геодезиялық КА-ны Жер бетін өлшеуді қоспағанда кездегі глобальды жүйе құрумен байланысты.

Жүйені жетілдірудің бағыттары мен жолдарын жасау кезінде пайдаланушылардың навигациялық анықтаманың дәлдігі мен жүйенің бүтіндігіне деген талаптардың өсуі есепке алынады. Бұл жерде бүтіндік деп жүйенің навигациялық анықтамаларды пайдаланбаған кездегі мезеттері туралы ескертуді қамтамасыз етуді айтады. Бұл мәселені шешудің маңызды жолдарының бірі екі спутниктік радионавигациялық жүйелерді ГЛОНАСС пен GPS біріктіру болып табылады.

ГЛОНАСС СРНЖ-ні жаңартудың төрт негізгі бағыттарын көрсетуге болады:

- басқа да радио техникалық жүйелермен үйлесімділігін жақсарту;
- навигациялық анықтамалар дәлдігін арттыру мен пайдаланушыға көрсетілетін қызметтерді жасқарту;
- спутниктің бортық аппаратурасының қызмет ету мерзімі мен сенімділігін арттыру және жүйенің бүтіндігін жақсарту;
- дифференциалды қосалқы жүйені дамыту.

Бірінші бағыттың элементтерінің бірі атап айтылған жиіліктің алып отырған диапазонда ығысуы мен қысқаруы болып табылады. Бүгінгі таңда КА-да пайдаланғанда радио астрономиялық зерттеулерде пайдаланылған L1 диапазонының ($k=16...20$ жиілік литерінде) 1610.6...1613.8 МГц жолақта радио сигналдарды беру толығымен тоқтатылады. Бұдан әрі орбитада болатын КА «Ураган» $k=0...12$, 22...24 жиілік литері пайдаланады, ал 13, 14 және 21 жиілік литері КА-ны пайдалануға берілгеннен бастап, сонымен бірге профилактикалық жұмыстар жүргізгенде шектеулі қолданысқа ие болады. $k=0$ литерін пайдаланушылар қолданбайды, ол орбитадағы қосалқы спутниктерді тексеруге қажет болады. Екінші кезеңде жаңартылған КА «Ураган-М»-ді жібергенде, КА бортынан келетін сигналдардың сәулеленуі $k=0...12$ литерінің салмақ түсетін жиіліктерде ғана жүзеге асырылады. Соңғы үшінші кезеңде (2005 жылға бағдарланған) КА «Ураган-М» $k = -7 ... 4$ салмақ түсетін жиілікті навигациялық сигнал сәулеленуі, ал 5 және 6 номиналды салмақ түсетін жиіліктер НКУ спутниктерінің жұмыс істеген кезде технологиялық ретінде пайдаланылатын болады. Навигациялық анықтамалардың дәлдігін арттыру мақсатында пайдаланушылар КА «Ураган-М» бортында жиіліктің жаңа цезийлік стандартын орнатады. Сонымен қатар, жаңартылған КА екі жиіліктік қабылдағышпен жабдықталған пайдаланушылардың өлшеу кезіндегі ионосфералық қателіктерін толығымен болдырмайтын L1 мен L2 толқындарының екі диапазонында жеке пайдаланушыларға сигналдар шығарады.

ГЛОНАСС және GPS екі жүйені навигациялау үшін бірге қолдану пайдаланушыларға тұтынушылардың радио көру аймағында қол жетімді КА санын арттыру есебінен навигациялық анықтаманың нақтылығын арттыру болып табылады. Алғышарттардың барлығы ГЛОНАСС-GPS құрама қабылдағыштарының күрделенуі мен қымбаттауына алып келетін екі жүйенің бірігуін жеңілдетеді. Мұндай жағдайларға мынаны жатқызуға болады:

- синхрондау принципінің ұқсастығы мен навигациялық параметрлерді өлшеудің ұқсастығы;

- пайдаланылған координаталар жүйесіндегі аздаған айырмашылық;

- жақын жиіліктік диапазон;

- баллистикалық құрылыс принциптерінің жалпылығы;

- әлемдік қауымдастықтағы әртүрлі тұтынушыларға арналған орбитада спутниктерді жіберетін үкіметтің дайындығы.

Дифференциалды навигация режимі (СРНЖ) ОЖСБ-ның көпшілігі уақыт пен кеңістік бойынша салыстырмалы түрде тұрақты болады. Осыған сәйкес, навигациялық сигналдарды өңдеумен бір уақытта пайдаланушы сол аудандағы навигацияның дәлдігін сипаттайтын түзетулер алса, онда бұл 5 м биіктікке дейінгі координатаны анықтаудағы қателіктерді азайтуға мүмкіндік береді. мұндай режимде жұмыс істеуді қамтамасыз ету үшін кең зоналы, аймақтық және жергілікті деп бөлінетін СРНЖ дифференциалды қосалқы жүйесі жасалады.

Қазіргі кезде жергілікті дифференциалды қосалқы жүйенің (ЖДҚЖ) негізгі үш класы анықталған:

- сулы аймақтарда, нөсерлі аймақтарда, қысаңдықтар мен порттардың акваториялары мен айлақтарда Халықаралық теңіз ұйымдарының талаптарына сәйкес жүзуді қамтамасыз етуге арналған теңіздік;

- азаматтық авиация Халықаралық ұйымдарының категориясы бойынша әуе кемелеріне отырғызуды қамтамасыз ететін авиациялық;

- геодезиялық, жерді өлшейтін және басқа да арнайы жұмыстарға арналған жергілікті.

ГЛОНАСС және GPS жүйесінің сигналы бойынша жұмыс істейтін теңіздік желі ЛДПС Ресейдің аймағындағы барлық жағалаулар мен оның маңайындағы теңіздердің акваториясын қамтиды. Қазіргі кезде жеке жабдықтар Балтикада алдын ала тексеруден өткізіледі.

Мәселен, ЛДПС СРНЖ-ті арнайы инкассатор көліктерінің қозғалысын бақылау үшін пайдаланады.

1.6 Міндеттің қойылуын негіздеу

Спутниктік желіні ұйымдастыру үшін жер станциялары арасында Жер спутнигінде радио сигналдарды ретрансляциялау арқылы спутниктік радио желілерін жасау керек.

Әртүрлі қашықтықтарда ақпараттың барлық түрлерін беру бойынша (соны ішінде корпоративтік) глобальды желі құру жобасы қарастырылады.

Дипломдық жоба бес негізгі тарауды қамтиды:

- тапсырманың берілуі;
- техникалық бөлім;
- есептеу бөлімі;

1-тарауда жобалау тапсырмалары негізделеді және берліген тапсырманы шешу жолдары қарастырылады.

Қызылорда облысында спутниктік байланыс желісін ұйымдастыру үшін есептеулер жүргізіледі.

2-тарауда жүйені есептеудің барлық техникалық принциптері ашылады:

- төмен орбитальды спутниктік жүйенің құрылымы мен құрамы;
- ғарыштық сегменттің құрамы;
- жер сегментінің құрамы;
- спутниктік байланыс желісін энергетикалық есептеу;
- борттық аппаратураның негізгі параметрлерінің құрамын анықтау;
- борттық ретрансляцияның құрылымдық схемасын жасау;

- GPS және INMARSAT заманауи байланыс жүйесінің негізінде ақпараттық қамтамасыз ету мен бақылаудың автоматтандырылған жүйесін құру.

Жобаның 3-тарауында келесі тапсырмалар орындалады:

- спутниктік байланыс желісінің аймағында радио сигналдарды өшуін есептеу;
- жіберу параметрлерін энергетикалық есептеу;
- қабылдау параметрлерін энергетикалық есептеу;
- негізгі станцияның электромагниттік сәйкестігін бағдарламалық есептеу.

2. Техникалық бөлім

2.1 Төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйелерінің құрамы мен құрылымы

Жүйе пайдаланушыларға 70^0 глобалды масштабында байланыстың кең спектрде қызмет көрсетуін қамтамасыз етеді. Бұл аймақта (дәлірек орташа ендікте) жүйедегі келесі мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін спутник-ретрансляторлар қызмет көрсететін аймақтарды тұрақты екі есе жабуды қамтамасыз етеді [2,7,9]:

- пайдаланушыға байқалмай жүретін (ауысу операциясының алгоритмі төменде қарастырылады) абоненттердің спутниктен спутникке және сәуледен сәулеге үзіліссіз автоматты ауысуы;

- жергілікті рельефпен антеннаны көлеңкелеу мәселесін шешу маңызды болатын мобильді нысандармен байланыс сенімділігін арттыру. Соңғы тапсырма қабылдағыштың кірісіне келіп түсетін (әртүрлі шағылған сигналдар мен СР-ден) бірнеше сигналдарды когерентті қосу арқылы шешіледі;

«Глобалстар» ТОСБЖ келесі қызмет түрлерін жүзеге асырады:

- (телефон, мәліметтерді беру, факсимиле, пейджинг және т.б.) байланыс;

- Нысанның орнын анықтау;

- байланыс қызметтерін көрсеткенде телефонияның сапасы 1200-9699 бит/с айнымалы жылдамдықтағы CELP технологиясын пайдалануға негізделген. Жүйенің сипаттамасына (өткізгіштік қабілеті және т.б.) баға бергенде орташа жылдамдығы -2400 бит/с болады. Сөйлеу сигналын өндегенде шуды басып тастайды. Вокодер жаңғырықты басатын құрылғымен жабдықталған. Сандық ағынның айнымалы жылдамдығы мүмкіндік береді:

- Сөздердің үзілісіндегі командалық (қызметтік) ақпараттар сигналын беруді қамтамасыз етеді;

- Минималды жылдамдық (1200 бмт/с) кезінде абоненттік терминалдардың беру қуаты мен шлюздің парциалды (арналық) қуатын төмендету, жүйе ішіндегі арна аралық бөгеттерді азайту мен өткізу қабілетін арттыру кезінде;

- Мәліметтерді беру үшін арнаның $1.10E-6$ төмен емес сапасы болғанда 4800 бит/с жылдамдық пен пакетті режим қолданылады.

Код бөлу арнасы бар көпстанциялы қолжетімділікті (КБКҚ) пайдалану байланыс құпиялылығы мен ретрансляторға заңсыз қол жеткізуге қарсы мәселелерді шешуге мүмкіндік береді.

Нысандардың орнын анықтау қызметінде олар бірнеше факторларға тәуелді, дәлдікпен жүргізіледі:

- абоненттерге «көрінетін» спутниктердің саны;

- спутник координатын анықтау дәлдігі;

- абоненттің шлюзбен қосылу уақытының ұзақтығы;

- «абонент-спутник-шлюз» геометриясы;

-абоненттік терминал жиілік эталонының тұрақтылығы.

Абоненттің орнын автономды анықтау кезінде – ең аз дәлдік 10 км –ден аспайды. Шлюз орнын дәл анықтайды. Абонент үшін 22^0 –тен кем емес екі спутникпен орнын анықтау дәлдігі 10 секундтан аспайтын уақытта 0.95 ықтималдықта 300 м-ге жетуі мүмкін.

Абоненттік аппаратура қатар орындалған – байланыс және орнын анықтау, бірақ тек орнын анықтауды ғана пайдалануға болады. Бұл жағдайда орнын анықтау операциясы шлюзде немесе орталық станцияда жүргізіледі.

Жүйені жасау негізіне келесі негізгі принциптер жатады:

- қарапайымдылық пен қолжетімділік;
- минимальды техникалық тәуекел – тексерілген техникалық шешімдерді (технологияларды) пайдалану;
- қолданылған технологиялар синергетикалық жүйеге біріктірілген, сондықтан бүтін бөлігі бөліктердің қосындысынан көп болады;
- жиіліктік диапазонын пайдаланудың максималды тиімділігі;
- бар болатын инфрақұрылымдар мен байланыс қызметтерін максималды пайдалану;

«Глобалстар» спутниктік байланыс жүйесі келесі сегменттерді қамтиды (2-көрсету парағы):

- ғарыштық;
- абоненттік (пайдаланушы сегменті);
- жер (қамтамасыз етуші);
- «Глобалстар» жүйесінің арналары түйісетін жердегі байланыс желісі.

Жүйе элементтерінің құрылымдық схема негізіндегі өзара әрекетінің негізгі міндеттері 2-көрсету парағында келтірілген.

2.2 Ғарыш сегментінің құрамы

Globalstar жүйесінің орбитальды топтамасының құрамына 2.1- суретте көрсетілген сегіз шеңберлі орбитада (әрқайсысында алты спутниктен) орналасқан 48 төмен орбитальды спутник-ретрансляторлар кіреді.

Жер бетінен орбитаның биіктігі 1414 км-ге жетеді. Орбиталардың көлбеулігі ($i = 52^{\circ}$) орташа ендікте абоненттерге қызмет көрсетудің максималды жиілігін қамтамасыз етеді. Бұл жүйедегі ғарыштық сегменттің полярлы аймақтарына (70^0 с.е. пен 70^0 о.е.-ден биік) қызмет көрсетілмейді (2.1-сурет) [7,12].



Сурет 2.1 - Globalstar жүйесі: 8 орбитада 48 спутник

Спутник келесі параметрлермен сипатталады:

- спутниктің салмағы – 390 кг;
- күн батареясының қуаты – 1.1 кВт;
- күн батареясының панельдері (rotate and tilt) жазықтықтарында бағдарланады;

- спутник-ретранслятордың (СР) тұрақтылығы үш осьті болады. Тұрақтылық пен бағдарлану жүйесінде құрылғы Жерде, күнде және лазерлі гироскопта пайдаланылады;

- навигация «Навстар» жүйесінің сигналы бойынша қамтамасыз етіледі.
- СР-дің белсенді өмір сүру мерзімі – 7.5 жыл.

Әрбір спутникке қаттылық, электр энергиясын шығындау, бағдарлау, тұрақтылық және т.б. бойынша белгілі талаптар қойылады.

Әрбір спутник (2.2-сурет) Жер мен Күн, сонымен қатар лазерлі гироскоптар бойынша бағдарлау құрылғысынан тұратын үш тұрақтандыру жүйесіне ие болады [12,13].

Телекомандалық жүйе Жерге қараған СР жағында антеннасы болады. Ол спутниктің бағдары бұзылған кезде пайдаланылуы мүмкін. Командалық ақпараттың берілу жылдамдығы – 0.1 кбит/с, ал телекоммуникалық – 1 кбит/с болады.

Ғарыштық сегмент ғарыштық топтамаларды көрсететін бірнеше спутник-ретрансляторларды (СР) қамтиды. Спутник-ретрансляторлар ереже бойынша белгілі орбиталарда біркелкі орналасады.

«Глобалстар» ТОСБЖ шеңберлі орбитада 8 жазықтықта (6 дан) біркелкі орналасқан 48 СР-ді қамтиды. Жазықтықтардың көлбеулігі $i=52^{\circ}$. СР айналу периоды $T_{\text{айн}} = 114$ мин. Орбитаның биіктігі $H_0 = 1414$ км. Орбитаның параметрлері жер бетінде орташа ендікте қызмет көрсетудің максимальды еселігін қамтамасыз етеді. Полярлы аймақтарға (70° с.е. пен о.е.) қызмет

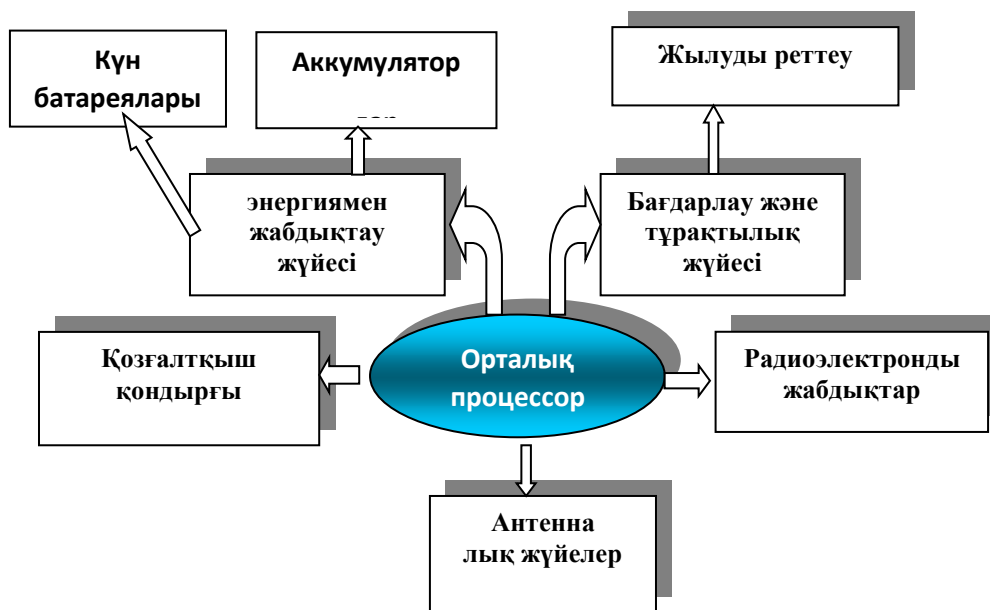
көрсетілмейді. Жалпы түрде мынандай габариттерді 1.78 x 0.96 x 0.58 м көрсетеді.



