

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Әлғожа Балжан Әлғожақызы

Жер станциясындағы телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларын  
талдау

## **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

\_\_\_\_\_ Е.Таштай

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 ж.

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Жер станциясындағы телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларын талдау»

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Б.Әлғожа

Пікір беруші

техн.ғыл.канд.,

АУЭС доценті

\_\_\_\_\_ А.О.Касимов

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. лекторы

\_\_\_\_\_ Н.А.Джунусов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 ж.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі,  
техн.ғыл.канд.

\_\_\_\_\_ Е.Таштай  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Әлгожа Балжан Әлгожақызы

Тақырыбы «Жер станциясындағы телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларын талдау»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі “25” сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: 1) *Жерүсті басқару кешендері*; 2) *Ғарыштық аппараттарды жерүсті бақылау желісінің құрылғылары*; 3) *Жер станцияларының антенналарын орнату параметрлерін есептеу*.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: а) *Командалық-өлшеу кешендері*; ә) *Телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларының параметрлерін есептеу*; б) *Сигнал энергиясының қосымша өшулігін есептеу*.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдары 11 слайдта көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 23 атау

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Теориялық бөлім	20.01.2019 - 01.03.2019	орындалды
Құрылғылардың таңдау	02.03.2019 - 02.04.2019	орындалды
Техникалық есептеу бөлімі	01.04.2019 – 15.04.2019	орындалды

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

**қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Теориялық бөлім	Н.А.Джунусов, ЭТЖҒТ каф.лекторы		
Құрылғылардың таңдау	Н.А.Джунусов, ЭТЖҒТ каф.лекторы		
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы Смайлов Н.К.		

Ғылыми жетекшісі \_\_\_\_\_ Н.А.Джунусов  
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы \_\_\_\_\_ Б.Әлғожа

Күні “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 ж.

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс жер станциясында телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларын талдауға арналған.

Дипломдық жұмыс қолданыстағы құралдың талдауы жасалған, телеметрияның ерекшеліктері мен маңыздылығы қарастырылған.

Дипломдық жұмыс бұйрық беру-өлшеу жүйесінің жер станциясының жобасы жасалды. Станция және жер серігінің орналасу мекен жайын ескере отырып қабылдағыш және таратқыш сипаттамаларының есебі жасалды.

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломная работа посвящена вопросам разработки устройства приема и передачи телеметрии на наземной станции.

В дипломной работе сделан анализ имеющейся аппаратуры, рассмотрены особенности и значение телеметрии.

В работе разработан проект наземной станции командно-измерительной системы. Произведен расчет характеристик приемников и передатчиков с учетом координат расположения станции и спутника.

## **ANNOTATION**

This thesis is devoted to the development of the device receiving and transmitting telemetry on the ground station.

In the thesis the analysis of the available equipment is made, the features and value of telemetry are considered.

The project of ground station of command and measuring system is developed in the work. The calculation of the characteristics of receivers and transmitters taking into account the coordinates of the station and satellite.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Ғарыштық ақпараттық-телеметриялық құралдарды талдау	10
1.1 Ақпараттық-телеметриялық құралдардың сипаттамалары	10
1.2 Жерүсті басқару кешендері	14
1.3 Командалық-өлшеу кешендері	21
1.4 Мәселенің қойылымын негіздеу	30
2 Жер станциясындағы телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларын таңдау	31
2.1 Ғарыштық аппараттарды жерүсті бақылау желісінің құрылғылары	31
2.2 Командалық-өлшеу кешенінің техникалық сипаттамасы	33
2.3 ШҚТС-5 шағын габаритті қабылдау-тіркеу станциясы	35
2.4 НПРС-9 қабылдау-тіркеу станциясы	39
2.5 «Сажень-С» цифрлық ақпаратты өңдеу мен тіркеу аппараттарының кешені	40
2.6 Шағын габаритты тасымалданатын телеметриялық кешен	42
2.7 «ОПАЛ-М» қабылдау, тіркеу және ақпараттық қабылдау аппаратурасы	43
2.8 «МАРС» агрегатталатын антенналық-қабылдау құрылғылары	44
3 Телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларының параметрлерін есептеу	46
3.1 Жер станцияларының антенналарын орнату параметрлерін есептеу	46
3.2 Сигнал тараған кездегі сигналдың өшулігін есептеу	47
3.3 Сигнал энергиясының қосымша өшулігін есептеу	49
3.4 Радиожелінің энергетикалық сипаттамалары	57
3.5 Қабылдағыш жер станциялары антенналарының қажетті диаметрін есептеу	58
Қорытынды	60
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	61
Қосымша	62



## КІРІСПЕ

Ғарыш аппараттарының жұмысын және олардың пайдалы жүктемелерін қамтамасыз ету үшін жерүсті жүйесі аппараттарды басқарып, олардың кіші жүйелерінің күйін бақылап, олардың орбитадағы қалпын қадағалап және датчиктердің деректері бойынша олардың бағытын анықтап отыруы тиіс. Жерүсті жүйесі ғарыш аппаратының бортына басқару командаларын беру арқылы ғарыш аппаратын және оның аспаптарын немесе оның пайдалы жүктемесін басқарып отырады. Пассивті қадағалау әдістерін санамағанда (мысалы, радармен немесе лазерлік сәулені шағылыстырумен), аталған функцияларды орындау үшін жерүсті жүйесі телеметриялық деректер мен пайдалы жүктеме деректерін пайдаланып отырады. Мысалы, жерүсті жүйесі ғарыш аппараты орбитасының параметрлерін нақтылап анықтау үшін борттық радардың деректерін пайдаланып отыруы мүмкін.

Жерүсті станциялар (ground stations) ғарыш аппаратының бортынан пайдалы жүктеме деректерін қабылдап және оларды пайдаланушыларға жіберіп отырады. Оған қоса, жерүсті жүйесі пайдаланушыларға қажет болуы мүмкін телеметриялық деректерді және қадағалау деректерін жіберіп отырады. Ғарыштық жүйелердің көпшілігі деректерді үлестіру және ғарыш аппаратын басқару функцияларында пайдаланушылардың талаптарына сәйкес өзгертулер енгізіп отыруға мүмкіндік береді.

Жерүсті жүйелері (ground systems) жерүсті станциялары мен басқару орталықтарынан тұрады, олар бірге ғарыш аппаратының жұмысын қамтамасыз етуде және оның барлық жүйелерінің сапалы жұмысын қамтамасыз ету үшін қолданылады. Әдетте, жерүсті жүйесі ғарыш аппаратын басқару орталықтарына пайдаланушылардан келіп түсіп отыратын өтінімдердің негізінде басқарады. Байланыс серіктерін санамағанда, пайдаланушылар командаларды ғарыш аппаратының бортына тікелей жібермейді, себебі ғарыш аппаратының тұтастай күйі едәуір дәрежеде оның жекелеген аспаптары мен жүйелерінің күйіне байланысты болып табылады.

Борттық және жерүсті кешендерінің аппаратурасы үнемі жетілдіріліп отырады және заманауи жүйелерді әзірлеу кезінде алға қойылған міндеттерді жүктеме үнемі артып отыратын күрделі жағдайларда атқарып отыра алатын ең заманауи жабдықты таңдап отыру керек.

Орбиталарға жіберілетін ҒА-лардың саны жылдан жылға көбейіп келеді және жерүсті басқару жүйелері барынша жоғары жүктемемен жұмыс істеуде.

# 1 Ғарыштық ақпараттық-телеметриялық құралдарды талдау

## 1.1 Ақпараттық-телеметриялық құралдардың сипаттамалары

Ғарыштық-зымырандық зерттеулердің алдына қойылып отырған міндеттер тізімінің кеңеюі және олардың күрделілік дәрежесінің артуы ғарыштық нысандардың бортынан өлшеніп және тіркеліп отыратын, борттық жүйелерді бақылау мен басқаруға арналған, сондай-ақ ғылыми эксперименттердің нәтижесі болып табылатын ақпараттың тұрақты түрде арту беталысын белгіледі.

Ақпараттық-телеметриялық құралдарды қолдану ерекшеліктерінен келесілерін бөліп атап кетуге болады.

Нысанды қабылдау орындарының бір-бірінен ұзақ қашықтықта орналасу жағдайларында тасымалдау мынадай жағдайға әкеп соқтырады: нысан қабылдау-тіркеу аппаратурасынан шамадан тыс ұзақ қашықтықта орналасқан жағдайда борттық және радиотелеметриялық құралдардың арасындағы байланыс бұзылады және осы байланысты ұйымдастыру әдісін өзгерту қажеттігі туындайды.

Борт — Жер радиоарнасы мен ғарыш аппаратының (ҒА) борттық жүйелеріне Күннің электромагниттік сәуле шашуымен, Жердің радиациялық белдеулерінің өтуімен және магниттік өріс изосызықтарының орбитаны кесіп өтуінен туындаған бөгеуілдердің әсер етуі.

Борттық ақпараттық-телеметриялық жүйелердің есептеу модульдерінің ғарыш кеңістігін (әсіресе контейнерсіз ҒА үшін) пайдаланудың қолайсыз жағдайларындағы жұмыс сенімділігі бойынша қатаң талаптардың болуы борттық есептеу құрылғыларының элементтік базасының құрамына шектеулер қояды.

Байланыс арнасының өткізгіш қабілетіне шектеулер кезінде өлшенетін параметрлер санының артуы арасында кереғарлықтардың болуы борттық жүйелерді теле бақылаудың және ғылыми эксперименттерді ақпараттық-телеметриялық қамтудың тұрақтылығын, жеделдігін және шүбәсіздігін азайтады және сол себептен ақпараттық-телеметриялық құралдарды қолдану принциптерін әзірлеу кезінде оларды мұқият есепке алуды қажет етеді.

Ғарыштық-зымыран техникасы нысандарының борттық аппаратурасын пайдаланудың барлық кезеңдерінде ақпараттық-телеметриялық құралдардың бірдей түрін қолдану – оларды ұшу кезінде қолдануға және басқаруға даярлаудың қажеттігі.

Ғарыш аппараттарына тән борттық ақпараттық-телеметриялық жүйелердің (БАТЖ) массасына, габариті мен энергия тұтынуға қатысты қатаң талаптар БАТЖ тиімділігінің кейбір көрсеткіштерін шектейді.