Сурет 2.2 - Globalstar спутнигінің сыртқы түрі

Кез-келген спутник-ретранслятордың құрамына келесі негізгі элементтер кіреді (2.3-сурет):

- Орталық процессор;
- БРТК радиоэлектронды жабдық;
- Антенналық жүйелер;
- Бағдарлау мен тұрақтылық жүйесі;
- Қозғалтқыш қондырғы;
- Қоректендіру жүйесі (аккумуляторлық және күн батареясы).



Сурет 2.3 - Спутник-ретранслятордың негізгі элементтері

Төмен орбитальды спутник шамамен 1000 км биіктікте орналасады және орбитада 7км/с жылдамдықпен қозғалады. Оны жер бетінің кейбір нүктесінде (көріну уақыты) бақылауға болатын уақыт 14 минуттан аспайды. Осыдан кейін спутник көкжиек сызығына «кетеді». Үздіксіз байланысты (мысалы, телефонмен сөйлескен кезде) қолдау үшін, бірінші спутник қызмет көрсету аймағынан кеткенде, оны орнына екіншісі, содан кейін үшіншісі келуі қажет. Глобалды спутниктік жүйелер барлық жер бетіндегі өзінің антенналарын көзден таса қылмау керек. Бұл ұялы радиотелефонды байланыс принциптерін еске түсіреді, тек негізгі станцияның ролін спутник атқарады.

Абоненттің бір спутниктің көріну аймағында ғана емес, барлық Жер бетінде байланысын қамтамасыз ету үшін көршілес спутниктер өзара байланысып, ақпаратты мекен-жайына жеткенше, тізбекті түрде беруі керек. Бұл міндетті кейбір жүйелерде ақпаратты бір спутниктен басқасына жіберетін жердегі шлюздік станциялар орындайды.

Спутниктерді орбитаға сенімді жеткізу спутниктерді орбитаға шығаруға кететін қаржылық шығындармен байланысты болғандықтан, күрделі болады. Орбитаға бір спутник шығару үшін жобаға кететін барлық шығынның біраз бөлігін құрайтын 200 млн АҚШ доллары қажет болуы мүмкін.

Ғарыш индустриясының дамуы мен спутниктерді жасау мерзімін 2,5-3 жылға қысқарту спутник шығаруды ұйымдастыру қызметін ұсынатын компаниялардың пайда болуына алып келетін ракета-тасымалдағыштарға деген қызығушылықты арттырды. Қазіргі кезде ракета жасау технологиясын таңдау әдетте үш фактормен анықталады:

- Шығару құны;
- Ракетаның сенімділігі;
- Ракетаның техникалық мүмкіндіктері.

- Мамандардың сенімді пікірлері бойынша 2010 жылға қарай жердің маңайындағы орбитаға байланыс пен ғылыми зерттеулерге арналған 1500 ғарыш аппараттары шығарылады. Оларды жасау мен жіберуге ғана кететін шығын 45 млрд-тан аса АҚШ долларын құрайды. Алдағы жылдарда спутниктер геостационарлық орбитада (60%) спутниктер болады, төмен орбитальды (LEO) және орташа биіктіктегі (MEO) спутниктер үлесі 27-ге дейін және сәйкесінше 13%-ға артады.

Тасымалдағыштардың пайдалы жүктеме салмағына қарай келесі кластарға бөлінеді:

- ауыр;
- жеңіл.

Ауыр тасымалдағыштар кез-келген спутник орбитасына 1 тоннадан аса пайдалы жүк шығара алады.

Жеңіл класты ракеталар төмен жердің маңайындағы орбитадағы спутниктерге шығаруға арналған.

Ракета-тасымалдағыштар құрылымдық орындауы, мысалы, баспалдақтар саны (2-ден 4-ке дейін) немесе жүрдек блок арқылы ажыратылуы мүмкін.

Қазіргі кезде көбінесе орбитаға спутникті шығару схемасы пайдаланылады:

- алғашқы кезеңде спутник орбитаға шығарылады;
- келесі кезеңде орбитада берілген нүктеде энергетикалық қолайлы ұшу жүзеге асырылады.

- Бұл схема құрамында арнайы жүрдек блоктың ракета – тасымалдағыштары бар болса немесе ауыр болмаған жағдайда спутниктің белдеуді қозғалтқышының көмегімен ғана жүзеге асырылуы мүмкін.

Ауыр класты ракета-тасымалдағыштарға 1 тоннадан артық пайдалы салмақты көтере алатын тасымалдағыштар жатады (2.1-кесте) [12].

Кесте 2.1- Ауыр класты ракета-тасымалдағыштар

Үлгісі	Алғаш шығарылған уақыты	Орбитадағы максималды жүктеме, кг		құны млн АҚШ доллары
		LEO	GEO	
1	2	3	4	5
«Зенит»(Украина)	13 сәуір 1985 ж.	13 740	3800	65
«Протон-К» (Ресей)	11 сәуір 1994 ж.	20 000	3900/2600	65
Ariane 42 L (ESA)	12 мамыр 1993 ж.	7400	3350	90
Ariane 44 P (ESA)	4 сәуір 1991 ж.	6900	3290	70
Ariane 44 L (ESA)	4 маусым 1989 ж.	9600	4460	115
Ariane 5 (ESA)	4 маусым 1996 ж.	18 000	6800	125
Atlas 2A (АҚШ)	10 маусым 1992 ж.	6800	2900	85
Atlas 2AS (АҚШ)	16 желтоқсан 1993 ж.	8400	3600	115
Delta II (АҚШ)	26 қараша 1990 ж.	5000	1870	50
Delta III (АҚШ)	27 тамыз 1998 ж.	8346	3810	Н/Д
Titan 4 (АҚШ)	14 маусым 1989 ж.	17 700	14 100/6350	315
Titan 4B (АҚШ)	23 ақпан 1997 ж.	21 640	18 600/8620	350
Long March CZ-3A (Қытай)	8 ақпан 1994 ж.	7200	2300	45
Long March CZ-3.B (Қытай)	14 ақпан 1996 ж.	Н/д	4850	70
H-2 (Жапония)	3 ақпан 1994 ж.	10 500	4000/2200	120

Олар бір спутник және спутниктер тобын орташа биіктіктегі және төмен жердің маңайындағы, геостационарлық орбиталарға жіберуді қамтамасыз етеді. Орбитаға бір уақытта 12 спутникке дейін топтық ұшыру орбитальдық топтама құруға кететін шығынды азайтып, сонымен бірге бастапқы кешеннің қосынды жүктемесін азайтуға мүмкіндік береді. Ғарыштық техниканың мүмкіндіктері Iridium жүйесін бүкіл әлемге көрсетті. Қысқа мерзімде орбитаға 90-ға жуық

спутник шығарылды, оларды жіберу Delta II (АҚШ), «Протон» (Ресей) и Long March (Қытай) сияқты әлемдегі әртүрлі космодромнан және түрлі типтегі ракета тасымалдағыштар шығарылды.

Ariane ракета-тасымалдағыш басынан «европалық», яғни Европа елдері үшін спутник ұшыруды қамтамасыз етеді. Оны жасауға көптеген алдыңғы қатарлы: Aerospatiale (Франция), Matra Marconi Space (Англия, Франция), Fiat-BDR Difea Spazio (Италия), DASA (Германия) елдерінің ғарыш компаниялары ат салысты. 1988 жылы маусымда ракета-тасымалдағыштардың төртінші буынына кіретін Ariane 40 шығарылды. Қазіргі кезде барлық коммерциялық ұшырудың жартысы оның көмегімен жүзеге асырылады. Ariane 44 LP және Ariane 44 L ракета-тасымалдағыштар орбитаға Eutelsat 2F1, 2F2, 2F4, 2F5, 2F6 спутниктерін шығарды.

Atlas тобын Lockheed Martin компаниясы (АҚШ) жасап шығарды. Коммерциялық ұшырулар 1997 жылдан басталды. Екінші буынына Atlas 2, Atlas 2A және Atlas 2AS сияқты белгілі ракеталар жатады. Atlas 2A ракета тасымалдағышының көмегімен Centaur аудандық блогымен орбитаға Eutelsat 2F3, AMSC 1 және басқа да спутниктер шығарылды. Delta тасымалдағышын құрастыруын 50-жылдардың ортасынан бастап McDonnell Douglas (АҚШ) компаниясы жүргізді. Алғышқы ұшыру (1960 жылдардан бастап) әскери мекемелер мен АҚШ федералды қызметтері үшін жасалды, коммерциялық ұшыру алғаш рет 1989 жылы тамыз айында өткізілді. Delta тобының ракеталары ең сенімді түріне жатады. Әлемге әйгілі Delta II ракета-тасымалдағыш орбитаға GPS-тің 24 спутнигін, Iridium-нің 50 спутнигін және Globalstar-дың 8 спутнигін шығаруға көмектесті.

Long March («Ұлы жорық») ракетасы - CALT (China Academy of Launch Vehicle Technology) қытай компаниясының ұрпағы. Long March CZ-1 бірінші ұшуы төмен орбитаға алғаш Dongfan-gnong 1 қытай спутнигі шығарылған кезде болды. Соңғы бес жылдың нәтижесі бойынша Long March ракетасының сенімділік көрсеткіші төмен: спутникті жеткізу ықтималдығы 0,77-ге тең болған.

«Протон» ресейлік ракетасын М. В. Хруничев атындағы ГКНПЦ жасады. Ол ұшырудың жоғары сенімділігін – 0,96 (соңғы 10 жылдағы деректер) қамтамасыз етеді. «Протон» ракетасы орбитаға «Горизонт», «Галс», «Экспресс» ресей спутниктерін, Astra 2A, Echostar 4, Panamsat 8, 21 спутник Indium (7 КА бойынша 3 ұшу) және т.б. шет ел спутниктерін шығарды. Барлық ұшырудал «Байқоңыр» ғарыш алаңында жүзеге асырылды.

«Зенит» ракета-тасымалдағыштарын құрастыру, дайындау мен коммерциялық ұшыруды ұйымдастыруды НПО «Южное» (Днепропетровск, Украина) жасайды. Жүрдек блокты РКК «Энергия» жасаған. «Зенит-2» және «Зенит-3» ракеталарын ұшыру «Байқоңыр» ғарыш алаңында жүзеге асырылады. Ұшу сенімділігі жоғары емес (0,77). Ең жағымсыз ұшулардың бірі Globalstar-дың 12 спутнигі бірден шығын болған кезде орын алды. Құрастырушылар «Теңіз старты» (Sea Launch) деп аталатын халықаралық бағдарлама аясында жасалған «Зенит-3SL» ракетасына үлкен үміт артады.

Аз жүк көтергіш жеңіл класты ракета-тасымалдағыштар төмен орбитальды топтар жасауға арналған (2.2-кесте)

Олар топтық және жеке ұшыруды орындайды. Жеңіл төмен орбитальды спутниктер орбитаға дәстүрлі стационарлы немесе оңтайлы жіберу кешенінің көмегімен, соның ішінде самолет бортынан шығарылады.

Кесте 2.2 - Жеңіл класты ракета-тасымалдағыштар

Түрі	Алғаш ұшырылған уақыты	LEO орбитасы үшін макс, жүктеме, кг	Құны., млн. АҚШ долл.
«Космос» (Ресей)	18 тамыз 1964 ж.	1000	8
«Рокот»(Ресей)	26 желтоқсан 1994ж.	1850	Н/д
Athenn 1 (АҚШ)	15 тамыз 1995 ж.	795/515	16
Conestoga (ақш)	23 қазан 1992 ж.	2100	12-25
Pegasus XL (АҚШ)	27 маусым 1994 ж.	455	13
Taurus (АҚШ)	13 наурыз 1994 ж.	620/430	15
GSLV (Үндістан)	2 қараша 1997 ж.	350	Н/д
Shavit (Израиль)	19 қыркүйек 1988 ж.	150	Н/д
VLS (Бразилия)	2 қараша 1997 ж.	350	Н/д

Жеңіл спутниктерді жіберу материалдық шығынды көп қажет етпейтіндіктен, осындай спутниктерді жеке ғарыш алаңы жоқ елдер пайдаланады. Arlanespace фирмасының бағалауы бойынша жуырда LEO класының шағын спутниктерінің үлесі барлық ұшырулардың 15% -ын құрайды.

Athena ракета-тасымалдағышын Lockheed Martin Missiles (АҚШ) компаниясы құрастырып, дайындайды. Athena I алғаш ұшырылуы сәтсіз болды: басталған сәттен 3 минуттан кейін жоюға команда берілді, нәтижесінде екі төмен орбитальды спутниктер Gemstar-1 и Vitasat-1 жарамсыз болып қалды. Алайда бүгін бұл – сенімді ракета-тасымалдағыштардың бірі.

Conestoga (АҚШ) ракетасы сипаттамасы бойынша ресейлік «Космос» ракетасына ұқсайды. Оны құрастыру, дайындау мен коммерциялық пайдалануды ұйымдастыруды ERR Systems (АҚШ) компаниясы жүзеге асырады. NASA-мен келісім бойынша Conestoga ракетасы орбитаға үш COMET спутнигін шығару керек еді, бірақ олардың біреуін 1995 жылы ұшырғанда ол сәтсіздікке ұшырады, ұшқаннан кейін көп кешікпей Conestoga жарылып кетті.

«Космос» ракета-тасымалдағыш континентаралық баллистикалық орташа алыстықтағы ракета және төмен орбитаға спутник шығаруда артықшылықтарға ие болған. Мұндай ракеталарды «Полет» ПО (Омск) шығарады. «Космос-3М» ракетасының көмегімен орбитаға көптегн отандық және шет елдік спутниктер, соның ішінде Faisat шығарылған.

2.3 Жер сегментінің құрамы

Жер сегментінің құрамына мыналар кіреді[2,7,12]:

- ұшудың басқару орталығы (ҰБО);
- байланысты басқару орталығы (ББО);
- стационарлы базалық станция желісі;
- түйіндік және абоненттік станция желісі.

Жүйені басқару орталығы спутникті қадағалау, олардың координатасын есептеу, уақытты салыстыру мен түзету, борттық аппаратураның жұмысқа қабілеттілігін диагностикалау, қызметтік (командалық) ақпаратты беруді жүзеге асырады. Көрсетілген басқару функциялары телеметрикалық ақпараттың негізінде орбитальды топтардағы әрбір спутниктен түскен сигналды орындайды. Өртүрлі жұмыс режимінде ғарыштық топтарды басқару үшін штатты байланыс арналары сияқты (айқасқан спутниктік байланысты) және жеке аймақтық алшақтатылған командалық өлшеу станциясы пайдаланады. Осының арқасында жүйені басқару орталығы жеткілікті жеделдікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді:

- Спутниктің берілген орбитаға шығу дәлдігі мен ұшуын бақылау;
- Әрбір спутниктің жағдайын бақылау;
- Орбитамен жеке спутникті басқару мен бақылау;
- Спутникті штаттан тыс жұмыс режимде басқару мен бақылау;
- Спутникті орбитальды топтардың құрамынан шығару.

Ғарыштық топтарды басқаруға талдау жасау мен басқару тобының мамандары жүргізеді. Спутникке қызметтік ақпараттар беру аймақтық алшақтатылған негізгі және қосалқы командалық өлшеу станциялары арқылы жүзеге асырылады.

Спутниктерді ұшыру орталығы ұшу бағдарламасын анықтайды, ракета-тасымалдағыштарды жинап, оларды тексереді, сонымен бірге спутниктің пайдалы жүктемесін анықтайды. Байланысты басқару орталығы жүйені басқару орталығымен бірігіп, спутник ресурстарын пайдалануды жоспарлайды. Байланысты басқару орталығы ұлттық шлюздік станциялар арқылы талдау жасау мен бақылау, басқаруды іске асырады.