Көлемі барған сайын артып отырған мәліметтерді тарату проблемасы телеметриялық ақпаратты алдағы уақытта таратуға арнап, сондай-ақ ұшу аппаратын бақылау, басқару және навигациялау жүйелерінде қолдануға арнап өңдеу функцияларын біріктіруді қажет етуде [1,2].

Борттық басқару кешенінің ҒА бортындағы ақпаратты өңдеумен байланысты элементтерінің тезәрекеттігі түрлі міндеттерді нақты уақыт

ауқымында шешіп отыруды қамтамасыз етуі тиіс. Бұл талап ББК құрылымын ҒА жұмысын автоматтандыру бағытында күрделілендірудің қажеттігіне әкеледі. Жұмысының дербестігін арттыру проблемасы әсіресе ғаламшараралық ғарыш аппараттарын диагностикалау жүйелерін әзірлеушілер үшін өзекті болуда.

Телеметриялық жүйелердің заманауи әзірлеушілері ақпараттық-телеметриялық қамтудың тиімділігін арттыру проблемаларын әртүрлі шешуде. Негізгі бағыттардың арасында борттық кешендерді әмбебап ету, олардың құрылымының модульдігі, өз-өзін диагностикалау функцияларымен бейімді жүйелерді құру.

Ірі халықаралық ғарыштық жобалардың басым бөлігін іске асырудың ерекшеліктері жоғары технологиялық жабдықтарды ғарыштағы түрлі міндеттерді шешу үшін, сондай-ақ Жерден тыс аймақтарда эксперименттер жүргізу үшін қолданумен сипатталады.

Осы жабдықтардың жұмысын қамтамасыз етудің қажеттігі жерүсті қадағалау, байланыс станциялары мен ғарыштан деректерді тарату жүйелеріне қойылатын талаптарға едәуір дәрежеде әсерін тигізді. Телеметриялық жүйенің жұмыс істеудегі мақсаты, егер оны телекоммуникациялық жабдықтың немесе өзге ғарыштық жобаның құрамынан шығаруға болса, әрдайым Ғарыштағы немесе Жердегі пайдаланушыларға қашықтағы борттық дереккөздерден өлшеу ақпаратын сенімді әрі дұрыс түрде жеткізу болып табылады.

Отандық телеметриялық жүйелерге немесе халықаралық жобаларда қолданылатын телекоммуникациялық жабдықтарға (сирек жағдайда – ҒА-ны және оның бортындағы басқару жүйелеріне) арнап оларды құрудың және жұмыс істеу әдістерінің бірқатар ерекшеліктерін бөліп кетуге болады:

- Телеметриялық жүйелер, ҒА басқару және диагностикалау жүйелері орталықтандырылған иерархиялық жүйелер борттық есептеу кешеніндегі бақылау мен диагностикалау алгоритмдерін іске асыру құрылғыларына негізделген. Бұл жағдайда басқару жүйелері үшін кірістік ақпарат ретінде көп жағдайда борттық өлшеу жүйелерінің деректері қолданылып отырады, олар ұлттық ғарыштық жүйелерде дәстүрлі түрде өлшеулерді Ұшуды басқару орталығына беру үшін ғана қолданылып отыратын, алайда сенімді болып саналғандықтан, борттық басқару контурына енгізілмейтін [3,4].

- шын мәнінде деректерді жинау мен тарату жүйелеріне айналып кеткен телеметриялық жүйелер жабдықты диагностикалау нәтижелері туралы ақпаратты, сондай-ақ (көбінеки) ғылыми эксперименттер туралы ақпаратты арнайы бөлінген бір ғана байланыс арналары арқылы таратып отырады (халықаралық байланыстық серіктік жүйелерді санамағанда). Бұл факт жобаны оны әзірлеу мен сүйемелдеуге деген барынша аз экономикалық шығындармен іске асыру талпынысының салдары болып табылады.

- Өнімді микропроцессорларға негізделген аппараттық құралдардың пайда болуы өнімділігі бұдан да жоғары деректерді тарату жүйелерін, және соның нәтижесінде анағұрлым күрделі және дербес болып келетін ҒА-ларды құру мүмкіндігін тудырды. Бұл фактілер техникалық және қаржылық жағдайлармен

катар үлкен мүмкіндікке ие және аз шығынмен жұмыс істейтін, тиімділігі жоғары телеметриялық жүйелерді құруды қажет етеді.

- Жобаның түрлі элементтерінің (сегменттерінің) әртүрлі елдерге, ғарыш агенттіктері мен ұйымдарға тиесілі болуы, сондай-ақ жобаға қатысушылардың телеметриялық ақпаратпен алмасу және бір-бірін аппараттық қолдау қажеттігі ақпаратты тарату қызметтерін, сондай-ақ қолданылып отырған жабдықты жоғары дәрежеде стандарттау себебіне айналды.

Радиобайланыс арналары ғарыштық жүйені пайдалану процестерін траекториялық өлшеулермен, жүйе элементтерінің бір-біріне телеметриялық, командалық-бағдарламалық нысаналы ақпаратты таратумен қамтамасыз етеді. Ғарыштық жүйелерде байланыс арнасын құрап тұрған таратқыш пен қабылдағыш бір-біріне тікелей көрініп тұратын жерде болып отыруы тиіс, бұл жағдайда олар радиосигналдардың Жер ионосферасы арқылы өтуін жеңілдету үшін барынша жоғары жиілікте (100 МГц-тен жоғары) жұмыс істеп тұруы тиіс. Ғарыш аппараты, егер тек ол геотұрақты орбитаға шығарылмаған болса, көбінеки оны пайдаланушының жерүсті станциясының көрінімділік аймағында болып отырады. Бұл жағдайда ғарыш аппараты мен жерүсті станциясының арасында ақпаратты қайта тарату үшін басқа ғарыш аппаратын – әдетте геотұрақты орбитаға шығарылатын қайта таратқыш-жасанды жер серігін пайдаланып отыруға болады. Ақпаратты жерүсті станциясынан қайта таратқыш-жасанды жер серігі арқылы ғарыш аппаратына таратуды қамтамасыз ететін байланыс арнасы тікелей байланыс арнасы деп аталады, ал ақпаратты ғарыш аппаратынан таратқыш-жасанды жер серігі арқылы жерүсті станциясына таратуды қамтамасыз ететін байланыс арнасы кері байланыс арнасы деп аталады.

Байланыс жүйесі архитектурасының әрбір нұсқасының негізгі ерекшеліктері 1.1 кестеде жүйеге келтірілген.

Қызметтік ақпаратты тарату міндеттерін шешу үшін В нұсқасы – Геотұрақты ғарыш аппараттарына негізделген байланыс жүйесі қолданылады, себебі станция әртүрлі биіктіктегі ғарыш аппараттарын байқауға арналған.

Қуаттылық ағымының тығыздығы бойынша шектеулер жердің 25°-тен артық бұрышына арнап келтірілген. Жердің бұдан аз бұрыштарына арнап тиісті шамалар тағы шамамен 10 дБ-ге азайтылуы тиіс.

Кесте 1.1 – Байланыс жүйесі архитектурасының бес нұсқасының салыстырмалы сипаттамалары

Архитектура	Архитектураның артықшылығы	Архитектураның кемшілігі
А. Төмен жер маңындағы орбита, бір ғарыш аппараты, деректерді аралық сақтаумен тарату	Орбитаға шығарудың төмен құны Ғарыш аппаратының төмен құны Орбита жазықтығы нөлдік емес еңкейген кезде қызмет көрсету аймағына Жердің полярлық өңірлері түсіп отырады	Таратылған хабарламаға қатынаудың ұзақ уақыты және деректерді таратудағы кідірістер (бірнеше сағатқа дейін баруы мүмкін)
В. Геотұрақты	Ғарыш аппараттарының арасында ауыстырып-қосуды қажет етпейді көп жағдайда жерүсті станциясы антеннасының ғарыш аппаратын байқауын қажет етпейді	Орбитаға шығарудың жоғары құны Ғарыш аппаратының жоғары құны. Орбитаның параметрлерін қолдап отыру қажет. Сигналдың тарау уақытындағы кешігулер. Қызмет көрсету аймағына Жердің полярлық өңірлері түспейді
С. «Найзағай» типіндегі орбита	Жердің полярлық өңірлеріне қызмет көрсетуді қамтамасыз етеді. Бір ғарыш аппаратына қатысты алғанда орбитаға шығарудың төмен құны	Бір жартышарға үздіксіз қызмет көрсету үшін бірнеше ғарыш аппараттарын қажет етеді. Антеннаны бағыттауды және ғарыш аппаратарының арасында ауыстырып-қосуды қажет етеді. Байланыс жүйесін басқару анағұрлым күрделі болып келеді. Орбитаның параметрлерін қолдау қажет
Д. Жерсерікаралық байланыс желілері бар геотұрақты станция	Жерсерігі-қайта таратқыш станциясының қажетінсіз ұзақ қашықтықта байланысты қамтамасыз етеді. Сигналдың тарауы кезіндегі кешігулерді азайтады, байланыстың қауіпсіздігі артады, жүйені құру мен пайдаланудың құны азаяды	Ғарыш аппаратының жоғары күрделілігі мен құны. Орбитаның параметрлерін қолдау қажет. Жерсерігі-қайта таратқышты құру мен іске қосу шығындары. Қызмет көрсету аймағына Жердің полярлық өңірлері кірмейді
Е. Жерсерікаралық байланыс желілері бар төмен орбиталық ғарыш аппараттарының жүйесі	Деректерді тарату жолдарының көптеген санына орай жоғары сенімділігі. Жердің көріну аймағының шектелуі есебінен бөгеуілдерге деген төмен сезімталдық. Бір ғарыш аппаратына қатысты алғанда орбитаға шығарудың төмен құны. Орбита жазықтығы нөлдік емес еңкейген кезде қызмет көрсету аймағына Жердің полярлық өңірлері түсіп отырады	Байланыс арналарына қатынаудың күрделі регламенті (антеннаны бұру, жиілік, уақыт) Ғарыш аппараттарының орбиталық топтамасын және тұтастай байланыс жүйесін күрделі динамикалық басқару Байланыс арналарының жоғары қолжетімділігін қамтамасыз ету үшін ғарыш аппараттарының көптеген санын қажет етеді

Кесте 1.2 - Халықаралық телекоммуникациялар одағымен белгіленген жиілік диапазондары мен қуаттылық ағымының тығыздығы бойынша шектеулер