Байланыстың жеделдігіне қарай абоненттердің өзара орналасуы абоненттер арасындағы өзара байланыстың келесі нұсқалары ұйымдастырылады және әртүрлі топтағы пайдаланушылардың талаптары көрсетілген қызмет түрлеріне қарай болады (2.4-сурет):

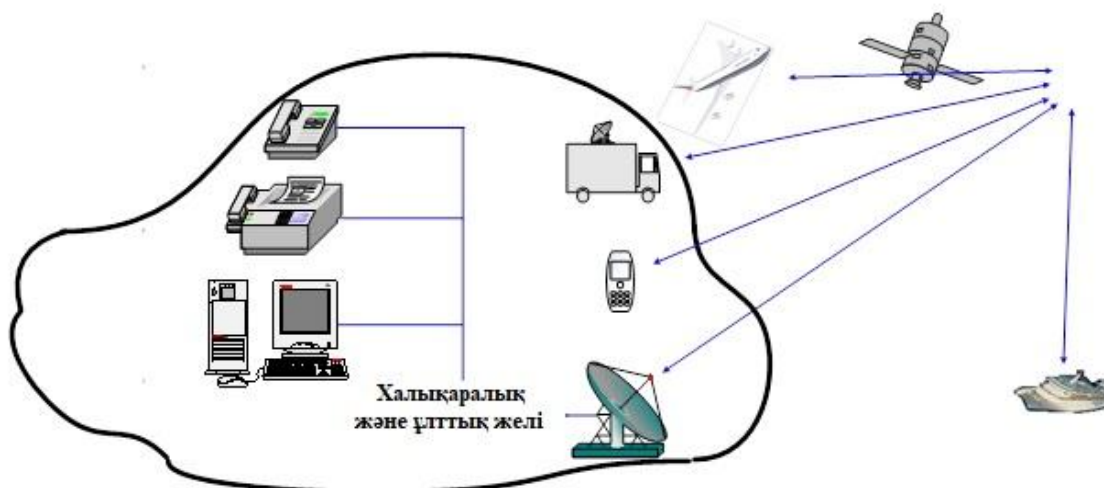
Егер абонент бір спутниктің радио көріну аймағында болса, нақты уақыттағы байланыс. Сөз сигналдарын беруде бөгелу тек сигналдың таралу уақыты мен спутникте хабарламаны өңдеумен анықталады;

- Спутниктердің радио көріну аймағынан орналасқан түйісудің жер станциясы арқылы хабарлама тарату;

- Егер абонент әртүрлі КА радио көріну аймағында болса спутник аралық байланыс;

- Өртүрлі географиялық аймақта орналасқан абоненттер арасында виртуалды арна қалыптастыратын спутник бортына (электронды «почта жәшігі») ақпарат алмастыру.

Үлкен ара қашықтықта орналасқан абоненттер үшін спутник аралық желілер көмегімен жасалған байланыс арнасының ұзындығы сигналдың бөгелуіне әсер ететін жердегі желіге қарағанда әлдеқайда үлкен.



Сурет 2.4 - Спутниктік жүйені пайдаланушылар

Шлюздік станция әрқайсысы диаметрі 3,4 м болатын бағушы параболалық антеннамен жабдықталған төрт бірдей қабылдауды жіберетін кешеннен тұрады. Антеннаның құрылымы сәулелендіретін айна, антенналы-толқын өткізгіш тракт, электр желісі бар тірек бұрылу құрылғысын, дәлдеу мен авто ілесіп жүретін аппаратураларды қамтиды. Антеннаның айнасы алюминий қоспасынан жасалған және сәлелендіргіш ретінде конустық рупор қолданылатын беттік профилі болады. Айна секцияларының саны антеннаның өлшеміне (мысалы, диаметрі 12 м болса, 15 болуы мүмкін) байланысты. Қазіргі кезлегі жоғары токты технологиялар күшейту коэффициенті 60-70 дБ антенналар жасауға мүмкіндік береді.

2.4 Борттық аппаратураның негізгі параметрлері мен құрамын анықтау

Борттық ретрансляторларды байланыс желісінде пайдаланылатын спутниктерде орнатылады. Ретрансляторлар жер станциясынан берілетін сигналдарды қабылдау мен жер станциясына бағыттап Жерге сигналдарды керісінше сигналдарды беруді жүзеге асырады. Әдетте спутниктер – бірнеше қабылдайтын және жіберетін параллельді дінгекті көп функционалдық құрылғы. Спутниктің борттық аппаратурасының құрамына мыналар: қабылдауды

жіберетін антенналық кешендер; қабылдау жіберу құрылғысы, жылы режимін қамтамасыз ететін жүйелер, тұрақтандырулар, мен кеңістіктегі жағдайларды түзету кіреді [12].

Ретранслятордың негізгі параметрлеріне сәулеленудің тиімді қуаты жатады. Ол децибел-ваттпен (дБВт) өрнектеледі және борттық антеннаның күшейту коэффициентіне антеннаға берілген қуаттына тең. Мысалы, күшейту коэффициенті 15,5 дБ, фидердегі шығынды алдып тастағанда 10 дБВт болғанда желісі төмен бағытталған антенналы ретрансляторда тиімді қуат $10+15,5=25,5$ дБВт-ға тең. Егер ретрансляторда бірнеше беру антеннасы немесе көп сәулелі антенна орнатылса, онда тиімді шығарылған сәулені әрбір антенна немесе сәуле үшін анықтайды. Сәулелердің саны ретранслятордың параметрі болып табылады.

Осы және басқа да талаптар қарама-қайшы және қиын орындалады. Минималды масса мен температураның көп төмендеуі мен аппаратураның тұрақты параметрлерін сақтау кезінде қажет болатын ретранслятордың шығыс қуатын іске асыру өте қиын. Осыған байланысты борттық аппаратура жер жағдайында жұмыс істейтін ұқсас аппаратураның құрылысы бойынша ерекшеленеді. Бұл аппаратураның кейбір ерекшеліктері төменде келтірілген [7,9]. Көптеген спутник-ретрансляторларда негізгі қондырғыны аппаратураның қолайлы температуралық режимде, оны ғарыштық сәулеленуден, микрометеордан қорғайтын газды ортада герметикалық бөліктерде орналастырады.

Аппаратураның диэлектрлік бөлшектері ғарыш сәулелерінің құрамына кіретін электрондармен зарядталуі мүмкін. Бұл бөлшектердің арасындағы потенциалдар айырмасы кернеудің ойылуы немесе микрозарядтар артуына алып келеді. Ретранслятор бөлігінің ішіне енетін жоғары энергиялы электрондар бұл бөліктерде диэлектрлік материалдарда зарядтар жиналуына алып келеді. Паразитті сигналдар аппараттың ішіне еніп сыртқы қорғаныс құрылғысын әлсіретеді.

Герметизацияланған бөлікте аппаратураның негізгі бөлігі орналасады, ол жыл режимін қамтамасыз ететін құрылғының көмегімен берілген температуралық режимді қолдайды. Мұндай жүйе ғарыш кеңістігінде табиғи конвекция болмағанда қажет. Температураның төмендеуі $+60^0$ -ден -150^0 -қа дейін болады. Конвекция болмағандықтан, сәулелену арқылы жылу алмасады.

Ретрансляторға арнайы қоректендіру жүйесі мыналар тән: күн батареясы немесе жердің көлеңкесінде спутникті табу кезінде аккумуляторлар. Басқа да перспективалық қоректендіру көздері жасалып жатыр.

2.5 Борттық ретранслятордың құрылымдық схемасын әзірлеу

Борттық ретранслятор өзінің атқаратын міндеті мен орындайтын функциялары бойынша үш топқа бөлінеді [7,12]:

- тұнық;
- қалпына түсіретін (регенерация);
- құрама.

Тұнық ретрансляторлар кіріс және шығыс сигналдарды бортта өндемей-ақ қабылдап, түрлендіре беруге көмектеседі. Сонымен бірге құрамына бір немесе бірнеше процессор немесе арналарды коммутациялау үшін жиілігі жоғары толық қолжетімді матрица кіретін ретрансляторлар да тұнық деп аталыды, сондықтан қазіргі кезде тұнық және қалпына түсіретін ретрансляторлардың арасындағы шекараны анықтау қиын.

Регенеративті ретрансляторлар бортта сигналдарды өңдейтін ретрансляторлар (ОБР, On Board Processing) сияқты анықталады және демодуляцияға негізделген, яғни бір жиілікте сигнал қабылдағанда қайталанған демодуляцияда жаңа негізгі жиілікте болады. Мұндай ретрансляторларды пайдалану бір уақытта арналарды икемді қалыптастыру мен әртүрлі хаттамаларды пайдалана отырып, терминалдарды жалғауға мүмкіндік береді.

Құрама ретрансляторларда өңдеу тек белгілі сигналдарды (барлық арналардың қандай-да бір бөлігін) мысалы, басқа негізгі жиіліктегі сәйкес шынжырды өңдеуді орындайды.

Кең жолақты және тар жолақты сигналдарды (Intelsat, Eutelsat, Inmarsat және басқа) беру үшін қолданылатын борттық ретрансляторлар байланысты (bent pipe - «тура ойық») ұйымдастырғанда сигналдарды өндемейтін таралған қарапайым әрі дәстүрлі схемада жасайды. Әрбір ретрансляторда бір немесе әртүрлі антенналарға жалғанған қабылдайтын және жіберетін аппаратураның бірнеше жиынтығы орнатылған. Жеке қабылдап жіберетін спутниктік байланыс арналары дінгек немесе транспондер (transponder) деп аталады. Қазіргі кезде геостационарлық ғарыштық байланыс кешендерінде дінгектің саны 50ден асады, олар ретранслятордың өткізгіштік қабілетін жоғарылатуды іске асырады. Тұнық ретранслятордың басты ерекшелігі аралық жиілікте сигналдарды топтық түрлендіру демодуляция мен арналарды сүзгілеуден өткізбей жүзеге асыратындықтан аппараттық іске асыру қарапайымдығы болып табылады. Кемшілігі бірнеше жердегі станциялармен жұмыс кезінде кең жолақты жиілікте әлсіз сигналды күштірек ететін сызықты емес әсер туындататын, сонымен бірге паразитті амплитудалық модуляцияны фазалыққа түрлендіргеннен болатын интермодуляциялық бөгеттер болады.

Бұл әсерді болдырмау үшін тұнық ретрансляторларда квазисызықты режимде жұмыс істейтін таратқыштарды қолданады. Жұмыс жолағында бір күшті «бөгет болатын» сигнал пайда болғанда ретрансляциялық дінгек қабылдамауы мүмкін.

Бір арналы процессоры бар ретрансляторда қабылдаған сигнал қабылдағыштың шығысында әрқайсысында сигналдарды тұнық түрлендіруді жүзеге асыратын N арналарға бөлінеді. Бұл шешімнің артықшылықтарының бірі- бар болатын тұнық ретрансляторды құрамаға дейін жаңарту да сигналдары өңделген арналар әдеттегі ретрансляциялық дінгекке «орнатылады». Әртүрлі жылдамдықта жіберетін арналарды, әртүрлі кодтау алгоритмдерін пайдалануы

мүмкін ретрансляторлардың көрсетілген түрі ACES және ICO жүйесінде іске асырылған. Нақты емес уақытта ақпаратты өңдеу ретрансляторлары аймақтық станциядан қашықта қалған үшін (мысалы, теңіздегі кемелің бортында) пайдаланушылар үшін little LEO типіндегі спутниктік жүйелер пайдаланылады, басқа абоненттермен ғарыштық электронды «пошта жәшігі» арқылы байланыс жасалады. Электронды «пошта жәшігі» режиміндегі байланыс келесі түрде жүргізіледі. Абонент өз хабарламасын радио көріну аймағында бір спутник болса да пайда болған кезде ұйымдастырылады. Спутник хабарламаны қабылдап, оны борттық есте сақтау құрылғысына («пошта жәшігіне») жазып алады. Ақпарат қажетті аймаққа жеткенде жеткізушіге жөнелтіледі. Тасымалдау хаттамалары жеткізу мен спутниктердің саны, пакеттерді тасымалдау кезінде әрекет еткен жер станцияларының түйісуін қамтамасыз етеді.

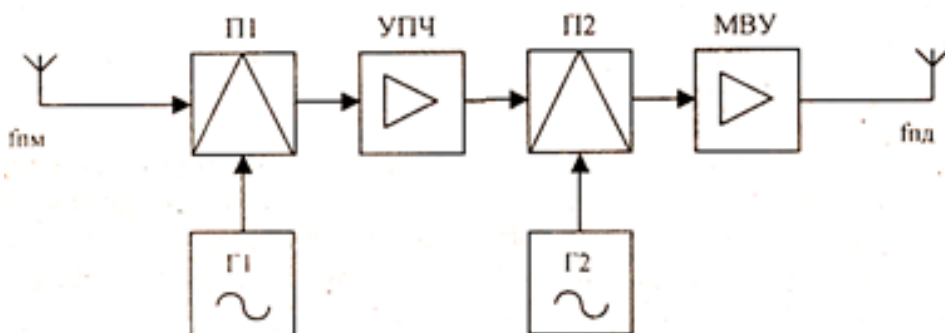
Ретрансляторлардың мұндай түрі мәліметтер берудің («Гонец», «Orbcomm», «Cospas-Sarsat» және басқа) спутниктік жүйелерінде пайдаланылады. Спутник бортында ақпарат тасымалдауды жүзеге асыратын жүйеден байланыс үздіксіздігі емес, ал хабарламаны жеткізу сенімділігі талап етіледі, сондықтан олардың орбитальды топтары бірнеше спутниктерден тұруы мүмкін:

Борттық ретрансляторлар былай бөлінеді:

- гетеродинді
- жиілікті бір рет түрлендіру;
- радиосигналдардың демодуляциясы.

Гетеродинді ретрансляторлар тәжірибеде кеңінен пайдаланылады. Мұндай ретранслятордың дінгегінің схемасы 2.5-суретте келтірілген. Мұндағы $f_{пм}$ и $f_{пд}$ -қабылдау және беру жиілігі, АШК - аз шулы күшейткіш, T1 және T2 – жиілікті түрлендіргіштер, АЖК-аралық жиілікті күшейткіш, П және Г2-гетеродиндер, (ӨЖЖ) өте жоғары жиіліктегі ҚШК-қуатты шығыс күшейткіш. ҚШК қума толқындар лампасында (ҚТЛ) - кейде клистронда жиналады.

Ретранслятордың құрылымдық схемасы қабылдау мен жіберуге арналған антенналарды жалпы пайдалануға мысал болатын схемасы 3-көрсету парағында келтірілген.

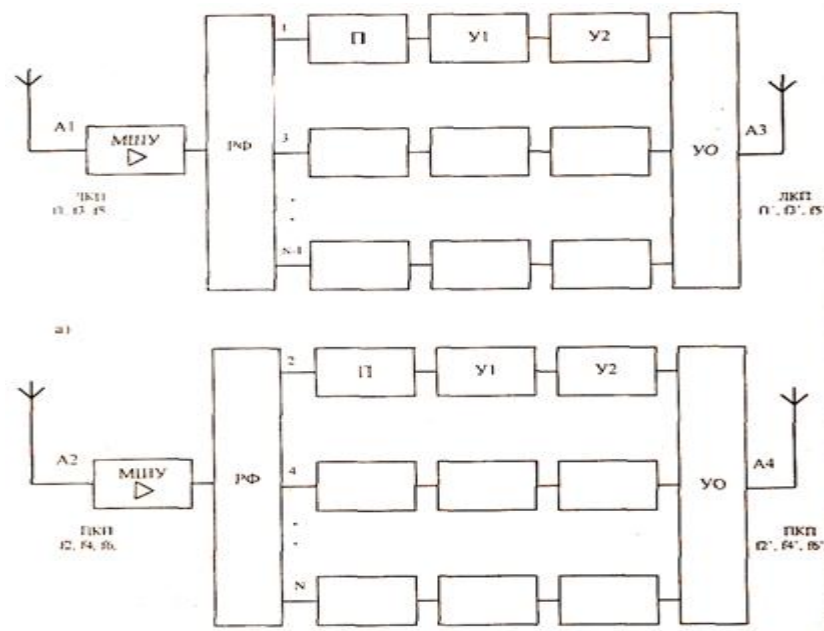


Сурет 2.5 - ретранслятор дінгегінің қарапайым схемасы

Мұндағы АЖК1 мен АЖК2 - аралық жиіліктік күшейткіштер, АШ-амплитудалық шектеуіштер, ЖС-жолақты сүзгілер. Қабылдау және жіберу трактілері полярлық селектор мен С1 және С2 сүзгілер көмегімен шешіледі. Қабылдау мен жіберу трактілерінде жиілікті түрлендіру жеке Г1 және Г2 гетеродиндер көмегімен жүзеге асырылады. Гетеродиндер жиілігінің айырмасы жиіліктің ығысуы шамасына тең. Таратқыштың жалпы шығыс күшейткіштерін (ЖК) пайдалану осындай құрылымның жеткіліксіздігін құрайтын $(m f_{пд1} + n f_{пд2})$ түріндегі орташа жиіліктердің құрамдас бөлігінің ЖК шығысында пайда болады. Суретте АК-алдын-ала күшейткіш, ФВ-ферровитті вентиль.

$$f_{пд} = f_{пм} \pm f_{ығысу} \quad (2.1)$$

Бұл кезде аралық жиілік жолының қатысы болмайды, әрбір дінгекте гетерогенді ретранслятордағы сияқты екі емес, тек бір ғана жиілік жүзеге асырылады (8.8-сурет). $f_{ығысу}$ ығысу жиілігінің мәні осы радио байланысына желісінде қолданылған жиілік жолағына байланысты. Кең таралған жағдайда $f_{пм} = 6$ ГГц, $f_{пд} = 4$ ГГц, $f_{ығысу} = 2$ ГГц болады. Басқа желілерде $f_{ығысу}$ радио байланыстар басқаша, мысалы 750 МГц болуы мүмкін. Жиілікті түрлендіргіш пен жолдар арасында күшейтуді тарату арқылы осындай трансляторлардың тұрақты режимін алуға болады. Жиілікті бір рет түрлендіретін және жоғары және төмен желілерде бір сәулелі антеннасы бар көп дінгекті борттық трансляторлардың құрылымдық схемасын қарастырамыз. Екі қабылдағыш антенналардың біреуі А1 сол жақ шеңберлі поляризациялы СШП (2.6. а сурет), тақ дінгекті сигналдарды, ал А2 – оң жақ шеңберлі поляризациялы ОШП (2.6. б сурет) жұп дінгекті сигналдарды қабылдайды. Бұл көршілес дінгектерде сигналдарды жиілік бойынша бөлуді қарапайым жасайды.



Сурет 2.6 - Жиілікті бір рет түрлендіру мен жоғары және төмен желілерде бір сәулелі антенналы көп дінгекті борттық ретранслятордың құрылымдық схемасы

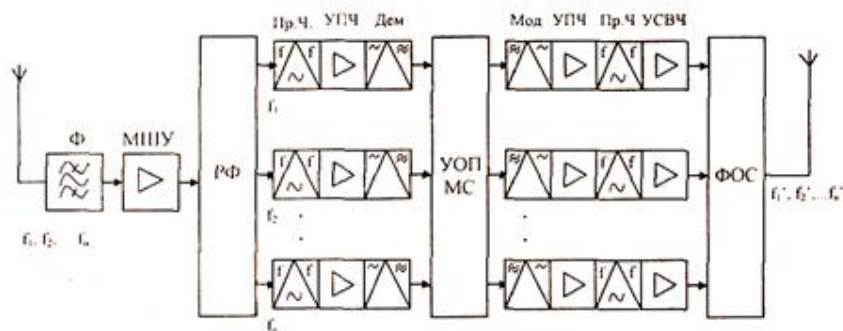
Әрі қарай әрбір дінгектің сигналдары Т түрлендіргіштердегі жиілік бойынша ығысады және ҚТЛ-дағы К1 және К2 алдын-ала және соңғы күшейткіштермен жүргізіледі, біріктіру құрылғысында БҚ жалғанады және сәйкесінше А3 және А4 жіберетін антенналарына келіп түседі.

Сигналдар демодуляциясымен борттық трансляторлар бортта келесі себептермен орындалады:

- бортта жер станциясына жөнелту алдында көп арналы хабарламаны қайта жасау мен бөлу қажеттігі;
- жоғары қарай желімен салыстырғанда төмендегі желілер модуляцияның тереңдігі немесе түрін өзгерткен жөн;
- ретрансляторда жер станциясынан берілген сандық сигналдар регенерациясы жүзеге асырылады.

Сигналдар демодуляциясымен ретрансляторлар құрылымына баға бергенде спутникті ұшырған соң модуляция түрін өзгерту мүмкін болмайды.

Алайда осындай желілер демодуляциясыз ретрансляторларға тән әмбебаптықтан айырылады. Осындай нұсқалардың құрылымдық схемасы 2.7-суретте келтірілген [7,9].



Сурет 2.7 - Бортта сигналдар демодуляциясымен борттық ретранслятордың құрылымдық схемасы

С сүзгілеу мен ҚШК қабылданған сигналдарының күшейткіштері, тізбектерге бөлу, аралық жиіліктерді сигналдарға түрлендіру мен

Өзекті мәселелердің бірі ретрансляторларды энергиямен қамтамасыз ету болып табылады. Борттық станцияларды энергиямен қамтамасыз ету электр энергиясын алу мен оны тарату, алғашқы көздер жұмыс жасамаған кезде сақтауды қамтамасыз етеді. Борттық аппаратураны электр энергиясымен жабдықтаудың негізгі құралы жартылай өткізгіш фотоэлементтер болып табылады. Күн батареясының типтік қуатының аудан бірлігі 10-нан 110 Вт/м², ең жақсы үлгіде 15% (шегі -25%), күн батареясының жарамдылық мерзімі метеорлық эрозиямен шектеледі. Қуаттың төмендеуі жылына орта есеппен 8%

батарея салмағының оның ауданына қатынасы $3...13.5 \text{ кг/м}^2$ -ты құрайды. Әрбір фотоэлемент $0,3...0,4 \text{ В ЭДС}$ -ны құрайды. Батареяларды спутниктің корпусына немесе арнайы лақтыратын панельге бекітеді [12].

Күн батареясынан $P_{кб}$ тұтынылатын қуат қондырғыны қоректендіру үшін қажетті максималды қуат пен аккумуляторды зарядтауға қажетті қуатпен есептеледі. $P_{кб}$ қуатын қамтамасыз ету үшін батарея бетінің ауданы $P_{кб}/P_0$ қатынасына тең болуы керек, мұндағы P_0 – құлаған күн радиациясының оның жарамдылық мерзімінің соңына қарай жасалған батареяның үлестік салмағы. Батареяның үлестік салмағы оның Күнге қатысты бағдарлау дәлдігіне байланысты. Ауданы 1м^2 батарея қалыпты жағдайда 140 Вт түрлендіре алады. Әдетте $P_0 = 70...100 \text{ Вт/м}^2$ болады.

Қазіргі кезде спутниктік байланыс жүйелері қашықтан байланысудың үнегізгі түрінің бірі. Бір бірінен бірнеше мыңдаған шақырым қашықтықта орналасқан жер пункттерінің арасындағы байланыс белсенді немесе белсенді емес ретранслятор ретінде пайдаланылатын ЖҚК көмегімен сантиметрлік толқындарда жүзеге асырылады. Сантиметрлік және дециметрлік толқындарда Жерден жүздеген миллион қашықтықта ғарыш корабльдерімен байланыс жасалады. Спутниктік жүйенің өткізгіштік қабілетін арттыру үшін бұрын пайдаланылған $4/6 \text{ ГГц}$ жиіліктік диапазонынан бүгінгі күнде $11/14$, $12/18$ и $20/30 \text{ ГГц}$ жаңа диапазондар меңгерілген.

Борттық көп сәулелі антенналар ретінде айналы, линзалық және фазаландырылған антенналық торлар (ФАТ) қолданылады. айналы көп сәулелі антенналардың негізгі ерекшелігі құнының арзандығы, сәулелендіргіш жүйесінің ыңғайлылығы, салмағының аздығы, құрылымының қарапайымдығы болып табылады. Антенналар полярлану бойынша (35 дБ -ден аз емес) жоғары шешімге ие болған.

Спутниктік байланыс жүйелерінің антенналарын дамыту облысының негізгі бағыттары мыналар:

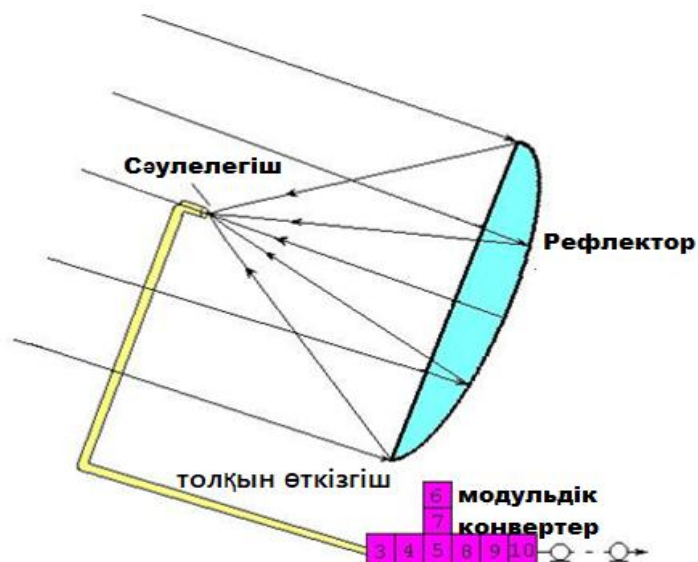
- көп сәулелі борттық антенналарды пайдалану мен олардың өлшемін (болашақта үлкен көп сәулелі антенналар ірі габаритті орбитальды конструкцияларда жасалуы мүмкін);
- күшейту коэффициентін (шамамен 55 дБ -ге дейін) арттыру;
- өрістің кроссполярлану мен бүйірлі желектің деңгейі төмендейді;
- бейімделген антеннаны пайдалану
- жер станциясы антенналарының құны мен өлшемдерін азайту;
- электронды сканерлеуді пайдалану.

Спутниктік телевидениені қабылдау үшін әртүрлі конструкциялы антенналарды пайдаланады. Олардың ішінен кең таралғаны металл қабат түрінде рефлекторлы диполь торларынан, яғни фазаланған антенналық тордан жасалған планарлық (тегіс) антенналар. Диполь арқылы ұсталған сигналдарды қосады және конвертердің кірісіне келіп түседі. Фаза айналдыру арқылы әрбір дипольмен қабылданған сигналдың амплитудасы мен фазасын реттей отырып, жылжымайтын сияқты, өзгертін қабылдап-сканерлейтін бағыттың қосынды диаграммасын жасауға болады. Байқау жүйесін пайдалану арқылы инерциясыз

лезде электронды сканерлеу осындай антенналарды жылжымалы объектілерде (тікұшақта, ракеталарда немесе стационарлы емес спутниктерде) орнатуға мүмкіндік береді.

Әдетте өрістің шеңберлі поляризациялық антенналары қолданылады. шағын елді мекендерде қызмет көрсететін телевизиялық хабар тарату станциялары үшін бір айналы антенналар болады. Айналы антенналарға электромагниттік толқынның шағылуының алғашқы көздері - сол және басқа пішіндегі металл айналардың шағылысуы болып табылады. Қарапайым жағдайда айна үлкен өлшемді тегіс металл пластиналардан жасалады. Мұндай пластина сәулелену қалыпты жағдайдан айна бетінің бағытымен өтетін рефлектордың ролын атқарады. Екі жақты тік бұрыш жасайтын екі тегіс металл пластинасы түріндегі айна күрделі болып табылады. симметриялық вибраторды көрсететін сәулелендіргішпен бірге мұндай айналар бұрыштық антенналарды құрайды. Вибратор айнаның қабырғасына параллель пластиналардан жасалған екі жақты бұрыштың биссектрисасының жазықтығына орнатылады. Айналу параболоидты түріндегі айналы антенналар бағытталған қасиеттерге ие болады. Мұндай антенналар ине тәрізді бағыттылық диаграммасы деп аталатын екі жазықтықтағы тар бағыттылық диаграммасына ие болады. Бағыттылық диаграммасы бір жазықтықта тар, екіншісінде бірінші жазықтыққа перпендикуляр болса, онда айна ретінде айналуының қиылған параболоидын пайдалануға болады. Бірақ мұндай антенналарда біреуінде бағыттылық диаграммасының ені үлкен айрмашылықпен, басты жазықтықта басқаша болатын диаграмма алу қиын болады. сондықтан бағыттылықтың "веерлік" диаграммасын алу үшін сызықты сәулелегішті параболоидті цилиндр түріндегі айнаны пайдаланады.

Параболоидты антенналардың сәулелегіш айналары ретінде бір бағыттағы сәулелендіруге (айна жағына) ие болатын әлсіз бағытталған антенналарды қолданады. Сәулелегіштің фазалық орталығы айнаның фокусына қарай ығысады. Мұндай антенналар ретінде, дюралюминийлі түтіктен шеңберлі толқын өткізгішпен жабдықталған осьтік симметриялық параболалық рефлекторды пайдаланған ыңғайлы. 11 және 12 ГГц диапазондары үшін конвертер (араластырғыш, гетеродин және ҚШК) радиолокациялық және басқа да үш сантиметрлі диапазондағы ӨЖЖ құрылғыларда кеңінен пайдаланылатын стандарты тік бұрышты толқындардың қысқа кесінділерінің модульдер түрінде орындауға болады. Мұндай конвертерді антеннаның шеңберлі толқынына қосылу үшін шеңберлі толқын өткізгіштен тік бұрыштыға жатық ауысатын модульді жалғастырғыш қажет (2.8-сурет) [4]. Спутниктік телевидениенің хабар таратуы көлденең және тік радиотолқындар поляризациясымен жасалады. Сол немесе басқа поляризациямен қабылдау жалғастырғыш тетік модулінің бұрылуымен және параболалық рефлектордың артқы бетінде шеңберлі толқын өткізгіштің соңында және конвертердің барлық жерінде қамтамасыз етіледі.



Сурет 2.8 - Осьтік симметриялы параболалық антенна

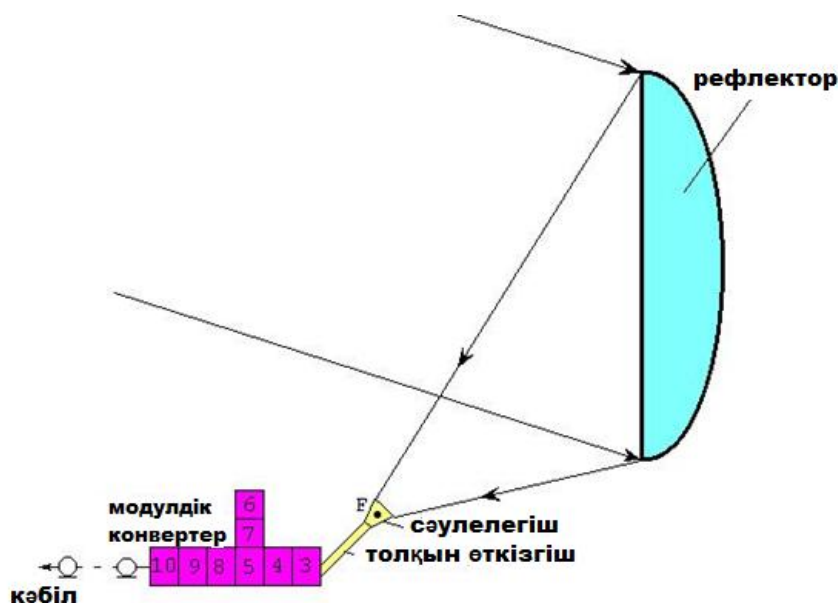
Қазіргі кезде шағын конвертер тікелей параболалық рефлектордың фокусында орналасатын шағын конвертердің конструкциясы кеңінен таралды. Алайда рефлекторға бірнеше жеке модульден тұратын конвертерді орналастырғанда бұл модульдерді шағын емес модульді конвертерді параболалық рефлектордың жұмыс істейтін бетін қолмен немесе дененің бөлігімен көлеңкелемей тәжірибе жүргізу керек. Мұндай конструкцияда шеңберлі толқын өткізгіштің қысқа кесіндісіндегі қабылданған сигнал энергиясының шығыны аз және оны елемеуге де болады.

Конвертер параболалық рефлектордың фокусында орналасатын сәулелегіш пен конвертер арасында толқын өткізетін конструкциялардағы сияқты сәулелегіш пен толқын өткізгіш пен рефлектор арасында максималды келісімге қол жеткізу керек. Толқын өткізгіш осы тізбекте кума толқын режимінде болады. Осыған мақсатта параболалық антенналар параболалық рефлекторлар мен толқын өткізгіштің немесе конвертердің кірісінде сәйкес рупорлық сәулелегіштер болады. Алайда мұндай сәулелегіштер ұзын фокусты рефлекторларда антеннаның конструкциясы үлкен болатын және сәулелегіштерді рефлектордан ажыратуда пайдаланылады.