Диапазонның шартты белгісі	Жиіліктер диапазоны, ГГц		Ғарыштық байланыс қызметі	"Төмен қараған" желі үшін қуаттылық ағымының шекті тығыздығы, дБВт/м <sup>2</sup>
	"Жоғары қараған" желі	"Төмен қараған" желі		
UHF	0.2 ... 0.45	0.2 ... 0.45	Әскери байланыс	–
L	1.635 ... 1.66	1.535 ... 1.56	Кеме жүргізу / Навигация	-144 / 4 кГц
S	2.65 ... 2.69	2.5 ... 2.54	Телерадиохабар тарату	-137 / 4 кГц
C	5.9 ... 6.4	3.7 ... 4.2	Ұлттық серіктік байланыс	-142 / 4 кГц
X	7.9 ... 8.4	7.25 ... 7.75	Әскери серіктік байланыс	-142 / 4 кГц
Ku	14.0 ... 14.5	12.5 ... 12.75	Ұлттық серіктік байланыс	-138 / 4 кГц
Ka	27.5 ... 31.0	17.7 ... 19.7	Ұлттық серіктік байланыс	-105 / 1 МГц
SHF / EHF	43.5 ... 45.5	19.7 ... 20.7	Әскери серіктік байланыс	–
V	шамамен 60-тай		Жер серікаралық байланыс	–

## 1.2 «Жерүсті басқару кешендері

Жерүсті басқару кешендері (ЖБК) борттық кешендермен қатар ғарыш аппараттарын (ҒА) олардың нысаналы мақсатына сәйкес басқаруға арналған, қажет етілетін математикалық қамтуы бар жерүсті ақпараттық-өлшеу және есептеу құралдарының жиынтығы болып табылады. ЖБК ҒА-ны орбитаға шығару құралдарынан ажыраған сәттен бастап ҒА-ның белсенді қызметінің мерзімі аяқталған сәтке дейін жұмыс істейді.

Жерүсті кешендері ҒА-ның нақты типтерін (ҒА жүйесін) басқаруды қамтамасыз етеді және сатылық дәрежесі одан жоғары болып келетін құрылымдық түзілімдердің, яғни ҒА-ны автоматтандырылған басқару

жүйелерінің (АБЖ); ҒА-ны жерүсті автоматтандырылған басқару кешенінің (ЖАБК) құрамдас бөлігі болып табылады.

ҒА-ны автоматтандырылған басқару жүйе ҒА-ны басқаруға және оның нысаналы мақсатқа сәйкес, ҒА ұшу бағдарламасын және оның борттық жүйелерінің күйін ескерумен, жұмыс істеуін қамтамасыз етуге арналған. ҒА АБЖ бір-бірімен әрекеттесіп отыратын ЖБК-ны және ҒА борттық басқару кешенін қамтиды.

ҒА ЖАБК командалық-өлшеу бекеттерінің, ұшуды басқару орталықтарының (ҰБО) және ҒА-ның бүкіл орбиталық топтамасын басқару құралдарын қамтитын өзге нысандардың жиынтығы болып табылады, олар командалық-өлшеу жүйелерінің (КӨЖ) жерүсті станциялары, қабылдаушы-тіркеуші телеметриялық станциялар, есептеу құралдары, байланыс және деректерді тарату құралдары, автоматтандыру құралдары, бірыңғай уақыт жүйесінің құралдары және т.б. ЖАБК-да сондай-ақ түрлі ҒА АБЖ жұмысын жоспарлау мен үйлестіру қамтамасыз етіледі.

Командалық-өлшеу бекеті деп бұл анықтамада ЖАБК құралдарының белгілі бір аймақта (бекетте) шоғырланған және өзге құралдармен қатар ҒА-мен және ҒА-ны басқару орталықтарымен ақпаратпен алмасып отыратын командалық-өлшеу жүйелерінің жерүсті станцияларын қамтыған оқшаулы топтамасы түсініледі. Командалық-өлшеу жүйелерінің жерүсті станциялары ҒА ҰБО-мен байланыс және деректерді тарату жүйесі (БДТЖ) арқылы әрекеттесіп отырады.

ЖБК құрамында әдетте бірнеше командалық-өлшеу бекеттері қолданылып отырады, олар ҒА-ға жаппай қызмет көрсету режимдерінде түрлі ЖБК-ларда жұмыс істеп отыра алады. Олар стационарлы немесе жылжымалы (жерүсті жылжымалы құралдарында, жүзгіш кемелерде, автокөліктерде, ұшақтар мен басқа тасымалдағыштарда орналасуы мүмкін) болып отыруы мүмкін. Осы айтылғандарға мысал ретінде «Каштан» командалық-өлшеу жүйесі негізіндегі стационарлық «Сары – Шаған» командалық өлшеу бекеті (полигоны) 1.1 суретте көрсетілген.



Сурет 1.1 - «Сары – Шаған» полигонының стационарлық командалық-өлшеу бекеті

Командалық-өлшеу бекеттерінің Жер бетінде орналасқан жері басқарылатын ғарыштық жүйелердің орбиталық топтамасының баллистикалық құрылымына, навигациялық-баллистикалық қамтудың дәлдігі мен ЖБК-ның ҒА-мен ақпараттық өзара іс-қимылының ғаламдық сипатына байланысты. ҒА-ны командалық-өлшеу бекетінен қадағалау шарттары орбитаның параметрлерімен және Жер бетіндегі спутникасты нүктесінің командалық-өлшеу бекетіне қатысты траекториясымен (ҒА орбитасының трассасымен) анықталады.

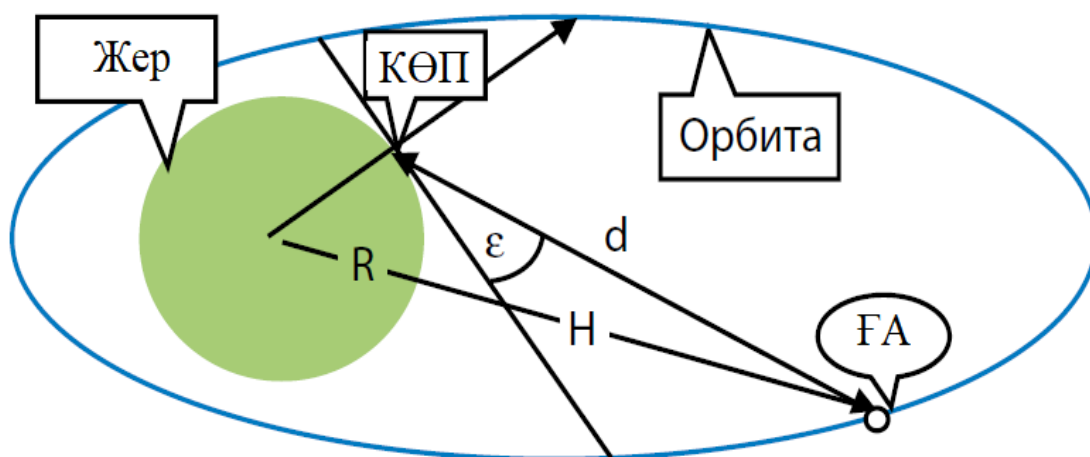
«Жерүсті станциялары-ҒА» ғарыштық радиожелілер Жер атмосферасының «айқындылық радиотерезелері» электромагниттік толқын диапазоңдарында ( $\sim 30$  м... $\sim 1$  см) жұмыс істейді, соған орай ҒА мен жерүсті командалық-өлшеу бекетінің арасындағы сеанстар ҒА-ның сол бекетпен тікелей көріну аймағында болып отырған уақыт бойы ғана мүмкін болады. Командалық-өлшеу бекетінің радиокөрінімділік аймағы деп антеннаның бағытталу диаграммасының бас жармасының жергілікті көкжиектен  $5^\circ$  артық жоғарылау бұрыштары кезінде көрініп тұратын жер маңындағы кеңістіктің бір бөлігін санау керек. Бұл аймақта жерүсті және борттық радиокұралдардың тұрақты радиобайланысы қамтамасыз етіледі. Кейде бұрышы  $5^\circ$  градустан төмен жерлерде де радиокөрінімділік аймақтары қолданылып отырады. 1.2 суретте ҒА орбитасының жазықтығындағы командалық-өлшеу бекетінің радиокөрініс аумағы көрсетілген. Мұндағы:

R-Жер радиусы ;

H — есептелетін орбитаның биіктігі



$d$  — ҒА-тан командалық-өлшеу бекетіне дейінгі арақашықтық ;



Сурет 1.2 - ҒА орбитасы жазықтығындағы командалық-өлшеу пунктiнiң радиокөрiнiс аумағы

Басқаруды қамтамасыз ету тұрғысынан алғанда, ҒА-ны ЖБК құралдарымен бақылау шарттарына қойылатын талаптар байланыс сеанстарында ҒА-ның басқарудың технологиялық циклдерін іске асырудың қажеттігімен анықталады. ҒА-ды басқару командалық-бағдарламалық қамту, ақпараттық-телеметриялық қамту және навигациялық-баллистикалық қамту операцияларын орындау арқылы іске асырылады, кейінгілері сондай-ақ жиілікті-уақыттық қамтуды қамтиды. Осы операцияларды іске асыратын ҒА-ны басқарудың негізгі құралдарына ҒА-ны басқарудың жерүсті және борттық кешендерінің тиісті құралдары жатады [4,5].