Сәулелегіш рефлектордың бетіне жақын орналасады, бірақ бұл кезде тар бағыттылық рупорлы диаграммасының орнына бағыттылықтың кең диаграммалы толқын өткізгішінің ұшы ашық түріндегі сәулелегіш қысқа фокусты рефлекторлы антеннаны қолдану дұрыс болады. Дөңгелек толқын өткізу негізіндегі сәулелегішті пайдалану кез-келген поляризацияның радио толқындарының энергиясын рефлектордан жинайды. Алайда тік бұрышты толқын өткізгіштің кесіндісі негізінде дөңгелек толқын өткізгіштің (дөңгелек сәулелегіш) конвертерге кірісінде дұрыс болмаған келісімде қосымша шағылысулар мен тұратын толқындар пайда болады. Модульді конвертердің кіріс тізбегінде энергия шығынын азайту үшін өзгертін ұзындықтағы дөңгелек толқын өткізгіш кесіндісін көрсететін кедергінің трансформатор-модулі

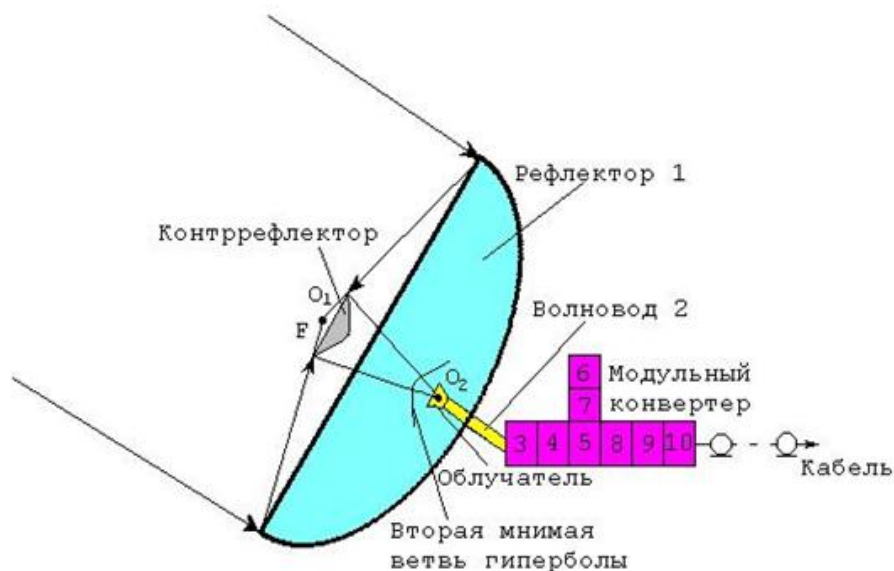
түріндегі құрылғыны пайдалануға болады (3.4-сурет) [3]. Бұл модульдің ұзындығын өзгерте отырып, осы тізбектегі пайдалы сигналдың шығынын азайтуға бағыттап конвертер кірісінде келісімге қол жеткізуге болады.

Параболалық осьтік симметриялы емес антенналарда шығарылған сәулелену мен конвертер рефлекторға түскен сигналдың қабылдаған қуат ағынынан рефлекторға түсетін жақта орналасады (2.9-сурет).



Сурет 2.9 - Осьтік симметриялы емес параболалық рефлектор

Осьтік симметриялы емес сәуле шығаратын (Offset Antenne) антенналардың рефлектордың орналасуы Жер бетіне тік бағытта жатуы оған атмосфералық жауын-шашынның (жаңбыр, қар, бұршақ және басқалар) түсуін азайтуға көмектеседі. Оңтүстікке қарағанда мұндай жауын-шашын жиі түсетін солтүстік ендікте өте маңызды. Қысқа фокусты параболалық рефлектордың бетінен қабылданған сигнал энергиясын толығымен жинау бір сәулеленумен жүргізілмейді. Мұнда қосымша гиперболалық айнаны (контррефлектор) қолдануға болады. Мұндай екі айналы антеннада (2.10-сурет) сәулелегіш өзі гиперболалық рефлектордан энергия жинайды.



Сурет 2.10 - Гиперболалық рефлекторы бар екі айналы антенна

Контррефлектор, мұнда рефлекторды бетін пайдалану коэффициенті (0,6 ... 0,7) одан энергияны жинағанда тиімді болатындықтан, оған түсетін сәулелерден көлеңке жасайды. Контррефлектордан энергия аз ашу бұрышты рупорлы сәулелгішпен жиналады. Мұндай екі кезенді энергия жинау негізгі рефлектормен сәулелегішті толық үйлестіреді. Конвертер кірісінде шағылған контррефлектордің орталығына түскен толқындар бос кеңістікке кетпейді, сондықтан тұратын толқындардың деңгейі артады.

Гиперболалық контррефлекторлы екі айналы антенна, мұндай қашықтағы аспан жарығынан, жарық сәулелерінің энергиясын жинау жүйесін, яғни телескоп ретінде 1672 жылы қолданылған Кассегреннің атымен атады. Бұрын 1663 жылы Грегори негізгі параболалық рефлекторлы және эллипсоидальық контррефлекторлы телескоптың екі айналы нұсқасын ұсынды. Грегори схемасы бойынша Кассегрен схемасындағы антеннаға қарағанда, контррефлектордың орындауын жоғары дәлдігін талап ететін ұзын фокусты екі айналы антенналарда ғана жасалады.

2.6 GPS және INMARSAT заманауи байланыс жүйесінің негізінде автоматтандырылған бақылау және ақпараттық жабдықтау жүйесін жасау

Бүгінгі күнде өзекті мәселелердің бірі халықаралық және қалааралық, елді мекендерде тасымалдау кезінде автокөлікпен ақпараттық жабдықтау мен бақылау жүйесін жасау болып табылады. осы кездерде әртүрлі жобалар жасалуда. Бұл дипломдық жобада «СКАТ» деп аталатын автокөлікте бақылау жүйесін жасаумен байланысты жоба ұсынылады.

Жүйенің мақсаты ҚР территориясының барлық жеріне таралған (дискретті және үздіксіз) бақыланатын кеңістік жасау мен республика аумағында тасымалдау құралдарын тиімді басқару үшін бақыланатын кеңістікте бақылау нысаны ретінде тасымалдау құралдарын қосу болып табылады. мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді жүзеге асыру қажет:

- елді мекендерде, халықаралық және қала аралық тасымалдау кезінде автокөлік қозғалысының қауіпсіздігін арттыру мен ұйымдарды жетілдіру;
- тасымалдау құралдарын (тонау мен айдап әкету) заңсыз пайдалануды болдырмау мен олардың түгелдігін қамтамасыз ету;
- транспорттық заңдылық пен жол жүру Ережесін сақтауды бақылау; ірі қалаларда жолаушылар тасымалын диспетчерлендіру;
- автомобиль жолдарын оңтайлы әрі тиімді пайдалану;
- ақпараттық қызмет көрсетушілерге авто көлікпен тасымалдау және көлік құралдарын сақтауды қамтамасыз ету.

Бұл жоба ақпараттық қамтамасыз ету мен бақылау жүйесінің келесі типтерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді:

Халықаралық және қалааралық тасымалдау кезінде көлік құралдарының қозғалысын ақпараттық қамтамасыз ету мен бақылау жүйелері.

Қазақстанның қалалары мен елді мекендерінде автокөлік құралдарын есепке алу мен бақылау жүйесі;

- жолаушыларды тасымалдау кезінде (автобус, маршрутты такси және т.б.) автокөліктерді бақылау жүйесі;
- айдап әкетілген автомобильдерді ұстау мен жедел іздестіру, табу жүйелері;
- арнайы көлікті бақылау жүйесі;
- көлік тұрақтары мен қолма-қол ақшасыз төлем жасауды ақпараттық бақылау жүйесі.

«СКАТ» жүйесі қолдануда мол тәжірибеге ие болған жәннен келесі жұмыстарды жүзеге асыруға арналған:

- Көлік құралдарын тонау мен айдап әкетуде заңсыз пайдалануды анықтау және оған жол бермеу;
- Қала жолдарында апаттар мен күтпеген жағдайлар туралы сәйкес қызмет көрсетушілерге хабарлау мен ақпарат алу;
- Қала мен оның маңындағы аймақтардағы жолдарда көлік құралдарының қозғалысын есепке алу және автоматты түрде бақылау;
- Нақты жүргізушілердің әрекеттерінде көліктегі операцияларға лицензиялық шектеулердің сәйкестігіне қашықтан бақылау жасау;
- Техникалық тексеруді уақытында жүргізу мен көлік құралдарын тіркеу, көлік иесінің міндетті сақтандыру, азаматтық-құқықтық жауапкершілігі және басқа да жағдайларда ЖЖЕ талаптарын бұзу фактілерін қашықтан анықтау;
- Көлік құралдарын жүргізушілерді ауа-райы мен сапар барысының жағдайы, жолдағы желілер туралы жедел ақпаратпен қамтамасыз ету;

- Халықаралық және қала аралық тасымалдау кезінде көлік құралдары мен жүктердің жағдайы мен орны туралы жүкті жөнелтушілер мен алушыларға жедел ақпарат беру;

- Көлік құралдарының қозғалысы жайлы кеме тасымалы фирмаларына оларды тіра және кері бағытта рационалды тиеуді, тоқтап тұруды азайту, көлік операцияларының тиімділігін арттыруды жоспарлау мен көлік-экспедиторлық ақпарат беру;

- Қазақстан Республикасының Мемлекеттік Автомобильді және Көлік инспекциясының қызметінің қызығушылығын қамтамасыз ету;

- ҚР Мемлекеттік кеден комитетіне көлік құралдарының қозғалысы, жүкті жеткізу мерзімі мен кеден қызметінің алдында тұрған тапсырмаларды, тиімді шешу үшін басқа қажетті ақпараттар туралы «СКАТ» автомобильді көлік құралдарының (КҚ) нақты уақыт аумағындағы жағдайы мен орны жайлы мәлімет береді, оны жедел-диспетчерлік қызметтің бейнелі терминалының электронды картасында көрсетеді және жолаушылар мен жүк тасымалдауда көлік операцияларын басқару бойынша шешім қабылдауға мәліметтер дайындайды.

Құрастыру кезінде жүйенің әртүрлі құрылымы қарастырылды:

- халықаралық тасымалдауды ұйымдастыру кезінде;

- ішкі тасымалдауды (ҚР территориясы бойынша) ұйымдастыруда;

- көлік құралдарының жекелеген түрлері, сонымен бірге айдап әкетуге қарсы жүйені басқаруда.

СБЖ-ны ұйымдастыру қарастырылған дипломдық жобаның тақырыбында GPS және INMARSAT ғарыштық жүйесінің базасында басқару және бақылау жүйесінде халықаралық тасымалдауды ұйымдастыру тәжірибеде қолданылады.

Тек қана спутниктік байланыс жүйесіне негізделген құрылымдардың бірі халықаралық және қалааралық тасымалдау кезінде пайдаланылады. Оның негізгі элементі "Инмарсат", «Глобалстар», «Thuraya» типтегі спутниктік байланыс жүйелері құрайтын көлік құралдары мен жүктердің қозғалысын бақылау (4-көрсету парағы) үшін Ақпараттық-диспетчерлік орталық (АДО) болып табылады.

Бақыланатын кеңістік Европа, Азия мен Африка елдерін қамтиды. Жүйедегі ақпарат бақыланатын нысаннан спутниктік байланыс арнасы арқылы диспетчерлік орталыққа жіберіледі. Осы байланыс арналары арқылы диспетчерлік орталық пен көлік құралдарының экипажы арасында ақпарат алмасуды жүзеге асырады.

КҚ Қазақстан Республикасының территориясына шыққанда кедендік пунктте алғаш тіркелуден өтеді және пластикалық картаға рұқсат беретін электронды көшірмені (немесе SIM-картаны) және КҚ бағыты көрсетілетін және міндетті тіркеу орны (МТО), сонымен қатар соңғы пунктке жету уақыты көрсетілген бағыт парағын бірдей ала отырып, деректер қорына енгізіледі.

Осыдан кейін, жүргізуші бағыт парағы бойынша қозғалыс графигін сақтай отырып, сол бағытта барлық МТО-да белгіленуі тиіс.

МТО-ға тіркелу кезінде жүргізуші оған берілген пластикалық картаны (немесе SIM-картаны) пайдаланады. Бұл кезде картадағы мәліметтер есте сақталып, оқылады. Картаға тіркелген орны мен уақыты да жазылады. Соңғы аялдамаға келгенде жүргізуші кеден органдарына барлық ақпарат бар пластикалық картаны көрсетеді. Пластикалық картаны тексерген соң, жүргізушіден алынып оған кепіл қайтарылады.

МТО-дағы және кеден пункттеріндегі барлық ақпарат тәулігіне 1-2 рет орталық диспетчерлік пунктке (ОДП) жіберіледі. Егер қандай-да бір ақпарат нормаға сай келмесе немесе басқа да тәртіп бұзу болса, онда КҚ-ның номері, соңғы тіркелген орны мен уақыты көрсетілген мәлімет хабарланады.

Содан кейін халықаралық тасымалдау бойынша қосымша міндеттер шешіледі:

- статистикалық;

Қазақстан бойынша және жеке бағыттардағы өткен көлік құралдарының есебі алынады;

Бір кварталдағы, жылдағы немесе басқа да уақыттағы көлік құралдарының саны есептеледі;

- базылаушы;

Көлік құралдарының орнын соңғы, яғни ірі елді мекенге дейін тіркелген жерін дәл анықтау;

Бағыттың өту дәлдігін (яғни Қазақстаннан шыққанда кеден орындары толық бағыт парағын: әрбір елді мекеннің бағыты бойынша «елді мекен - жылы, айы - уақыты» алады) қадағалау;

«СКАТ» жүйесін жасағанда келесі шектеулерді ескеру қажет:

- ҚР-дың барлық жолдары бірыңғай бақыланатын кеңістік құрайды;

- Типіне, түріне қарамастан барлық автокөлік құралдары борттық қондырғылармен жабдықталған, олар бақылау нысандары болып табылады;

- Жүйені жасау жолдарда автокөлік құралдарының қозғалысын автоматтандырылған қашықтан бақылау процесін көрсетеді;

- Ақпараттық технологиялар мен технологиялық базалардың заманауи шешім деңгейін есепке алуы, перспективті талаптарға сәйкес болуы, жетілдіру мүмкіндігін қамтамасыз етуі және жүйені дамытуға тиіс.

- Жүйенің техникалық құралдары халықаралық стандарттарға сәйкес болуы керек және олардың техникалық қызмет көрсету мүмкіндігі мен радиоэлектронды бағыттағы отандық кәсіпорындарда жөндеуді қамтамасыз етуі тиіс.

- Жүйені іске асырғанда бар телекоммуникациялар максималды пайдаланылуы керек;

- Ақпарат ағынының кіріс нүктелері ақпараттық-диспетчерлік орталық пен пайдаланушылардың диспетчерлік орталығы.

Осылайша, бұл өңдеу қашықтан басқаруға, есепке алуға және автокөлік құралдарын басқару мен Қазақстан Республикасы мен оның шекарасынан тыс пайдаланушылардың барлық категориясына көлік құралдарының әртүрінің жағдайы мен қозғалысы туралы қажетті ақпаратты алуға мүмкіндік береді. бұл

жүйе кешенді қызмет көрсетеді және жүйені пайдаланушылары төмендегі мүмкіндіктерге қол жеткізеді:

- Қазақстандық және шет елдік автомобильды жүк тасымалдау;
- Қазақстандық және шет елдік көлік-экспедиторлық фирмалар мен сақтандыру компаниялары;
- Мемлкеттік және жергілікті автокөлікпен тасымалдау қауіпсіздігін қамтамасыз ету және басқару органдары
- Жеке меншік автомобиль көлігінің иесі.

3. Есептеу бөлімі

3.1 Спутниктік байланыс желілерінің энергетикалық есептеуі

Дербес байланыстың спутниктік жүйесінің құрылымын анықтаудың негізгі міндеті желіні дамытуды жоспарлау кезінде негізделген шешім қабылдау болып табылады. осыған сәйкес, арнайы өзі жүретін жылжымалы құрам (АӨЖҚ) (ССПС) ұйымы құрылымының ұсынылған нұсқасының негізі бойынша қарау керек.

Бүгінгі күнде мұндай мәселелерді шешу тәсілдері дамыған және әдістемелік өңделген. Шешім жасауға байланысты ұйымдастыру талаптары мен шектеулерді қанағаттандыратын техникалық және сапа көрсеткіштері бойынша альтернативті нұсқалар жиынының тиімді болатынын анықтауда болады.

Мұндай міндеттерді шешу үшін байланысты ұйымдастыру бойынша есептеу әдістемесін пайдаланады.

Қарастырылып отырған есепті шешуде бастапқы деректер ретінде келесі параметрлер көрсетілуі тиіс [4,5]:

- тағайындау (тип): өңдеуі бар режимде СБ түйіндік желілер; УСт. — 1; ОкСт. - 4;

- сызықтың ұзындығы (географиялық аудан):

$$PC \beta_{PC}^0 = 0^0; \alpha_{PC}^0 = 25^0 \text{ в.д.}$$

$$ЗС \beta_{ЗС}^0 = 40^0 \dots 50^0; \alpha_{ЗС}^0 = 10^0 \dots 20^0 \text{ в.д.}$$

жұмыс диапазоны: (3...4)↓; (5...6)↑ ГГц;

- берілетін хабарламалар түрі, өткізгіштік қабілеті:

$$B_i = 64 \text{ кбит/с}$$

$$B_{УСт.} = 280 \text{ кбит/с} \quad N_k = 1.$$

- ЖРДҚ сипаттамасы: $P_{нр\delta} = ?$

- ПРМУ сипаттамасы: $n_{шPC} = 10 \text{ дБ}; n_{шЗС} = 3 \text{ дБ};$

- АФТ сипаттамасы: $d_A = 2,5 \text{ м};$

- қосымша деректер: $p_{ош}^* = 10^{-5};$ ОФТ; $\Delta\varphi = \pi;$ $B_{полн} = \sum_{i=1}^{M_k} B_i + B_{сере}.$

Сонымен бірге бастапқы деректер компанияларда орнатылған нормативті көрсеткіштердің мәнін, сонымен бірге жабдықтар мен жұмыстың құны пайдаланылуы тиіс. Айтылған мәліметтер сызықтар мен станциялардың техникалық сипаттамасын негіздеуге, сонымен қатар қол жетпейтін параметрлерді таңдауға әсер етеді.

РС-те қолжетімділік әдісін ҚӘ ұйымдастыру кез-келген спутниктік байланыстың орталық мәселелерінің бірі болып табылады. ҚӘ-нің түрін таңдау жүйе мен сызықтың өткізгіштік қабілеті, ЖС мен РС-ның энергетикалық сипаттамасы, олардың арасындағы өзара бөгеттердің деңгейі, кездейсоқ және қасақана бөгеттерден қорғау, сыртқы жағдайлар өзгергенде, техникалық іске асырудың күрделілігі, ЖС пен РС-тің масса ауқымды сипаттамасындағы өзгерістерде жүйенің икемдігі мен өміршеңдігі.

Қазіргі кезде станциялардың сигналдарын жиіліктік бөлу (КҚЖБ), уақытша бөлу (КҚУБ) мен кодтық бөлу (КҚКБ) ресурсты бекітумен сигналдардың тікелей ретрансляциясы. Перспективтісі кеңістіктік бөлумен (КҚКБ)-мен үйлесетін КҚУБ, КҚКБ талаптар бойынша ресурстарды бөлу мен сигналдарды өңдеу боып табылады [2].

КҚЖБ техникалық іске асыру бойынша қарапайым болып табылады, бірақ оның жетістігі осымен аяқталады.

КҚКБ спутниктік жүйе бағытының жұмысында бөгеттен қорғайтын режимді іске асыруға мүмкіндік береді, бірақ жер станциясының пайдаланылған сигналы үлкен артықшылыққа ие болады. Сонымен бірге бұл әдісте ҚӘ жүйе ішіндегі шығын (бөгеттер) деңгейі белсенді абоненттер санымен анықталады.

КҚКБ кезінде спутниктік жүйенің желісінде жер станцияларының жұмысын синхрондау жүйесін енгізу қажет. Бұл мәселені «ГЛОНАСС» жүйеснің нақты уақыттағы сигналдарын синхрондау үшін пайдалану жолымен шешеді. Бұл кезде спутниктік байланыс желісінде берліген желіден қарсы жақтан деректерді алу қиынға соғуына байланысты бірқатар ерекшеліктерге ие болады. Әрбір жер станциясында желі дұрыс жұмыс жасау үшін стнацияның географиялық орны мен оның нақты уақытта сигналды қабылдау уақытының жіберу уақытынан озуына әсер ететін және теңіз деңгейінен биіктігіне байланысты түзету коэффициентін есептеу қажет.

Байланыс аймағында қателіктер ықтималдығын нормалауды шығарамыз. Ретрансляторда сигналдарды өңдейтін сызықта қателер ықтималдығы аймақта тәуелсіз болады, сондықтан

$$p_{ош} = 1 - (1 - p_{ош}^E)(1 - p_{ош}^3) = p_{ош}^E + p_{ош}^3 - p_{ош}^E \cdot p_{ош}^3. \quad (3.1)$$

$p_{ош}^* \leq 10^{-3}$, то $p_{ош}^E \cdot p_{ош}^3 \ll p_{ош}^{3(E)}$ болса, онда

$$p_{ош} = p_{ош}^E + p_{ош}^3. \quad (3.2)$$

Бірінші және екінші аймақта енгізілген қателіктер үлесі $\frac{1}{a}$ және $\frac{1}{b}$ деп алып, сәйкесінше олардың жалпы санынан келесі формуланы аламыз

$$p_{ош}^{*E} = \frac{1}{a} \cdot p_{ош}, \quad p_{ош}^{*3} = \frac{1}{b} \cdot p_{ош}. \quad (3.3)$$

(1.2) формуладан мынаны аламыз

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = 1, \quad (3.4)$$

немесе

$$a = \frac{b}{b-1} \text{ және } b = \frac{a}{a-1}. \quad (3.5)$$

Нормалау коэффициентінің функционалдық тәуелділігіне талдау жасау мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

- a және b коэффициенттерінің мәндері әр уақытта 1-ден үлкен;
- нормалау коэффициенттерінің теңдігі сызықтың екі аймағындағы энергетикалық шығындар теңдігіне сәйкес болады
- ретранслятордың энергетикасы қатаң шектелген, ал жер станциясы жоқ болған кезде, $1 < b < 2$ аймағында коэффициенттерді таңдау облысы нұсқаға сәйкес болады
- $1 < a < 2$ коэффициенттерін таңдау облысы кері жағдайға сәйкес болады

3.5 өрнегі жобалаудың нақты шарттарына сәйкес спутниктік байланыс желісінің аймағы бойынша «сигнал/шу» қатынасын нормалауды есептуге мүмкіндік береді.

Спутниктік байланыс жүйесінің әскери далалық желісін жобалау кезінде энергетиканы ретрансляторда ғана емес, жер станциясында да шектеуді есепке алуға тура келеді. Сондықтан коэффициенттердің мәндерін $a=5...10$, $b=1,26...1,11$ шектерінде таңдау ұсынылады [11]. Тікелей ретрансляцияда спутниктік байланыс желісі аймағындағы байланыс сапасын нормалау $h_{\text{сп}}^2 = f(p_{\text{шпр}})$ қателіктерінің ықтимал мәндерін желіде берілген сигнал/шу қатынасының мәндерін байланыс аймағында, олардың арасындағы белгілі аналитикалық байланысты есепке ала отырып, сигнал/шу қатынасының мәндерін келесі өрнекке сәйкес қайта есептейміз:

$$h_{1\text{сп}} = ah_{\text{сп}}^2; h_{2\text{сп}} = bh_{\text{сп}}^2. \quad (3.6)$$

Спутниктік байланыс желісінің негізгі ерекшелігі – желі аймағында радиосигналдардың өшуі. Орбитаның биіктігі 36000 км-де ЖҚҚ радиосигналдардың өшуі аймақта 200 дБ-ге жетеді. Сонымен бірге, радиосигнал атмосферада (жаңбар, қар, тұман) радиотолқындардың жұтылуы, олардың рефракциясы мен деполяризациясы, полярлану жазықтығының фарадейлік айналуы салдарынан кездейсоқ өзгерістерге ұшырайды. Қабылдайтын құрылғыларға ғарыш сәулеленуі, Күн, Жер және басқа планета түрінде бөгеттер әсер етеді. Спутниктік байланыстың барлық ерекшеліктерін дәл әрі нақты есептеу байланыс жүйесін тиімді жобалауға, жер және борттық

аппаратурада болатын күрделі жағдайларда оның сенімді жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

«ЗС-РС-ЗС» желісі үшін сигнал деңгейін есептеу керек. Екі аймақ та кернеуі жоғары және әртүрлі» мәнді: бірінші – беріліс қуатын жер станциясында және салыстырмалы ретранслятор қабылдағышындағы төмен сезімталдықты, екіншісінде – шектеу үшін салмақ, ауқымды және ретранслятор энергетикасын, яғни борттық беру қуатына шектеу қою керек болатындай азайтуға болады. ЗС-РС аймағы үшін борттық қабылдағыштың кіріс сигналының қуатын жіберудің бірінші теңдеуінен анықтауға болады [3,4,5]

$$P_{\text{кpm}}^E = P_{\text{крд}}^3 - \Delta W_{\text{АВГкрд}}^3 + G_{\text{Акрд}}^3 - W_0^{3-E} - W_{\text{доп}}^{3-E} + G_{\text{Акрм}}^E - \Delta W_{\text{АВГкрм}}^E, \text{ [дБ]}. \quad (3.7)$$

РС-ЗС аймағына ұқсас

$$P_{\text{кpm}}^3 = P_{\text{крд}}^E - \Delta W_{\text{АВГкрд}}^E + G_{\text{Акрд}}^E - W_0^{E-3} - W_{\text{доп}}^{E-3} + G_{\text{Акрм}}^3 - \Delta W_{\text{АВГкрм}}^3, \text{ [дБ]}. \quad (3.8)$$

мұндағы $\Delta W_{\text{АВГ}} = 10 \lg \left(\frac{1}{\eta_{\text{кpm}}} \right)$ — жер станциясы немесе борттық ретранслятордағы антенналы-толқын өткізудегі жіберу (қабылдау) шығындары; $\eta_{\text{крд}}$ — антенналы-толқын өткізу трактінің қуатында қабылдау немесе жіберу коэффициенті; $W_{\text{доп}}$ — ЗС-РС (РС-ЗС) аймағындағы радиосигналдың қосымша өшуі. Антенналы-толқын өткізу трактііндегі шығындар оның конструкциясы мен диапазонына байланысты. Әдетте есептеу көрсеткішінде келесі мәндерді қабылдайды [2]:

$$\Delta W_{\text{АВГкрд}}^3 = 2 \dots 3 \text{ дБ};$$

$$\Delta W_{\text{АВГкрм}}^3 = 0,5 \dots 1 \text{ дБ}; \quad (3.9)$$

$$\Delta W_{\text{АВГкрд}}^E = \Delta W_{\text{АВГкрм}}^E = 1 \dots 2 \text{ дБ}$$

Спутниктік байланыстың жіберу станциясының (ретранслятордың) энергетикалық потенциалын бағалау үшін эквивалентті изотропты-сәулелену қуаты (ЭИСҚ) деген түсінік енгізілген:

$$P_{\text{крд}^Э} = P_{\text{крд}} + G_{\text{Акрд}} - \Delta W_{\text{АВГкрд}}, \text{ [дБ]}. \quad (3.10)$$

3.2. Спутниктік байланыс желісінің аймағындағы радиосигналдарды сөндіруді есептеу

"Глобалстар" жүйесінің ерекшеліктерінің бірі шуға ұқсас кең жолақты сигналдар (ШКЖС) мен кодты бөлу арналары бар көп станциялы

колжетімділік (КБАКСҚ) болып табылады. Бұл көптеген мәселелерді, ең алдымен жиілік жолақтарын көп рет пайдалану мен жүйенің өткізгіштік қабілетін арттыруға мүмкіндік береді. Шуға ұқсас кең жолақты сигналдардың (ШКЖС) көп сәулелі антенналардың сәулелерінің арасында шешу деңгейіне қатаң талап қоятын тар жолақты сигналдардан айырмашылығы сәулелердің әрқайсысында сол бір жиілік диапазонын пайдаланатын және олардың арасындағы шешу талаптарын төмендетуге мүмкіндік береді. Нәтижесінде екі алдыңғы қатарлы технологияны (көп сәулелі борттық антенна мен КЖС) бір уақытта пайдаланып, – 16-сәулелік антеннада жиілік диапазонын 16 мәрте пайдаланып жоғары нәтижеге жетуге болады.

Сигнал 4 түрлі бөгеттер айналасында бөлінеді:

- Бірінші типі – жылулық шуы;
- Екінші типі – басқа жүйелердің бөгеттері;
- Үшінші типі – көршілес сәулелердің бөгеттері;
- Төртінші типі – көршілес арналардың бір сәулесінің бөгеттері.

Типтердің ішіндегі үстемі 4-сі болып табылады. олардың деңгейі басқару жүйесі арқылы жер терминалдары таратқыштарының қуаты төмендейді.

Радиосигналдардың спутниктік байланыс желісіндегі радиосигналдардың толық өшуі W_0 бос кеңістігіндегі шығындар мен спутниктік байланыс жүйесін жасау ерекшеліктерімен көрсетілген $W_{\text{қосымша}}$ қосымша шығындармен анықталады [4,5]:

$$W = W_0 + W_{\text{доп}}, \text{ [дБ]}. \quad (3.11)$$

Бос кеңістікте таралған кезде радиотолқындар энергиясының шығыны келесі өрнекке сәйкес анықталады

$$W_0 = 20 \lg \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R_n}{\lambda} \right), \text{ [дБ]}, \quad (3.12)$$

мұндағы R_n – КС радио желілер аймағында көлбеу алшақтық мына формуламен анықталады

$$R_n = \sqrt{R_3^2 + (R_3 + H)^2 + 2(R_3 + H)R_3 \cos \rho}, \quad (3.13)$$

мұндағы $R_3 = 6371 \text{ км}$ — Жер радиусы (оның сферамен аппроксимациясы); H - ЖҚК орбитаның биіктігі (геостационарлық орбита үшін $H=35875 \text{ км}$, жоғары эллипстік орбиталар үшін H -апогей биіктігі); ρ келесі өрнекпен анықталатын топоцентрлік параметр

$$\cos \rho = \cos \varphi_{pc} \cos \Delta \lambda \cos \varphi_{sc} + \sin \varphi_{pc} \sin \varphi_{sc}, \quad (3.14)$$

мұндағы φ_{pc} — спутниктік «нүктелердің» географиялық ендігі; $\varphi_{жс}$ — жер станциясының географиялық ендігі; $\Delta\lambda = \lambda_{sc} - \lambda_{pc}$; λ_{sc} — жер станциясының географиялық бойлығы; λ_{pc} — спутниктік «нүктелердің» географиялық бойлығы.

Онда,

$$\cos \rho = \cos 0^\circ \cdot \cos(-10)^\circ \cdot \cos 45^\circ + \sin 0^\circ \cdot \sin 45^\circ = 0,696$$

Берілген мәндерді 3.12 - формулаға қоя отырып, көлбеу алшақтықты табамыз

$$R_n = \sqrt{6371^2 + (6371 + 35875)^2 + 2(6371 + 35875) \cdot 6371 \cdot 0,696} = 3,8 \cdot 10^4 \text{ км.}$$

Осыған сәйкес,

$$W_{\text{өңгіз}} = 20 \lg \left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 6371}{0,086} \right) = 134,89 \text{ дБ}$$

$$W_{\text{өверх}} = 20 \lg \left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 6371}{0,055} \right) = 138,77 \text{ дБ}$$

Спутниктік байланыс желілерінің энергетикалық параметрлерін есептегенде R_n берілген қызмет көрсету аймағы үшін максималдысын таңдаған жөн. Бастапқы мәндері бойына бұл есепті орындау үшін жер станциясы берілген қызмет көрсету аймағы үшін спутниктік «нүктеден» максималды қашықтықта орналасатындай РС пен ЖС географиялық координатасын таңдап аламыз.