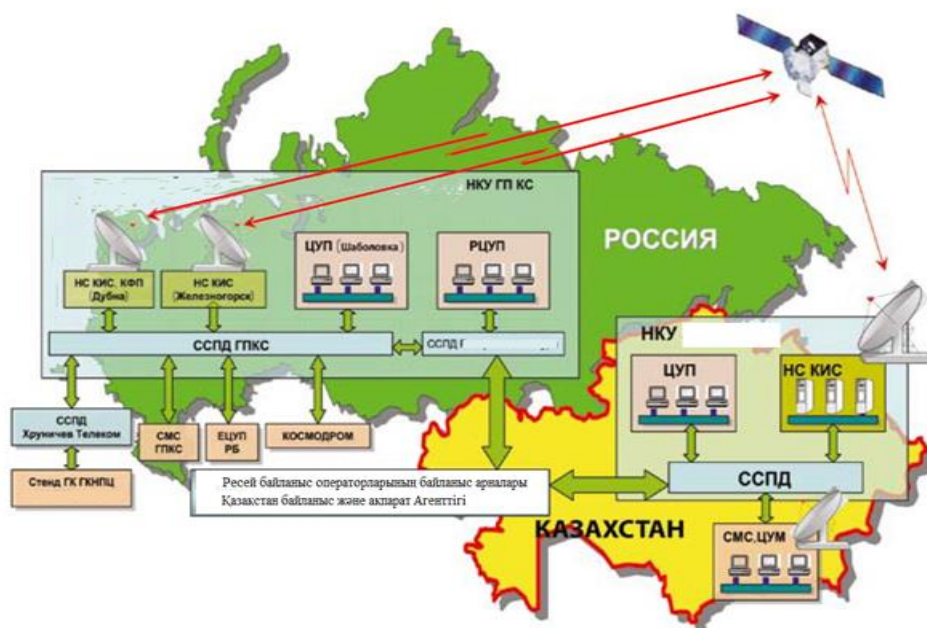
Жерүсті басқару кешендері және олардың құралдары құрылымы мен функционалды міндеттері бойынша біріздендірілген, алайда нақты басқарылатын ҒА-тарға арнап бейімделген. Бұл тұрғыда келесі ЖБК-ларды бөлуге болады:

– автоматты ҒА-тарды (фотобақылау; оптикалық-электронды бақылау; радио- және радиотехникалық бақылау); байланыс және қайта тарату; байланыс, навигация және геодезия; ғаламдық навигациялық серіктік жүйе; геодезия және картография; гидрометеобақылау, геофизика және геодезия; арнайы байланыс және т.б.);

– ұшқышпен басқарылатын ҒА-тарды;

– қашықтағы ғарыш ҒА-тарын.

Мысал ретінде 1.3 суретте «KazSat» ҒА ЖБК құрылымдық сұлбасы көрсетілген.



Сурет 1.3 - «KazSat» ҒА ЖБК құрылымдық сұлбасы

Үлгілік ҒА ЖБК құрамына келесі негізгі техникалық құралдар мен кешендер кіреді: ҒА ұшырылымын басқару орталығы; командалық-өлшеу жүйелерінің жерүсті станциялары, телеметриялық қабылдау-тіркеу станциялары, ҒА-ның ағымдағы навигациялық параметрлерін өлшеудің әртүрлі құралдары, соның ішінде кванттық-оптикалық жүйелер, корреляциялық-фазалық пеленгаторлар (КФП) және басқ.; ЖБК байланыс және деректерді тарату жүйесі; бірыңғай уақыт жүйесінің құралдары.

ҒА ЖБК-ның типтік құрамы және негізгі міндеттерін ЖБК мысалында Жерді қашықтан зондылау, байланыс және хабар таратудың шағын ҒА-ларымен ұсынуға болады.

ҒА жерүсті басқару кешені

ЖБК келесі негізгі міндеттерді шешіп отыруы тиіс:

ҒА-ны басқаруды командалық-бағдарламалық қамту тұрғысында:

біржолға командаларды, командалық-бағдарламалық ақпаратты және оларды байланыс сеанстарында беру шарттарын құрастыру; борттық жүйелердің жұмысын жоспарлау, ҒА басқару бағдарламаларын есептеу және құрастыру үшін бастапқы деректерді жинау және әзірлеу; борттық жүйелердің жұмысын жоспарлау, басқару бағдарламаларын, сонымен бірге уақыттың борттық межелігін құрастыруға, борттық және синхрондау құрылғысының фазалау мен реттеуге арналған деректерді әзірлеу; ҒА-ға біржолға командаларды және квоталаумен командалық-бағдарламалық ақпаратты беру; сеанста ҒА-ны тікелей ҰБО-дан транзиттік біржолға командалар және ҰБО-дан келген нұсқаулар бойынша командалық-өлшеу жүйесінің жерүсті станциясынан кезектен тыс біржолға командалар беру арқылы басқару; ҒА ұшуының жоспарланған уақыттық циклограммасын есептеу;

ҒА-ны басқаруды ақпараттық-телеметриялық қамтамасыз ету тұрғысында: ҒА-дан беріліп отырған барлық түрдегі бақылау ақпаратын (жалпылама бақылау

ақпаратын, телеметриялық ақпаратты) қабылдау; бақылау ақпаратын өңдеу; ҒА-ның жоспарланған міндеттерді орындауын бақылау; ҒА-ның функционалды міндеттерді орындау кезінде оның жүйелерінің, аспаптары мен құрылымдық элементтерінің күйіне баға беру; борттық аппаратураның жұмысындағы ақауларды диагностикалау және штаттан тыс жағдайларда ҒА-ны басқару бойынша ұсынымдар беру; ҒА-ны басқаруға арналған бастапқы технологиялық деректерді әзірлеу; ҒА және ЖБК элементтері бойынша ағымдағы және анықтамалық ақпаратты жинақтау, жүйеге келтіру, каталогқа жинақтау, сақтау;

ҒА-ны басқаруды навигациялық-баллистикалық қамтамасыз ету тұрғысында:

ҒА-ның ағымдағы навигациялық параметрлерін өлшеу; ҒА орбитасын анықтау (массалар орталығының қозғалыс параметрлерін есептеу); ҒА ағымдағы навигациялық параметрлерін өлшеу деректері бойынша қозғалыстың және орбита элементтерінің параметрлерін болжау; ЖБК құралдары мен өзара әрекеттесуші ұйымдардың жұмысын қамтамасыз етуге арналған баллистикалық ақпаратты есептеу.

Оған қоса, ҒА ЖБК мыналарды қамтамасыз етуі тиіс: ЖБК құралдарының жұмысын жоспарлау; жергілікті уақыт межелігін (ЖБК уақыт межелігін) құрастыру және сақтау; ҒА-ға рұқсат етілмеген түрде біржолғы командаларды және басқару бағдарламаларын беруден және ЖБК-да айналымда жүрген ақпаратқа рұқсат етілмеген түрде қатынаудан сақтау, ҒА-ға беріліп отырған хабарламалардың жалған хабарламаларға қатысты төзімділігін қамтамасыз ету; ЖБК элементтерінің арасындағы, сондай-ақ ЖБК мен сырты абоненттердің арасындағы ақпараттық алмасуды ұйымдастыру [6,7].

ҒА ЖБК-мен өзара әрекеттесіп отыратын сыртқы абоненттерге мыналарды жатқызуға болады (мысалы «Монитор-Э» ЖБК): ғарыш кеңістігін бақылау орталығы; ЖАБК баллистикалық орталығы; ғарыш айлағының өлшеу кешені; ғарыштық ақпаратты қабылдау мен өңдеудің жерүсті кешені; ұшу ақпаратын өңдеу мен көрсету орталығы; ғаламдық навигациялық серіктік жүйені басқару орталығы; Бас құрастырушының ақпараттық-үлгілеу кешені және қадағалау мен авторлық қадағалау секторы; ҒА және ЖБК әзірлеушілер кооперациясына кіретін кәсіпорындардың тақшалары [8].

Ұшуды басқару орталығы

ЖБК бас сарапшысы ҰБО болып табылады, одан ҒА мен ЖБК құралдарын тәулік бойы автоматтандырылған түрде басқару іске асырылып отырады.

ҰБО-ның негізгі функционалды міндеттері: ҒА мен ЖБК құралдарының борттық жүйелерінің жұмысын жоспарлау; командалық-бағдарламалық ақпаратты есептеу, құрастыру және оны командалық-өлшеу жүйесінің жерүсті станциясына беру; барлық түрдегі басқару ақпаратын жинақтау, өңдеу, бейнелеу және құжаттандыру; борттық жүйелердің жұмысын бақылау, борттан қабылданып отырған телеметриялық ақпарат бойынша ұшу бағдарламасын орындау нәтижелерін талдау, ҒА нысаналы аппаратурасын басқару органдарының өтінімдері бойынша оны өзгерту туралы шешімдерді әзірлеу және қабылдау; басқару сеанстарын әзірлеу мен өткізу барысында ЖБК техникалық

құралдарының жұмысын бақылау; навигациялық-баллистикалық міндеттерді шешу.

ҰБО ұйымдық құрылымы келесі элементтерді қамтуы тиіс: ҰБО командалық бекеті, ол ҰБО-ның барлық секторларының, қызметтері мен кешендерінң жұмысын үйлестіруді қамтамасыз етеді; ҒА жұмысын ұзақмерзімді және жедел жосарлау секторы; ҒА күйін және жұмысын кешенді талдау секторы; ҒА-ны басқаруды навигациялық-баллистикалық қамтамасыз ету секторы; ҒА-ны басқаруды телеметриялық қамтамасыз ету секторы; ақпаратты бейнелеу және ұсыну секторы; ҰБО автоматтандыру құралдарының кешенін бағдарламалық-математикалық қамтуды сүйемелдеу секторы.

ҰБО техникалық құралдарының құрамына математикалық қамтуы бар есептеу кешендері кіреді, олар ҒА-ны басқару міндеттерін автоматтандырылған түрде шешуге, телеметриялық ақпаратты өңдеуге, навигациялық-баллистикалық қамтамасыз етуге, командалық-бағдарламалық ақпаратты қалыптастыруға арналған, сондай-ақ байланыс торабы, ақпаратты жеке және ұжымдық бейнелеу, құжаттандыру және сақтау құралдары кіреді.

Ғылыми ақпаратты жинау жүйесі «Интербол», «Коронас-И», «Коронас-Ф», «Фотон» және т.б. жобаларды ақпараттық-телеметриялық қамтамасыз етуге арналған.

Телеметриялық жүйенің (РҒАЖМИИ-де әзірленген) басты ерекшеліктеріне әзірлеудің барлық кезеңдерінде заманауи элементтік базаны пайдалану және жоғары зияткерлік технологияларды қолдану жатады.

АЖТЖ арналу мақсаты:

- ғылыми және қызметтік аппаратурадан ақпарат жинау;
- ақпаратты радиобайланыс жоқ кезде сақтау;
- қызметтік және ғылыми аппаратураны қосып ажырату;
- ақпаратты радиоарна арқылы жерүсті серіктік ақпаратты қабылдау орындарына беріп отыру;
- басқарушы ақпаратты командалық радиоарна арқылы қабылдау, командаларды сақтау және қызметтік жүйелер мен ғылыми кешенгі белгіленген уақытта беріп отыру;
- орындалатын уақыттық өлшеулерді қамтамасыз ету [9].