Одан шығатыны φ , $\lambda_{sc} = 15^\circ$

КС радио желісі аймағында радиосигналдың қосымша сөнуі $w_{\text{қосымша}}$ бір біріне тәуелсіз көптеген факторларға байланысты келесі қосынды түрінде көрсетіледі:

$$W_{\text{доп}} = W_a + W_\delta + W_n + W_x, \quad (3.15)$$

мұндағы W_a — атмосферада шөгіндісіз сөну; W_δ — шөгіндіде сөну; W_n — антеннаның керілуі айқын болмаған жағдайда сөнуі; W_x — таралу ортасында сигналдың деполярилану есебінен сөнуі. W_a атмосферада шөгіндісіз сөну тропосферада жұтылу арқылы анықталады және 22 және 165 ГГц (су буында) және 60 пен 120 ГГц (оттегінде) жиіліктің резонансты шарықтау шегінде айқын жиіліктік-тәуелді сипатқа ие болады. Радиосигналдың атмосферадағы жолының ұзақтығы атмосфераның эквивалентті қалыңдығына ғана емес, жер станциясының антеннасы орнының бұрышына β^0 және ЖС теңіз деңгейінен биіктігіне $H_{жс}$ байланысты. Атмосферада шөгіндісіз радиосигналдардың

энергиясының шығындалуы уақытқа байланысты емес (100% -да радио желілер жұмысының уақытына) және f_{pc} радио сигнал жиілігі мен $H_{sc} = 0$ болғанда β^0 ЖС антеннасы орнының бұрышына тәуелді (3.1-сурет) график бойынша анықталады. β^0 антеннасы орнының бұрышы ЖС орналасуының ендігі мен бойлығына, сонымен бірге орбитадағы ЖҚҚ орналасуына байланысты. Жалпы жағдайда орынның бұрышы келесі өрнекпен анықталған.

$$\beta^0 = \arctg \frac{\cos \rho - \gamma_0}{\sin \rho}, \quad (3.16)$$

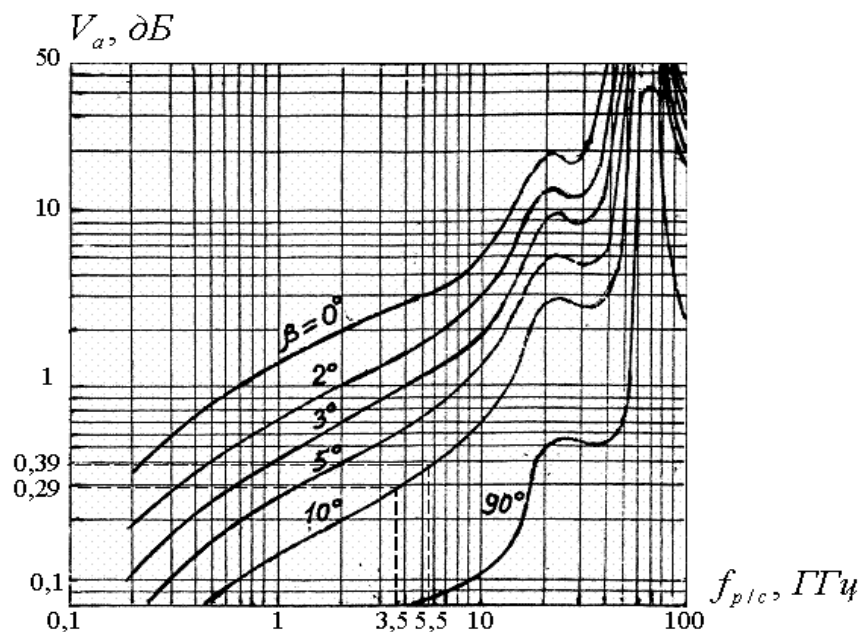
$$\gamma_0 = \frac{R_s}{R_s + H}. \quad (3.17)$$

$$\gamma_0 = \frac{6371}{6371 + 35875} = 0,16$$

онда,

$$\beta^0 = \arctg \frac{\cos 0,696 - 0,16}{0,718} = 36,75^\circ$$

Бастапқы берілген деректер үшін $\beta^0 = 36,75^\circ$, 3.1-суреттегі графикте бұрыштың мәнін алу үшін қисық сызық болмаса, онда $\beta^0 = 10^\circ$ мәні үшін іздейміз, осылайша шөгіндісіз атмосферадағы радиосигналдар энергиясының шығынына тәуелді болады. Алайда дәлсіздік 0,1 дБ-ді құрайды, осыған сәйкес есептеу дәлдігіне әсері болмайды. $w_{max} f_{os} = 5,5 \text{ ГГц}$ жоғарыдағы желіде және $w_{max} f_{os} = 3,5 \text{ ГГц}$ төменгі желіде w_s -ны табамыз.



Сурет 3.1 - Шөгіндісіз атмосферадағы радиосигналдардың сөнуін анықтау графигі

Осылайша, $W_{авс} = 0,22$ және $W_{авт} = 0,20$ дБ.

W_{δ} шөгіндісінде сигналдың сөнуі гидрометеордың түріне (жаңбыр, қар, тұман), олардың түсу аймағының мөлшеріне, аймақтағы шөгіндінің интенсивтілігіне байланысты. [2] көрсетілгендей есептеулер $f_{\text{пит}} \leq 10$ ГГц жиіліктер диапазонында шөгіндіде радиосигналдардың сөну шамасы $W_{\delta} = 1,5 \dots 3 \text{ дБ}$ -ді құрайды. Сондықтан $W_{\delta} = 3 \text{ дБ}$ -ді қабылдаймыз. ЖС және РС антенналарының дәл жүргізілмеуінен сигналдың қосымша сөнуі шынайы және көрінетін ЖҚҚ бағыттары арасында бұрыштың пайда болуына алып келеді. Рефракциядан туындаған бұрыштық ауытқу бірнеше ондаған градусты құрайды және антенналарды сигналдың максимумы бойынша автоматты тартылуы кезінде орны толтырылады. Басқа әдістерде құрылғыны құрастыру қателіктерін есепке алатын жағдайда антеннаны тартуды $W_{*} = 1 \text{ дБ}$ қабылдауға болады.

КС желісінің аймағындағы поляризация шығындары Фарадей эффектісімен байланысты поляризациялардың келіспеуінен және шөгінділерде радио толқындардың поляризацияланбау шығындарынан құралады. Поляризацияның келіспеуінен болатын шығындар ЖС пен РС-те тар бағыттағы антенналармен сызықты поляризацияны пайдаланғанда ерекше мәнге ие болады. Шеңберлі поляризацияны пайдалану бұл шығындарды аз пайдалануына мүмкіндік береді. Фарадей эффектісімен болатын шығындар сызықтық поляризациялы сигналдарды пайдалану жиілікке тәуелді және елемейтін аз шама. Шөгінді кезіндегі радиотолқындыр полярсыздығынан болатын шығындар көбінесе шеңберлі поляризацияға тән, жаңбырдың жаууына қарай статистикамен байланысты және 12 ГГц жиіліктен жоғары спутниктік байланыс жүйесінің энергетикасына әсер етуі мүмкін [12].

КС желілерін пайдаланғанда поляризация шығындарының нәтижесін көрсететін сигналдардың шеңберлі поляризациясы $W_{*} = 0$ болады. Радиосигналдардың КС радио желі аймағында қосымша сөнуі келесі мәнге ие болады

$$W_{\text{доп.вн}} = 0,2 + 3 + 1 + 0 = 4,2 \text{ дБ};$$

$$W_{\text{доп.вн}} = 0,22 + 3 + 1 + 0 = 4,22 \text{ дБ}.$$

Осылайша, төменгі аймақта радио сигналдың әлсірегенін байқауға болады.

$$W_{\text{вн}} = 134,89 + 4,2 = 139,09 \text{ дБ};$$

Жоғарғы аймақта

$$W_{\text{вн}} = 138,77 + 4,22 = 142,99 \text{ дБ}.$$

Төменгі аймақта әлсіреу жоғарғы аймаққа қарағанда 4 дБ-ге кем. Мұндай айырмашылық радиосигналдың жоғары жиілікте төменгі жиілікке қарағанда сөнуі көп болады. РС-ЖС аймағында радио сигнал жиілігінің мәні ЖС-РС аймағына қарағанда аз болатындығынан көрінеді. ЖҚК бортында энергетика катаң шектелген, осыған сәйкес байланыс ретрансляторының таратқышындағы максимальды шығыс қуатына әсер етеді.

3.3 Таратқыш параметрлерінің энергетикалық есептелуі

Станциялардың: таратқыштың қуаты, Антенна – фидерлік трактісі (АФТ) сөну, антенналарды күшейту коэффициентінде, қабылдағыштың нақты (алғашқы) сезімталдығы немесе оның интервалдағы ӨЖЖ-радио сигналының қосалқы деңгейінің энергетикалық параметрлерінің негіздеуі мен есептелуі байланыс желісін энергетикалық жобалаудың негізгі мақсаты болып табылады. Осы кезде бұл теңдеулердің жеке құраушылары алдын ала есептеліп немесе дәлелді түрде таңдалған болуы тиіс.

Тарату теңдеуінің шешімі оған кіретін параметр мәндерінің шашылып кетуіне байланысты бір мәнді болуы мүмкін емес. Сондықтан есептелетін параметрдің шамасы қолайсыз болуы мүмкін. Бұл жағдайда сол немесе басқа параметрге дұрыс мәндер енгізіп, теңдеуді қайтадан шешкен дұрыс.

ЖС пен РС таратқыш қуаттары таратқыштың бірінші теңдеуіне сәйкес 3.7 және 3.8 анықталады, яғни

$$P_{\text{прдЗС}(PC)} = P_{\text{прмPC}(ЗС)} + A_{\text{св}(ен)} + \Delta P_{\text{прд}}, \text{ [дБ]} \quad (3.18)$$

мұндағы $P_{\text{прмPC}(ЗС)}$ — 4.3 параграфында қарастырылған әдіс бойынша анықталған РС (PC) таратқышының кірісіндегі сигналдар қуаты; $A_{\text{св}(ен)}$ - келесі өрнектегі жоғарғы (төменгі) аймақтағы эквивалентті сөну

$$A_{\text{св}(ен)} = W_{\text{св}(ен)} + \Delta W_{\text{АВТЗд}(PC)}^{\text{прд}} + \Delta W_{\text{АВТЗд}(ЗС)}^{\text{прм}} - (G_{\text{Азд}(PC)}^{\text{прд}} + G_{\text{Ауд}(ЗС)}^{\text{прм}}), \text{ [дБ]} \quad (3.19)$$

мұндағы $\Delta W_{\text{АВТЗд}(PC)}^{\text{прд}}$, $\Delta W_{\text{АВТЗд}(ЗС)}^{\text{прм}}$ - аймақтардағы сәйкес таратқыш және қабылдағыш құрылғылардағы толқын өткізгіштегі (фидерлік) трактердегі сөну [21].

Осылайша есептелген $P_{\text{прдЗС}}$ және $P_{\text{прдРС}}$ шамалар транслятор арқылы сигналдардың тек бір ЖС (РС бір сигналды жұмыс режимі) таратуы кезінде таратқыш қуатын сипаттайды.

Спутниктік байланыс жүйелерінде РС арқылы жиіліктік, уақытша немесе олардың сигналдарын басқа әдістермен бөлетін көп станциялы қол жетімділікті пайдаланатын бірнеше ЖС-ның сигналдары таралады. Осылайша, көп станциялы сигналды тарату кезінде РС толық шығыс қуатын есептейді.

ЖКҚ-да байланыс ретрансляторлары жалпы жағдайда сызықты емес құрылғыны көрсетеді, сондықтан көп станциялы сигналдың ретрансляция процесі бірнеше көріністермен беріледі:

- сигналдарды өзара жою;
- өзара шудың (бөгеттердің) туындауы;
- РС таратқышының орташа шығыс сигналдарын төмендету,
- амплитуда-фазалық конверсия мен басқалар есебінен сигналдарды бұрмалау.

Көрсетілген ерекшеліктер РС-тің толық (жиынтық) қуаты пайдалы сигналды беруге ғана емес, әртүрлі жанама сәулеленуге де шығындалуына алып келеді.

$$P_{pc} = P_{mc} + P_{mш} + P_{нш} + P_n, \quad (3.20)$$

мұндағы P_{mc} — көп станциялы сигналдың пайдалы шындық қуаты; $P_{mш}$ ретранслятор жолағындағы жылулық шуының жиынтық қуаты; $P_{нш}$ — РС жолағындағы шудың сызықты емес (ауыспалы) жиынтық қуаты; P_n — көп станциялы сигналдың жолғы шегінен тыс жатқан жанама сәулеленуге кететін энергия шығындарымен көрсетілген шығыс қуатының жиынтық шығындары.

Ретранслятор қуаты шығынының коэффициентін енгіземіз

$$\xi = 1 - \frac{P_n}{P_{pc}}, \quad (3.21)$$

Онда,

$$P_{pc} = \frac{P_{mc}}{\xi} \cdot \left[1 + \frac{P_{mш} + P_{нш}}{P_{mc}} \right]. \quad (3.22)$$

ξ , мәні берілген берілген РС арқылы және РС қуатының шығыс күшейткіші типімен бір уақытта жұмыс істейтін ЖС санына байланысты. Қума толқындар коэффициентінің ξ күшейткіші келесі мәндерді қабылдайды [2]:

Кесте 3.1- Ретранслятор қуаты шығынының коэффициентінің мәні

N_{sc}	1	2	...	∞
ξ	0,81	0,65	...	0,64

Осылайша, желіде 5 жер станциясы болғандықтан, жобаланатын ретранслятор үшін желіде $\xi = 0,64$ болады.

Әрбір ЖС-тің жұмысы үшін уақытша тығыздау көп қол жеткізу (УТКҚЖ) кезінде таратуға белгілі уақыт бөлінеді, сондықтан кез-келген станциядан сигнал берілгенде РС таратқыштың барлық пайдалы қуаты қолданылады. Алайда, барлық ЖС импульсті режимде жұмыс істейтіндіктен, РС-тің і-ші

байланыс бағытына келетін РС орташа тарату қуаты $g = \frac{T_{\text{ц}}}{T_{\text{с}}}$ бірнеше есе кем ($T_{\text{ц}}$ — цикл периоды, $T_{\text{с}}$ — бір циклда ЖС-тің і-ші жұмысына кететін уақыт), яғни

$$P_{\text{мс}} = P_{\text{мдвр}} = g \cdot P_{\text{рсі}} \quad (3.23)$$

УТКҚЖ кезінде сызықты емес шудың жиынтық қуатын жылулық шудың, яғни $P_{\text{нш}} \approx P_{\text{тш}}$ жиынтық қуатымен салыстыруға болады. $P_{\text{тш}} \approx 0,01 \cdot P_{\text{мс}}$ есепке ала отырып, келесі өрнектің аламыз

$$P_{\text{рс}} = 1,02 \cdot \frac{P_{\text{мдвр}}}{\xi} \quad (3.24)$$

Есептеуден байқағанымыздай, ретранслятордың толық шығыс қуаты мен ЖС таратқышының шығыс қуаты үшін алынған мәндер сәйкесінше 90,672 Вт және 148,745 Вт болады. Мұндай таратқыш қуатын қамтамасыз етуге болады, бұл кезде жер станциясы оңтайлы болады.

3.9-өрнектен барлық есептелген мәндер ($P_{\text{рс}} = 45,686 \text{ Вт}$, $G_A^{\text{Б}} = 27,782 \text{ дБ}$, $\Delta W_{\text{АВТ}}^{\text{Б}} = 2 \text{ дБ}$), ретранслятордың эквивалентті изотропты-сәулелену қуатының мәнін $45,356 \text{ дБВт}$ есептейміз.

Қабылдағыш құрылғының кірісіндегі сигналдың деңгейінде интервалдың барлық энергетикалық параметрлеріне әсерді есепке алатын эквивалентті (тиімді) шамаларды енгіземіз.

$$P_{\text{нрдЭ}} = P_{\text{нрд}} + G_A^{\text{нрд}} + G_A^{\text{нрм}} - \Delta W_{\text{АВТ}}^{\text{нрд}} - \Delta W_{\text{АВТ}}^{\text{нрм}}, \quad (3.25)$$

Таратқыштың эквивалентті қуаты мен децибельмен өрнектелген қабылдағыштың нақты сезімталдығы арасындағы айырмашылық станцияның (жүйенің) энергетикалық потенциалы деп аталады [2,4,6]

$$M_{\text{Э}} = P_{\text{нрдЭ}} - P_{\text{нрм}}^{\text{р/н}}, \text{ [дБ]}. \quad (3.26)$$

Бұл потенциал аймақтағы радиосигналдың толық сөнуі үшін жеткілікті болады.