Ақпаратты жинау мен өңдеудің қажетгі жылдамдығын қамтамасыз ету үшін АЖТЖ тактілік жиілігі 30МГц 32-разрядтық микропроцессорды қолданады. Сенімділігін арттыру үшін барлық жүйелерді екі есе резервтеу көзделген, оған қоса резервті «суықтай», сондай-ақ «ыстықтай» режимдерде қолданып отыруға болады.

Борттық жадының көлемі ғылыми аспаптардың ақпараттың өнімділігімен және радиоарнаның өткізу қабілетімен анықталады. Ақпаратты тарату жылдамдығы 1 Мбит/с құраған жағдайда бір байланыс сеансы кезінде 70 Мб ақпаратты таратуға болады. Бұл шама жады көлемінің жоғарғы шегі ретінде таңдалған. АЖТЖ-да әрқайсысының көлемі 32 Мбайтты құрайтын екі жады блогы орнатылған. Ғылыми аппаратураны басқару үшін өткізу қабілеті 1 Кбит/с командалық радиожелі қолданылады [10].

Электрқорегі берілген АЖТЖ келесі төрт режимнің бірінде болуы мүмкін.

- Ақпаратты жазу режимі.

- Ақпаратты жаңғырту режимі – жадыда жазылған ақпаратты Жерге беруге арналған. Ақпарат жазылу тәртібіне қарай, яғни хронологиялық түрде беріліп отырады. Борттық компьютер жадыдағы ақпаратты байттеп оқып, әр байтты модуляциялау әдісіне сәйкес импульстер тізбегіне айналдырып және ақпаратты аға биттен бастап таратқыштың модуляторынан көрсетіп отырады. Ақпаратты жаңғырту режимінде аспаптарға сұрақ қою жүргізілмейді.

- Тікелей тарату (ТТ) режимі – ғылыми аспаптардағы деректерді таратуға, АЖТЖ және ҒА бортындағы радиоарна жолының жұмысқа жарамдылығын тексеру бойынша реттеу жұмыстарын жүргізуге, жерүсті қабылдау орындарының аппараттарын реттеуге, сондай-ақ борттық уақыт межелегін жердегі уақытқа байлауға арналған. Тікелей тарату деректерді жадыда жазылған ақпаратқа нұқсан келтірусіз ұзақ уақыт тарату қажет болатын жағдайларда қолданылады.

- Командаларды қабылдау режимі. Командаларды қабылдау режимінде ақпарат командалық радиоарна арқылы қабылданады. Бұл режим ең жоғары басымдыққа ие. АЖТЖ оған кез келген өзге режимнен командалық радиожелінің қабылдағышынан пайдалы сигнал анықтала салысымен бірден ауысады.

### **1.3 Командалық-өлшеу кешендері**

Командалық-өлшеу кешені (КӨК) – ғарыш аппараттары (ҒА) зымыран-тасығыштар мен ғарыш нысандары өздері арқылы басқарылатын құралдар мен қызметтердің жиынтығы.

Командалық-өлшеу кешені (КӨК) тұрақты негізде үш негізгі функцияны орындап отыруға арналған, онсыз бірде-бір ҒА қалыпты түрде жұмыс істей алмайды:

1) Телеметрия – ҒА борттық жүйелерінің мәртебесі туралы деректерді, атап айтқанда, температура, кернеу, энергожүйелердің, отын және т.б. деректерді, сондай-ақ ҒА-ның өз миссиясын орындауына байланысты алынған деректерді алу және мағынасын ашу, бұл жағдайда коммуникациялық ағым жоғарыдан төмен қарай, жасанды жер серігінен жерүсті станциясына бағытталған.

2) ҒА-ны орбитада сүйемелдеу – ҒА-ның орбитадағы орналасқан жерін, ұшу жылдамдығын және траекториясын анықтау мақсатында орбиталық параметрлерге ие болуды қамтиды. Осы мақсатта КӨК бірқатар өлшеулерді орындайды, атап айтқанда:

Әмбебап сипатқа ие, тәулік мезгіліне байланыссыз түрде жұмыс істейтін, алайды өлшеу дәлдігі бойынша оптикалық құралдардан кем түсетін радиотехникалық құралдармен:

- жерүсті станциясынан сигналдың жасанды жер серігіне және кері

қайтып оралуы үшін қажет болатын уақыт өлшенеді, бұл жерүсті станциясы мен жасанды жер серігінің арақашықтығын анықтауға мүмкіндік береді;

- жасанды жер серігінің орын ауыстыруына орай жиіліктің ығысуын (Доплер әсерін) анықтау, бұл жасанды жер серігінің орбитада айналу жылдамдығын анықтауға мүмкіндік береді;

- антеннаны жасанды жер серігіне бұрған кезде антеннаның азимут мен көкжиекке қарай еңкею бұрышын анықтау.

3) Басқару командалары – ҒА-ға, мысалы электржабдықтарын, түзету қозғалтқыштарын іске қосу сияқты белгілі бір функцияларды орындау үшін сол не өзге жүйелерді іске қосатын радиосигналдарды тарату, бұл жағдайда коммуникациялық ағым төменнен жоғары қарай, жерүсті станциясынан ҒА-ға бағытталған.

Телеметриялық ақпаратты тарату жүйесі борттық және жерүсті телеметриялық жүйелерін, сондай-ақ ҒА – Жер радиожелісін біріктірген.

Командалық-өлшеу жүйелері (КӨЖ) жерүсті және борттық басқару кешендерін бір-бірімен байланыстырады. КӨЖ-дің автоматты (пилотпен басқарылмайтын) ҒА-ны басқару кезіндегі негізгі міндеттері: ҒА-ға командалық-қабылдау ақпаратын КҚА беру, ҒА-дан телеметриялық ақпаратты (ТМА) қабылдау, ағымдағы навигациялық параметрлерді өлшеу, сондай-ақ борттық уақыт межелігін (БУМ) салыстыру, фазаларға бөлу және түзету. Бұл міндеттерді шешу үшін ақпаратты таратудың мамандандырылған желілерін – командалық және телеметриялық радиожелілерді, сондай-ақ қашықтықты, жылдамдықты, бұрыштық координаталарды және басқа да навигациялық параметрлерді өлшеуді қамтамасыз ететін өлшегіш радиожелілерді қолданып отыруға болады.

Командалық-өлшеу жүйелерінің (КӨЖ) жерүсті станциялары [11].

КӨЖ құрамына жерүсті станциясы мен борттық аппаратура кіреді.

КӨЖ жерүсті станциясы ҒА-ны басқарудың жерүсті кешенінің құрамына кіреді, КӨЖ борттық аппаратурасы ҒА-ны басқарудың борттық кешенінің құрамына кіреді.

Дәстүрлі түрде КӨЖ ҒА-мен ҒА-ны басқару ақпаратымен алмасуды қамтамасыз ететін жүйе ретінде қарастырылып отырады. КӨЖ-ді біріздендірілген түрде дамыту барысында олардың функционалды міндеттерінің тізбесі көбейіп отырды, оның ішінде байланысқан хабарламаларды, телевизиялық сигналдарды тарату, ҒА-дан «ЖБК шақырту» типіндегі түрлі хабардар ету сигналдарын тарату және т.б.

Командалық-өлшеу жүйесі ҒА-ның ағымдағы навигациялық параметрлерін (қашықтықты, радиал жылдамдықты және бұрыштық координаталарды) өлшеуге, ҒА-дан телеметриялық ақпаратты қабылдауға, нысаналы аппаратура мен ҒА-ның қамтамасыз ету жүйелерін басқару ақпаратымен алмасуға арналған. 1.4-сурет-«KazSat» ҒА КӨЖ жердегі станцияның сыртқы түрі көрсетілген [12].



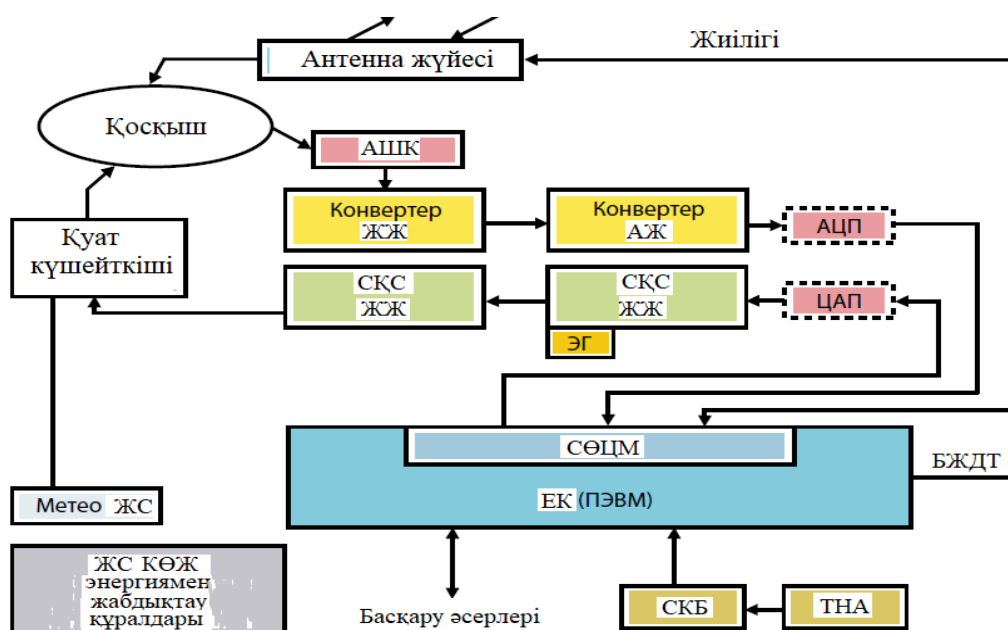
Сурет 1.4 - «KazSat» ҒА КӨЖ жердегі станцияның сыртқы түрі

КӨЖ жерүсті станциялары КӨЖ-дің борттық аппаратурасымен бірге келесі функционалды міндеттерді атқарады: ҒА-ға командалық-бағдарламалық ақпаратты беру және оның өтуі туралы түбіртектерді қабылдау; ҒА-дан борттық жүйелердің жағдайы мен олардың жұмыс істеу нәтижелері туралы телеметриялық ақпаратты (сонымен бірге жалпылама бақылау ақпаратын) қабылдау; ҒА-ның ағымдағы навигациялық параметрлерін өзгерту, өлшеу ақпаратын алдын-ала өңдеу (әдеттен тыс өлшеулерді ақауға жатқызу және ақпаратты қысу); КӨЖ жерүсті станциясының жергілікті уақыт межелігін қалыптастыру және сақтау және оны бірыңғай уақыт жүйесінің немесе ғарыштық навигациялық жүйелердің сигналдары бойынша байлау; борттық уақыт межелігін салыстыру, фазалау және түзету; жерүсті станциясы мен КӨЖ борттық аппаратурасын борттық басқару кешенінің, сондай-ақ ЖБК-ның бастамасы бойынша автоматты түрде іздеу және байланысқа ену; бұрыштық координаталар бойынша ҒА-ны сүйемелдеу жүйелеріне арналған нысаналарды, қашықтықты және жиіліктің доплерлік ығысуын қарымталау бағдарламасын есептеу; КӨЖ жерүсті станциясының ҒА-ның басқару орталықтары мен бекеттерінің ақпараттық-басқару кешендерімен ҒА-ны басқару сеанстарын өткізу үшін қажетті ақпаратпен байланыс және деректерді тарату жүйесі арқылы автоматтандырылған түрде алмасуы; КӨЖ жұмысы туралы есептік ақпаратты қалыптастыру, бейнелеу және құжаттандыру, оны байланыс арналарына беру; КӨЖ аппаратурасының күйін автоматтандырылған түрде диагностикалау; КӨЖ жерүсті станциясының ҒА-мен ҒА-ның нысаналы арналуымен анықталған түрлі ақпаратпен алмасуы. КӨЖ-дің функционалды міндеттерін кеңейту (немесе оларды азайту) КӨЖ-ді қолданудың нақты нұсқаларымен анықталады.

КӨЖ «KazSat» жерүсті станциясының (ЖС) техникалық жүйелерінің құрамы:

- ҒА-ны бұрыштық координаталар бойынша нысаналау мен сүйемелдеу құрылғылары бар антенналық қабылдау-тарату жүйесі (АС);
- сұрату сигналының қуаттылығын күшейткіш (ҚК);
- шуылы төмен күшейткіші (ШТК) ме жоғары жиіліктің қоса орнатылған конвертері (ЖЖК) бар кірістік қабылдау құрылғысы (КҚК);
- аралық жиіліктің конвертері (АЖК);
- аралық жиіліктің сұрату сигналын қалыптастырғыш (АЖ ССҚ), оның құрамында эталондық жиілік сигналының генераторы (ЭГ), эталондық сигналдың тармақтағышы, кірістік және шығыстық сигналды түрлендіргіштер және тиісті қайта құрылатын синтезатор-гетеродиндер, псевдошуыл сигналының синтезаторы, цифрлық-аналогтық түрлендіргіш (ЦАТ) бар;
- жоғары жиіліктің сұрату сигналының жиілігін қалыптастырғыш (ЖЖ ССҚ);
- қоса орнатылған аспаптары: сигналдарды өңдеудің цифрлық модулі (СӨЦМ) және сұрату сигналының қуаттылығын күшейткішті басқару платалары, қабылдау сигналының толқынарналы ауыстырып-қосқышы, АЖ ССҚ, ЖЖ ССҚ, ШТК, аралық жиіліктің конвертері бар дербес электронды-есептеу машиналарында (ДЭЕМ) орындалған есептеу кешені (ЕК);
- навигациялық қабылдағыш (НАК);
- дәл уақыт сигналдарын көбейту блогы (СКБ);
- рефрактометр (метеостанция);
- ЖС энергиямен қамту аспаптары;
- байланыс және деректерді тарату аппаратурасы;
- ЖС функционалды бақылаудың кіші жүйесі.

1.5 суретте КӨЖ жерүсті станциясының құрылымдық-функционалды сұлбасы келтірілген.



1.5 Сурет - КӨЖ жерүсті станциясының құрылымдық-функционалды сұлбасы



Жерүсті станциясының техникалық жүйелерінің жұмыс істеу технологиясы: Антеналық жүйе сұрату сигналын беруді, ҒА бортынан сигналды қабылдауды, ҒА-ны бағыты бойынша іздеу, нысаналау және сүйемелдеуді, ҒА-ны нысаналау сызықтарының екі ортогональді бұрыштық координаталарын өлшеуді қамтамасыз етеді. Сұрату сигналының қуаттылығын күшейткіш жоғары жиіліктің сұрату сигналын қалыптастырушыдан келіп түскен шығып отырған сұрату сигналын күшейтеді. Кірістік қабылдау құрылғысы қабылданған сигналды күшейтіп және оны бірінші аралық жиілік сигналына айналдырады. Аралық жиілік конвертері бірінші аралық жиілік сигналын екінші және үшінші аралық жиілік сигналына айналдырады, сигналды күшейтіп және сүзгілейді. Үшінші аралық жиілік сигналы аналогтық-цифрлық түрлендіргіште (АЦТ) өзгертіліп және есептеу кешенінің ДЭЕМ-мен біріктірілген сигналды цифрлық өңдеу модуліне келіп түседі. Есептеу кешені сигналдарды өңдеп және аппаратураны автоматтандырылған түрде басқарады [13, 14].

Навигациялық қабылдағыш ГЛОНАСС/GPS сигналдарына байланған жергілікті уақыт межелігінің секундтық белгілерін қалыптастыруда қолданылады. Дәл уақыт сигналдарын көбейту блогы навигациялық қабылдағыштан уақыттың секундтық белгілерін қабылдап және оларды есептеу кешенінің ДЭЕМ-ына береді. Рефрактометр қашықтық сигналдың тропосферада тарауына қатысты түзетулерді ЖС орналасу ауданындағы атмосфераның жерге жақын қабатындағы метеопараметрлерді есептеуге арнап өлшеу үшін қолданылады. Энергиямен қамту аспаптары ЖС кепілдендірілген электрқорегін қамтамасыз етеді. Байланыс және деректерді тарату аппаратурасы ҰБО-да деректерді (ағымдағы навигациялық параметрлерді өлшеу массивтерін, телеметриялық ақпаратты, біржолғы командалардың өтуі туралы хабарламаларды және командалық-бағдарламалық ақпаратты, жерүсті станциясының күйі мен жұмысы туралы жалпылама деректерді) таратуды қамтамасыз етеді.

Байланыс және деректерді тарату жүйесі (БДТЖ). БДТЖ құрамына мыналар кіреді: автоматтандырылған коммутация орталықтары, модемдер, арна түзгіш және абоненттік аппаратура, кабельдік, сымдық, талшықты-оптикалық, радиорелелік және спутниктік байланыс арналары, түрлі байланыс кіші жүйелерін түйістіру құралдары. Байланыс және деректерді тарату жүйесін интегралды қызмет көрсетудің цифрлық желісін құру бағытында дамыту көзделуде [15].

Бірыңғай уақыт жүйесі. Бірыңғай уақыт жүйесі ЖБК-ның барлық элементтерін уақыт бойынша синхрондауға арналған. Ол орталық бекетті және ҰБО мен барлық командалық-өлшеу бекеттерінде орналасқан жергілікті бекеттерді қамтиды. Орталық бекет тұрақтылығы жоғары генераторларға негізделумен түзілетін бастапқы сигналдардың көзі болып табылады. Орталық бекеттің сигналдары байланыс құралдары арқылы жергілікті бекеттерге таратылып отырады, ол жерде олар жергілікті жиілік эталондарын синхрондау үшін қолданылады. Кейінгілерінің сигналдары өз кезегінде командалық-өлшеу

бекеттерінің радиотехникалық құралдарына таратылып және олардың жұмысын синхрондап отырады.

ҒА-ны басқару технологиясы ақпаратты қайта таратудың ғарыштық жүйелерін қатыстырусыз тікелей басқаруды және орбитасы төмен бірқатар ҒА-лар үшін қайта таратқыш-спутниктерді қолданумен, басқарудың қайта тарату режимін көздейді. Қазіргі кезде геотұрақты орбитадағы қайта таратқыш-спутниктер кең тараған болып келеді [16].

Геотұрақты орбитадағы ғарыштық қайта тарату жүйесінің техникалық құрылымы 2...3 қайта таратқыш-спутникті, бір-екі жерүсті станциясын және қызмет көрсетілетін ҒА-лардың бортына орнатылған абоненттік аппаратураны қамтиды. Геотұрақты орбитадағы спутник түбіндегі нүктелердің  $120^\circ$  алшақтаған географиялық бойлықтарымен үш қайта таратқыш-спутник солтүстік және оңтүстік ендіктегі  $\sim 80^\circ$  полярмаңындағы аймақтарды санамағанда, жер бетін (және жер маңындағы ғарыштық кеңістікті) тұтастай шолуды қамтамасыз етеді.

Геотұрақты орбитада ҒА-мен қайта таратудың дамыған ғарыштық жүйесінің мысалына АҚШ-тың TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System) жүйесі жатады. TDRSS жүйесі орбитасы төмен (биіктігі  $\leq 2000$  км) ҒА-ларға қызмет көрсетудің шамамен 0,9 ғаламдығын қамтамасыз етеді. Осыған ұқсас ғарыштық қайта тарату жүйесі Ресейде «Мир» ұшқышпен басқарылатын орбиталық станциясы мен «Буран» көп мәрте пайдаланылатын ғарыштық жүйесін басқару кешенінің құрамында қолданылған болатын. Жүйенің негізін «Луч» геотұрақты орбитасындағы қайта таратқыш-спутниктер құрады.

Ғарыштық қайта тарату жүйелері ҒА-мен және шығару құралдарымен ұшуды басқару, телеөлшеулер және ұшқышпен басқарылатын кешендердің экипажымен байланыс жасау үшін қажетті барлық түрдегі ақпаратпен алмасуды, сондай-ақ ҒА-ның нысаналы мақсаттағы аппаратурасынан жылдамдығы жоғары (жүздеген Мбит/с дейін) цифрлық ақпаратты таратуды қамтамасыз етеді [17,18].