2.39 және 2.40-өрнектер бойынша РС-ЖС және ЖС-РС аймақтары үшін бұрын есептелген мәндерден РС және ЖС таратқыштың энергетикалық потенциалын аламыз

$$M_{\text{ЭнрдРС}} = 210,362 \text{ дБ}$$

$$M_{\text{ЭнрдЖС}} = 205,374 \text{ дБ}$$

3.4 Қабылдағыш параметрлерінің энергетикалық есептелуі

ӨЖЖ қабылдағыш құрылғы кейбір энергетикалық параметрлер: шынайы сезімталдықпен, шекті сезімталдықпен, шуыл коэффициентімен, шуыл температурасы мен тиімді температурамен сипатталуы мүмкін. Бұл параметрлердің барлығы өзара байланысты. Олардың соңғы үшеуі антеннадан детекторға дейін қабылдағыш құрылғының сызықты бөлігін сипаттайды. Спутникті (ғарыштық) байланыс жүйелерінде соңғы екі параметр кең таралды.

Шуыл температурасы ($T_{ш}$) оның кірісінде есептелетін қабылдағыштың сызықты бөлігінің ішкі шуына баға береді. Ол келесі түрде шуыл коэффициенті ($n_{ш}$) арқылы көрсетіледі

$$T_{ш} = T_0(n_{ш} - 1), \quad (3.27)$$

мұндағы T_0 — қабылдағыш (әдетте $T_0 = 290^{\circ}K$) жұмыс істейтін ортадағы абсолюттік температура.

Қабылдағыштың температурасы төмен болған сайын, оның сезімталдығы жоғары болады. Мінсіз төрт полюстік үшін $n_{ш} = 1$, сондықтан $T_{ш} = 0$.

ЖС қабылдағышы үшін шуыл коэффициенті $n_{ш} = 3 \text{ дБ}$ немесе $n_{ш} = 1,995$, яғни $T_{ш} = 288,626^{\circ}K$ -ге тең.

Қабылдағыш құрылғының шуына негізгі үлес қосатын бірінші каскад, яғни АШК Аз көлемді күшейткіш (АКК), шуыл коэффициенті АШК барлық қабылдағыш құрылғының шуыл коэффициентінен әлдеқайда аз болады. Мұндай АШК жартылай өткізгіш диодтарда $n_{ш} \approx 2,7 \text{ дБ}$ параметрлік күшейткіш қызметін атқара алады.

РС қабылдағышы үшін шу коэффициенті $n_{ш} = 10 \text{ дБ}$ немесе $n_{ш} = 10$, яғни $T_{ш} = 2610^{\circ}K$ -ны құрайды.

Мұндай мәндер осындай қабылдағыштың күшейткішінің бірінші каскадында ҚТЛ жүгіртпе толқынның шамы іске асыруға мүмкіндік береді.

Эффективті температура ($T_{э}$) қабылдағыштың кірісінде әрекет ететін, яғни жеке немесе қабылдағыш кірісінде есептелетін антенналы-толқын өткізгіш тракте шудың толық қуатын сипаттайды. Қабылдағыш құрылғысының кірісінде есептелген толық эффективті температурасы

$$T_{э}^{ex} = T_A \cdot \eta_{нрм} + T_э + T_{ш}, \quad (3.28)$$

дәл осылай — қабылдағыш антеннаның сәулелегішінде:

$$T_{э}^A = T_A + \frac{T_э}{\eta_{нрм}} + \frac{T_{ш}}{\eta_{нрм}}, \quad (3.29)$$

мұндағы T_A — антеннаның эквивалентті шуыл температурасы; $T_э$ - антенналы-толқын өткізгіш трактіндегі эквивалентті шуыл температурасы.

Антеннаның эквивалентті шуыл температурасы келесі құраммен көрсетілуі мүмкін [11,18]:

$$\begin{aligned} T_A^{sc} &= T_x(\beta^0) + T_a(\beta^0) + \alpha T_s + T_{шa} \\ T_A^{pc} &= T_x(90^0) + T_a(90^0) + \alpha T_s + T_{шa}, \end{aligned} \quad (3.3)$$

мұндағы $T_x(\beta^0)$ — антенна орнының бұрышына тәуелді ғарыштық радио сәулеленумен көрсетілген құрастырушы; $T_a(\beta^0)$ — антенна орнының бұрышына тәуелді және атмосферадағы сәулеленумен көрсетілген құрастырушы; T_s — Жердің сәулеленуін есепке алатын құрастырушы; $T_{шa}$ — антеннаның элементтерінде шығын болуына байланысты жеке шуды есепке алатын құрастырушы; α - антеннаның бағыттылық диаграммасының (ЖС антенналары үшін $\alpha = 0,2$, РС антенналары үшін $\alpha = 0,2 \dots 0,4$) бүйір және артқы жақ желегінің орташаландырылған деңгейін есепке алатын коэффициент. $T^\circ K$ абсолютті температурада жұмыс істейтін толқын өткізгіш трактінің эквивалентті шуыл температурасы

$$T_s = T_0 (1 - \eta_{нрм}) \quad (3.31)$$

Ғарыштан шыққан шулар Галактиканың, Күннің мен Айдың сәулеленуімен анықталады. Галактиканың 11 ГГц-ке дейінгі жиіліктегі шудың орташаландырылған температурасы $10^0 K$ -нен аспайды. Күннің шулы сәулеленуі антенна бағыттылығы диаграммасының бастапқы желегіне түскен кезде байланыс толық бұзылуы мүмкін. Алайда Күннің әсерін аймақтың трассасын нақты есептей отырып, минимумға жеткізуге болады. Күн сәулеленуі аз әсер етеді, себебі, оның шуыл температурасы Күннің шу температурасынан бірнеше есеге төмен. Осылайша, көп жағдайларда $T_x(\beta^0)$ құрастырушысы нөлге тең болуы мүмкін.

Сондықтан қабылдағыштың нақты сезімталдығы интервалдағы байланыс сапасын нормалау, тоқтап қалған кездегі желіде болатын бұрмаланудың жинақталу механизмін, желідегі станцияның жұмыс режимі және т.б. есептей отырып жүргізіледі.

3.5 Базалық станциялардың электромагниттік сәйкестігінің бағдарламалық есептелуі

```
10 CLS
SCREEN 9' 640 * 350
COLOR , 17
INPUT "ФАЙЛДЫҢ -ЕСЕП БЕРУДІҢ АТЫН ЕНГІЗІҢІЗ:" ; n$
OPEN n$ FOR OUTPUT AS # 1
```



```

PRINT #1 , TAB (40) ; “ЕСЕП БЕРУ ФАЙЛЫ” CLS
PRINT “ 1- “ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК СӘЙКЕСТІК БАЗАЛЫҚ
СТАНЦИЯДА ЕСЕПТЕУ ҮШІН”
PRINT “ 2- БАҒДАРЛАМАДАН ШЫҒУ”
PRINT “ ҚАЖЕТТІ ПУНКТТИҢ НӨМІРІН ЕНГІЗІҢІЗ”;
10000 REM “ ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК СӘЙКЕСТІК БАЗАЛЫҚ
СТАНЦИЯ ҮШІН”
PRINT #1, TAB (30) ; “БАЗАЛЫҚ СТАНЦИЯ ҮШІН
ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК СӘЙКЕСТІК - ТІ АНЫҚТАУ”
F = 879 ‘МГц
P = 40 + 7.2 “АНТЕННАНЫҢ ШЫҒЫСЫНДАҒЫ ҚУАТ (ТРА40 +
Omni7.2)
PRINT #1, TAB(10); “АНТЕННАНЫҢ ШЫҒЫСЫНДАҒЫ ҚУАТ (ТРА40
+ Omni7.2) P=”; P; “дБм”
10001 DATA 0,4.7,3.2,7.4,5,7.5,10.4,11.3,8.9
DATA 4.7,0,4.1,4.4,7.8,7.4,8.4,11.3,10.7
DATA 3.2,4.1,0,4,4.2,3.6,6.3,7.7,6.6
DATA 7.4,4.4,4,0,7.7,4.7,4.2,7.8,8.7
DATA 5,7.8,4.2,7.7,0,4.7,8.6,4.5,4.1
DATA 7.5,7.4,3.6,4.7,4.7,0,4.1,4.1,4.2
DATA 10.4,8.4,6.3,4.2,8.6,4.1,0,4.7,7.8
DATA 11.3,11.3,7.7,7.8,4.5,4.14,7,0,4.5
DATA 8.9,10.7,6.6,8.7,4.1,4.2,7.8,4.5,0
DIM a (9,9)
RESTORE 10001
Ppsum = 0
FOR i = 1 TO 9
FOR j = 1 TO 9
READ a (i,j)
NEXT j
NEXT i
PRINT “БАЗАЛЫҚ СТАНЦИЯ НӨМІРІН ЕНГІЗІҢІЗ”;
INPUT k
PRINT #1, TAB(20); “БС № “ k ҮШІН ЕСЕПТЕУ;
FOR j = 1 TO 9
i = k
IF k = j GOTO 2222
b = .36 ‘дб/км, 879 МГц ҮШІН АТМОСФЕРАДА ТАРАЛУ КЕЗІНДЕ
ҰЗЫНА БОЙЫ СӨНУ Ldop = a (i,j) * b
PRINT #1, TAB (10); “СӨНУ Ldop=”; Ldop; “дб”
L = 92.5 + 20 * .6 + 10 ‘Omni – 7.2 + 20m * RG214 + LNA – 10
Ppom = P – L – Ldop + Lf
Pp = 10 ^ (Ppom / 10)
Ppsum = Ppsum + Pp

```

```

PRINT #1, TAB(10); "СТАНЦИЯЛАР АРАСЫНДАҒЫ ҚАШЫҚТЫҚ"; k ;
"и" ; j
PRINT #1, TAB(20); " R-ГЕ ТЕҢ" ; a (k,j); "km",
PRINT #1, "L="; L; "дб"
2222 NEXT j
PRINT #1, TAB(10); "СҮЗГІЛЕУ КІРІСІНДЕГІ БӨГЕТТІҢ ҚУАТЫ"
PRINT #1, TAB(20); "Ppsum=" ; Ppsum ; "Вт"
20000 PRINT "ЕСЕПТЕУ АЯҚТАЛДЫ"
30000 REM "БАЗАЛЫҚ СТАНЦИЯДАҒЫ ЖЕЛІЛЕР САНЫ"
PRINT #1, TAB (40) ; "БАЗАЛЫҚ СТАНЦИЯДАҒЫ ЖЕЛІЛЕР САНЫ"
INPUT Y
P = .01 : eps = .15 : A = Y / (1 - P)
Vmin = 0 : Vmax = 3 * A
30003 V = INT ((Vmin + Vmax) / 2) : E = 1
G = 1
FOR I = 0 TO V
G = G * (V - I) / A
E = E + G
NEXT I
P1 = 1 / E
Q = ABS ((P - P1) / P)
IF Q < eps THEN 30004
IF P1 > THEN Vmin = V ELSE Vmax = V
GOTO 30003
30004 PRINT "V="; V
END

```

ҚОРЫТЫНДЫ

Сонғы жылдарда СБЖ-нің даму бағыттарының бірі орбиталардың биіктігі 700-1500 км шектерде орналасқан төмен орбитальды Ғарыш аппараты (ҒА) базасындағы байланыс жүйелері болып табылды да бірден салмағы 500 кг-нан бірнеше ондаған кіші спутниктерді қамтуы мүмкін. Жердің үлкен аумағын байланыспен қамту үшін әртүрлі жазықтықтарда жатқан (бірнеше ҒА болуы мүмкін) орбиталар пайдаланылады [2,3,7].

Төмен орбитальды СБЖ-ға деген қызығушылық оларға арзан, салыстырмалы түрде аз габаритті (ҒС) ғарыш станциясы пайдаланғанда берілетін мүмкіндіктермен түсіндіріледі. Төмен орбитальды жүйелер Жердің кез-келген нүктесінде орналасқан, тұрғындар аз қоныстанған және инфрақұрылымы нашар дамыған аймақтарда байланысты ұйымдастырғанда баламасы жоқ үзіліссіз байланысы бар терминалдармен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Мұндай сипаттамалар болғанда тұтынушылар телефон байланысының сапасына, фиксимильді хабарламалар беруге және төмен жылдамдықта деректер беруге мүмкіндіктеріне сенім арта алады. ДК-ні спутниктік терминалға қосқанда секундына 0,5-1 бет мәтінді нақты уақыт көлемінде ақпарат алмаса жібере алады.

Спутниктік байланыс жүйелері сонымен бірге 300 м-ге жуық болатын (уақыт тәулігіне, ауа-райы жағдайына байланысты емес) абоненттің орналасқан жерін (координатын) жоғары дәлдікпен анықтауды қамтамасыз етеді.

Дипломдық жұмыста әртүрлі қашықтықта және ақпараттың барлық түрлерін беру бойынша глобальды (соның ішінде корпоративті) желілерді ұйымдастыруға мүмкіндік беретін «Глобалстар» СБЖ ұйымдастыру қарастырылды.

Негізгі бөлімде жүйені есептеудің барлық техникалық принциптері ашылады:

- төмен орбитальды спутниктік байланыс жүйесінің құрамы мен құрылымы;
- ғарыш сегментінің құрамы;
- жер сегментінің құрамы;
- борттық аппаратураның негізгі параметрлері мен құрамы;
- борттық ретранслятордың құрылымдық схемасы;
- GPS және INMARSAT заманауи байланыс жүйесінің негізінде автоматтандырылған бақылау жүйесі мен ақпараттық қамтамасыз ету жобасын жасау.

Есептеу бөлімінде келесі мәселелерді қамтиды:

- спутниктік байланыс жүйелерінің энергетикалық есептеуі;
- спутниктік байланыс желісінің аймағында радио сигналдың сөнуін есептеу;
- таратқыш параметрлерінің энергетикалық есептеуі;

- қабылдағыш параметрлерінің энергетикалық есептеуі;
- базалық станциялардың электромагнитті сәйкестігінің бағдарламалық есептеуі;

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Андрианов В.И., Соколов А.В. Средства мобильной связи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 256 с.: ил.
2. Андрианов В.И., Соколов А.В. Мобильные телефоны. – СПб.: БХВ-Петербург, Арлит. 2003. – 384 с.: ил.
3. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Дмитриев В.И. Системы мобильной связи /СПбГУТ. – СПб., 1999.
4. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование / СПбГУТ. – СПб., 2000.
5. Волков В.М., Кудряшов В.А. Проводная связь на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1996.
6. Ваванов В.Ю., Доценко Н.Е., Малявко В.Е., Тропкин С.И. Связь с подвижными объектами на железнодорожном транспорте. Справочник. М.: Транспорт, 1994.
7. Ваванов В.Ю. Технологическая железнодорожная радиосвязь. М.: Транспорт, 1995.
8. Волков В.М., Головин Э.С., Кудряшов В.А. Электрическая связь и радио на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1991.
9. В.А.Григорьев. Организация деятельности в области радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 2001.
10. В.Г.Карташевский, С.Н.Семенов, Т.В.Фирстова. Сети подвижной связи. – М.: Эко-Трендз, 2001.
11. Тяпичев Г.А. Спутники и цифровая радиосвязь. – М.:Техбук, 2004. – 288 с.
12. Системы подвижной радиосвязи. Под ред. И.М.Пышкина. – М.Радио и связь, 1986. – 328 с.: ил.
13. Системы электросвязи / Под ред. В.П. Шувалова – М.: Радио и связь, 1987.
14. Голубицкая Е.А., Жигульская Г.М. Экономика связи: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 2000.
15. Иванов В.Р., Матлин Г.М. Экономика и организация строительства сооружений связи. М.: Связь, 1988.
16. Иванов В.Р. Производительность труда в строительстве сооружений связи и пути ее повышения. М.: Связь, 1987.
17. Современные телекоммуникации. Технологии и экономика. Под общей редакцией С.А.Довгого. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 320 с.: ил.
18. Под ред. Ионаса Б.Я., Рейнина С.Н. Экономика строительства. М.: Высшая школа, 1997.
19. Баклашов Н.И. и др. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. Москва: Радио и связь, 1989 г.
20. Бекасов В.И. и др. Охрана труда в грузовом хозяйстве железных дорог. Москва: Транспорт, 1984 г.

21. Михайлов А.Ф., Ефимов Г.К. Охрана труда в хозяйстве сигнализации и связи. Москва: Транспорт, 1979 г.

22. Экологическая безопасность на транспорте. / Под ред. Омарова А.Д. Алматы: Бастау, 1999 г.

23. Электробезопасность. Методические указания к выполнению раздела «Охрана труда» в дипломном проекте. Алма-Ата: АИЭ и С, 1989.