Қазіргі кезде Ресейде көпфункционалды ғарыштық қайта тарату жүйесі (КҒҚЖ) әзірленуде. Космический сегмент целевой аппаратуры спутников-ретрансляторов КҒҚЖ қайта таратқыш-спутниктерінің нысаналы аппаратурасының ғарыштық сегменті оптикалық толқын диапазонындағы S, KU, ҒА транспондерлерін және абоненттердің сигналдарын бір-бірінен айырып отыру және сигналдарды қолданылатын жиіліктер межелігі бойынша тасымалдау құрылғыларын қамтуы тиіс. Жерүсті сегменті ғарыштық ақпаратты тұтынушылардың құралдарымен қатар қайта таратқыш-спутниктер мен КҒҚЖ абоненттерімен барлық түрдегі ақпаратпен алмасудың бір немесе бірнеше жерүсті станцияларын – сигналдарды қайта тарату орталығын құруды көздейді. Сигналдарды қайта тарату орталығы ҒА-ны басқару ақпаратын қайта таратуды, нысанаылы, телеметриялық, телевизиялық, байланыс ақпаратымен алмасуды қамтамасыз етуі тиіс. Сигналдарды қайта тарату орталығы КҒҚЖ-ның негізгі терминалы болып табылады. Терминалдың құрамына мыналар енуі тиіс: магистральдік арналарың радиотехникалық кешені; пайдаланушылардың деректерін өңдеу мен таратудың кіші жүйесі; ақпаратты басқару мен бейнелеудің

компьютерлік желісі; техникалық бақылаудың кіші жүйесі. Терминалдардың құрамына сонымен қатар мыналар енуі тиіс: бірыңғай уақыт жүйесінің құралдары; терминал ішіндегі деректермен алмасу; байланыс және деректерді тарату құралдары; бақылау-тексеру және бақылау-өлшеу аппаратурасы; бағдарламалық қамту, қызметкерлерді оқыту және жаттықтыру орталығы; қордағы мүлік пен керек-жарақтар қоймасы және т.б. КҒҚЖ-ның жерүсті сегментінің құрамына функционалды тұрғыдан сондай-ақ ҒА-ға дәлдігі жоғары бұрыштық өлшеулерді орындау үшін радиотолқындардың КУ-диапазонында әрекеттілігін қамтамасыз ету тұрғысында пысықталған корреляциялық-фазалық пеленгаторларды енгізген дұрыс болып көрінеді.

Түрлі ақпаратты басқару және ҒА-мен алмасу құралдарын дамытудың перспективалық бағытына жерүсті-ғарыштық ақпараттық желілерді (ЖҒАЖ) құру жатады. Ақпараттық жүйелерді желілік құру принциптері олардың ақпараттық және техникалық ресурсының жиынтығын анағұрлым тиімді пайдалану мақсатында сигналдарды желінің тораптарында қайта тарату және желі абоненттерінің өзара ақпаратпен алмасуының тиімді маршруттарын табу мүмкіндігіне негізделген [19].

Ақпаратпен желілік алмасу идеясын міндеттердің белгілі бір тізімін шешіп отырған жерүсті-ғарыштық нысандарға көшіру желінің құрамына кіретін ғарыштық сегменттің болуының арқасында мұндай жүйелердің тұрақты әрекеттелігін, жеделдігін және ғаламдығын қамтамасыз ету тұрғысында, ал сол топтамадағы ҒА АБЖ-ға қатысты жерүсті командалық-өлшеу бекеттерінің қажетті санын қысқарту (ҒА-ны басқарудың бір бекеттік әдістерін қолдану) тұрғысында тиімді болып көрінеді. Төмен орбиталы жерүсті-ғарыштық ақпараттық желілердің геотұрақты орбитадағы қайта таратқыш-спутниктерді пайдаланатын ғарыштық қайта тарату жүйелерімен салыстырғандағы артықшылығы мынадай: ҒА-ны анағұрлым төмен орбиталарға шығарудың арқасында жүйені құру мен пайдалану құнының төмендеуі; радиожелілердің әрекет ету қашықтығын (энергетиканы) азайтудың арқасында басқару мен байланыс аппаратурасының құнының төмендеуі; жүйенің ғаламдығын, кез келген жер маңындағы орбиталарда және Жер бетінің кез келген нүктелерінде орналасқан абоненттермен байланыстың қолжетімділігін қамтамасыз ету мүмкіндігі; жүйенің орбиталық сегментін шектелмеген түрде кеңейтудің мүмкіндігі; жүйенің өткізу қабілетін ҒА-лардың, сондай-ақ ақпаратты сақтап және қайта таратып отыра алатын жерүсті абоненттерінің санын көбейту арқылы арттыру мүмкіндігі; ақпаратты көп бағыттық таратудың есебінен жүйе әрекеттілігінің тұрақтылығын арттыру [20].

КӨЖ аппаратуралық кешендері мұндай жерүсті-ғарыштық ақпараттық желінің негізгі жүйе құрушы элементтерін таңдаудың барынша қолайлы нұсқасы болып табылады, себебі КӨЖ жаппай қызмет көрсетудің біріздендірілген жүйелері ретінде құрылып отырады, олардың борттық аппаратурасы міндетті түрде басқаруды қажет ететін ҒА-лардың барлығында орнатылады. Жерүсті-ғарыштық ақпараттық желінің құрамында пайдалануға арналған КӨЖ-дің ерекшелігіне ҒА-ның ткелей басқарудың дәстүрлі режимдерінде, сондай-ақ

желінің өзге абоненттеріне арналған ақпаратты қайта тарату режимінде әрекет ету қабілеті жатады. КӨЖ-де қайта тарату режимінің болуы ақпараттық желіде арнайы қайта таратқыш-спутниктерді (геотұрғылықты, жоғарыэллипстік немесе төмен орбиталы), сондай-ақ кез келген нысаналы ҒА-ларды қолдануға мүмкіндігін ашады.

Мұндай ақпараттық желінің қосымша артықшылықтары: жерүсті-ғарыштық ақпараттық желінің апаратуралық кешендерін нысаналы ҒА-лармен біріктірудің арқасында шығындардың азаюы (бірқатар міндеттер үшін арнайы қайта таратқыш-спутниктерді құру қажет етілмейді); басқарудың желілік бір бекеттік әдістерін қолдануға көшуден кейін бүкіл топтамадағы ҒА ЖБК құралдарының қысқаруы; ҒА-ны басқару және түрлі ақпаратты тарату функцияларын бір жүйеде біріктіру мүмкіндігі. Келешекте НКӨЖ өзіне өзіндік басқару жүйелері бар жаңа ҒА-лар және жаңа жерүсті абоненттері кіріп отыруы мүмкін (жерүсті-ғарыштық ақпараттық желінің сипаттамалары мен тәртіптік принциптерімен анықталған бірыңғай шарттармен) ашық жүйе ретінде қарастырылуы мүмкін.

Қосымша жеткізілетін DVB-RCS жабдығының арнайы сипаттамасы.

Жергілікті LAN желісінің жабдықтары.

Оқшаулы LAN желісіне технологиялық компьютерлер, оперативтік, инженерлік-техникалық және әкімшілік қызметкерлерінің жұмыс компьютерлері кіретін болады. КӨК LAN желілері сыртқы WAN желілерге шығатын болады.

Телеметриялық ақпаратты және ҒА-ға дейінгі қашықтық туралы ақпаратты қабылдау үшін КӨК станциясының қабылдау арналары қолданылады. Антеннамен қабылданып және антеннамен күшейтілген (антеннаны күшейту коэффициентіне) S диапазонындағы радиосигнал сигналды полярлауға қарай тиісті ШТК-ға келіп түсіп отырады. ШТК шуыл деңгейінде пайдалы сигналды бөліп алады, күшейтіп және сигнал/шуыл қатынасын береді. Сигнал/шуылдың бұдан үлкен қатынасын алу үшін ШТК өзіндік шуылдардың шағын деңгейіне және күшейтудің үлкен коэффициентіне ие болып отыруы тиіс. ШТК-мен шамамен 60дБ дейін күшейтілген сигнал S диапазонындағы жиілікті азайтқыш түрлендіргішке келіп түседі. S диапазонындағы жиілікті азайтқыш түрлендіргіш S диапазонындағы кірістік сигналды 70 МГц аралық жиілікке айналдырады. «Айналы арна» әсерін жойып және жиілікті азайтқыш түрлендіргіште жиілікті қайта құрудың аз адымын алу үшін жиілікті екі есе түрлендіру принципі қолданылады. ЖЖ сигнал кірістік күшейткішпен күшейтіліп, сүзгіленіп және бірінші араластырғышқа келіп түседі, оның екінші кірісіне жиілік синтезаторының сигналы келіп түседі. Араластырғыштың шығысында бірінші АЖ сигналы алынады, ол сүзгіленіп және аралық жиіліктің күшейткішімен күшейтіледі және екінші араластырғышқа келіп түседі. Екінші араластырғыш үшін тіректік сигнал ретінде синтезатордың шығысынан алынған сигнал болады. Араластырғыштың шығысынан АЖ 70 МГц сигнал алынады, ол арна түзгіш жабдыққа келіп түседі. Ықпалдастырылған арна түзгіш жабдық (ЫАЖ) тексеру кодтарын қайта модуляциялап, қайта кодтап және оларды алып тастайды,

нәтижесінде өзін әрі қарай Тапсырыс берушіге беру үшін телеметриялық және қашықтық ақпаратты цифрлық түрінде алатын боламыз. КӨК станциясының қабылдау арналары қабылдау кезінде S жиілігіндегі кез келген тасушы сигналдарды қабылдап отыруы тиіс, атап айтқанда:

- S жиіліктер жолағындағы TM+RG сигналы, бір мезгілде немесе жеке-жеке RHCP немесе LHCP полярланған сигналдарды;

- S жиіліктер жолағындағы тек қана TM (TIP) сигналы.

Екі түрлі полярланған қатарынан екі қабылдау арнасы TM сигналдарын бір мезгілде қабылдау үшін қолжетімді болып отыруы мүмкін.

TM-ны LAN желісіне таратудың алдында уақыт бойынша берілген синхрокомбинация және синхрондау арқылы кадрлық синхрондау Еуропаның Ғарыш Агенттігі (ESA) стандарттарына (немесе басқа келісілген стандарттарға) сәйкес жүзеге асырылады.

КӨК станциясының TM қабылдау арналарымен қамтамасыз етілетін басқа функциялар:

- TM,  $(E+No)/No$  және TM BER өлшеуді қамтамасыз ету үшін S диапазонындағы ЖЖ сигналды шығарудың бақылау нүктелерін ұсыну;

- қабылданып отырған сигналды мониторингілеу үшін ЖЖ сигналдың бір шығыстық нүктесін ұсыну;

- моноимпульстік байқау арнасында (егер байқау жүйесінде болса) қосындылаушы сигнал ретінде қолдану үшін ЖЖ сигналдың бір шығыстық нүктесін ұсыну;

- TM деректерін кем дегенде жеті күнге архивтеу;

- барлық қолда бар техникалық параметрлерді, сонымен бірге сигналдар мен күйін жергілікті және қашықтан мониторингілеу;

барлық тиісті техникалық параметрлерді жергілікті және қашықтан басқару (яғни жиілікті реттеу және таңдау);

- жиілікті станцияның тіректік жиілігіне айналуына қарсы бұғаттау;

- қажетіне қарай уақытты сыртқы эталондық көзбен синхрондау.

ҒА-ға дейінгі қашықтықты өлшеудің функционалды мүмкіндіктерін суреттеу (RG).

КӨК станциясы ҒА-ға дейінгі қашықтықты өлшеу және ҒА-ның жылдамдығын Доплердің сигналдары бойынша өлшеу мүмкіндігіне ие. Мұндай өлшеуге арнап тарату арналары, сондай-ақ қабылдау арналары қолданылады. Ол сондай-ақ кіші калибрлеу жүйесі арқылы станцияны калибрлеу жұмысын орындайды.

КӨК станциясының қашықтықты өлшеу жұмысы келесі түрде орындалады:

Тарату кезінде TT&C процессоры Еуропаның Ғарыш Агенттігі (ESA) стандарттарына (немесе басқа келісілген стандарттарға) сәйкес қашықтық сигналын шығарады. Қашықтық сигналы бұдан бұрын TC сигналдарына арнап суреттелгендей түрде модульденіп, жиілігі бойынша S диапазонындағы жұмыс жиілігіне дейін түрлендіріліп, күшейтіліп және таратылады. Қашықтығын өлшеу

жұмысы ТС-ны таратумен қатар немесе одан бөлек түрде орындалып отыруы мүмкін.

Қашықтық сигналы қабылданған кезде тура FA TM сигналы жүріп өтетін жолмен жүріп өтеді, КӨК қабылдау құрылғыларымен қабылданады, мұнда сигнал өңделіп және қашықтығы өлшенеді. Қашықтығын өлшеу және Доплер сигналын өлшеудің нәтижелері Мониторинг және Бақылау Жүйесінің (M&C) қолдануы үшін цифрлық ағын түрінде БІАЖ-ның тиісті ТСР/ІР порттарына келіп түседі.

M&C жүйесі станцияның қашықтықты өлшеу трактісін калибрлеуге ұйытқы болып отыруы мүмкін. Кіші калибрлеу жүйесі тест-таратқыш немесе сигналды кері қарай қабылдау арнасына таратуға арналған соған ұқсас жабдық арқылы сигналды тарату жолынан қабылдау жолына жібереді. Станцияның тарату уақыты өлшенеді.

Қашықтығын өлшеуге жатқызылған басқа функциялар:

- барлық қолда бар техникалық параметрлерді, сонымен бірге сигналдар мен күйін жергілікті және қашықтан мониторингілеу;
- барлық тиісті техникалық параметрлерді жергілікті және қашықтан басқару (қабылдау мен тарату кезінде деңгейін реттеу және жиілікті таңдау);
- жиілікті станцияның тіректік жиілігіне айналуына қарсы бұғаттау;
- қажетіне қарай уақытты сыртқы эталондық көзбен синхрондау;
- тарату уақытының ауытқуын түзету (тек бір өрісі, оның ішінде: тарату уақытын борттық калибрлеу, станциядағы уақытты калибрлеу және т.б.)

#### **1.4 Мәселенің қойылымын негіздеу**

Бұл дипломдық жұмыс жер станциясында телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларын талдауға арналған. Сондықтан бұл дипломдық жұмыста келесі мәселелер қарастырылу қажет:

- дипломдық жұмыста қолданылатын құрал-жабдықтарға талдау жасау;
- ақпараттық-телеметриялық құралдардың сипаттамаларын, ерекшеліктері мен маңыздылығын қарастыру;
- бұйрық беру-өлшеу жүйесінің жер станциясының сұлбаларын құру;
- телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларының негізгі параметрлерін есептеу;
- станция және жер серігінің орналасу мекен жайын ескере отырып қабылдағыш және таратқыш сипаттамаларының есебін жүргізу.

## **2 Жер станциясындағы телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларын таңдау**

### **2.1 Ғарыштық аппараттарды жерүсті бақылау желісінің құрылғылары**

ҒА-ны жерүсті бақылау желісінің құрылғылары, әдетте, келесі міндеттерді атқарады:

ұшып жүрген ҒА-ның бұрыштық сүйемелдеу;

борттық аппаратураны басқаруға арналған командалық ақпаратты қалыптастырып және ҒА-ға жіберу;

траекториялық өлшеу жүргізу және ұшу траекториясын анықтау;

борттық аппаратураның жұмысы туралы телеметриялық ақпаратты ҒА бортынан қабылдап алу, бөлектеу, өңдеу және ұсыну;

ҒА бортынан ғылыми ақпаратты алу;

ҒА-ны басқару үшін қажет болатын барлық ақпарат түрлерімен бақылау станцияларының, ұшуды басқару орталығы (ҰБО) мен баллистикалық орталықтың (БО) өзара алмасуы;

бақылау желісінің техникалық құрылғыларының жұмысын бақылау.

Телеметриялық радиожелі арқылы таратылып отырған ақпаратта ҒА-дағы барлық жүйелер мен құрылғылардың күйі мен жұмысы туралы деректерді қамтыған. Оған сондай-ақ ҒА-ның айналасындағы орта туралы мәліметтер және сонымен бірге ҒА нысаналы жүйелерімен алынған өзге деректер енуі мүмкін.

Телеметриялық радиожелі арқылы таратылып отырған ақпаратта ҒА-дағы барлық жүйелер мен құрылғылардың күйі мен жұмысы туралы деректердің көлемі әдетте сол ҒА-ның өңдеу мен сынау кезеңінен өтіп отырған-отырмағанына, онымен профилактикалық және жөндеу-қалпына келтіру жұмыстары жүргізіліп жатыр ма немесе штаттық пайдалануда ма, соған байланысты болады. Соңғы жағдайда деректердің көлемі барынша аз болады, себебі ҒА негізгі жүйелерінің жұмысқа жарамдылығына бақылау ғана қажет етіледі.

Телеметрическойлық ақпаратты тарату кезінде бастапқы хабарламалар тіркеліп отырған физикалық процестерге қарай сан-алуан түрлі сипатқа ие болады. Тиісті датчиктердің көмегімен олар өздерін радиоарна арқылы тарату қажет болатын уақыт функцияларының жиынына айналдырылады. Күрделі ҒА-ларда тіркелетін процестердің, яғни арналардың саны бірнеше жүздеген және тіпті мыңдаған санға дейін барып отырады. Осылайша, телеметриялық радиожелілер әрдайым көп арналы болып табылады.

Заманауи жүйелерде өздерінде арналар уақытша тығыздалған цифрлық телеметриялық арналар ғана қолданылады. Бұл жағдайда уақытша тығыздалуды іске асыру үшін бірыңғай синхрондаушы құрылғы қолданылады.

2.1 кестеде екі «Жер-Ғарыш-Жер» кіші байланыс жүйелері мен үш кіші серікаралық байланыс жүйелерінің негізгі сипаттамалары келтірілген. Әрбір жүйе радиосигналды модуляциялаудың әртүрлі сұлбаларын қолдана алады. «Жер-Ғарыш-Жер» кіші байланыс жүйелеріне арналған антенналардың сипаттамалары екі типті антенналарды қамтыған, олар; ғарыш аппаратының штаттық (бағытталған) ұшу режиміне арналған бағытталған антенна және апаттық (бағытталмаған) ұшу режиміне арналған жартылай сфералық бағытталу диаграммасымен аз бағытталған антенна.

Кесте 2.1 – Кіші байланыс жүйелерінің негізгі типтерінің сипаттамалары

Қолданылу саласы	Жиіліктер		Модуляция		Антенналардың сипаттамалары	Түсіндірме
	«Жоғары» сызығы	«Төмен» сызығы	«Жоғары» сызығы	«Төмен» сызығы		
«Жер-Ғарыш-Жер» кіші байланыс жүйесі	S-диапазон 1.75...1.85 ГГц	S-диапазон 2.20...2.30 ГГц	ЖКМ АМ ФМ	ИКМ ФМ ЧМ	Бағытталған антенна; аз бағытталған антенна	SGLS стандарты, TOR-0059, қайта басылған Н қар.
«Жер-Ғарыш-Жер» бақылау және деректерді тарату желісі	S-диапазон 2.02...2.12 ГГц	S-диапазон 2.20...2.30 ГГц	ИКМ ФКМ ЖКМ	ИКМ ФКМ ФМ	Бағытталған антенна; аз бағытталған антенна	GSTDN сСтандарты біртіндеп қолданыстан шығуда.
TDRSS жүйесіндегі қайта таратқыш-жасанды серікпен байланыс	S-диапазон К-диапазон	S-диапазон К-диапазон	КФКМ Спектрдің кеңеюі	КФКМ Спектрдің кеңеюі	Сүйір бағытталған	жүйені пайдаланушы стандарты TDRSS (НАСА Годдард орталығының STDN 101.2 стандартын қараңыз)
Оптикалық байланыстың кіші жүйесі	Инфрақызылдан бастап ультракүлгінге дейін	Инфрақызылдан бастап ультракүлгінге дейін	ФИМ / ФКМ	ФИМ / ФКМ	Сүйір бағытталған	Жиіліктер диапазоны қолданылып отырған кіші байланыс жүйелерінің жабдықтарына байланысты

Бағытталған антеннаның бағытталу диаграммасының ені Жердің бетін тұтастай шолуды қамтамасыз етеді (сол ғарыш аппаратының ұшу биіктігінен Жердің бұрыштық өлшемімен анықталады)



Шартты белгілер:

ЖКМ – жиілікті-кодтық манипуляция;

АМ – амплитудалық модуляция;

ФМ – фазалық модуляция;

ИКМ – импульстік-кодтық модуляция;

ФКМ – фазалы-кодтық манипуляция;

КФКМ – квадратуралық фазалық-кодтық манипуляция;

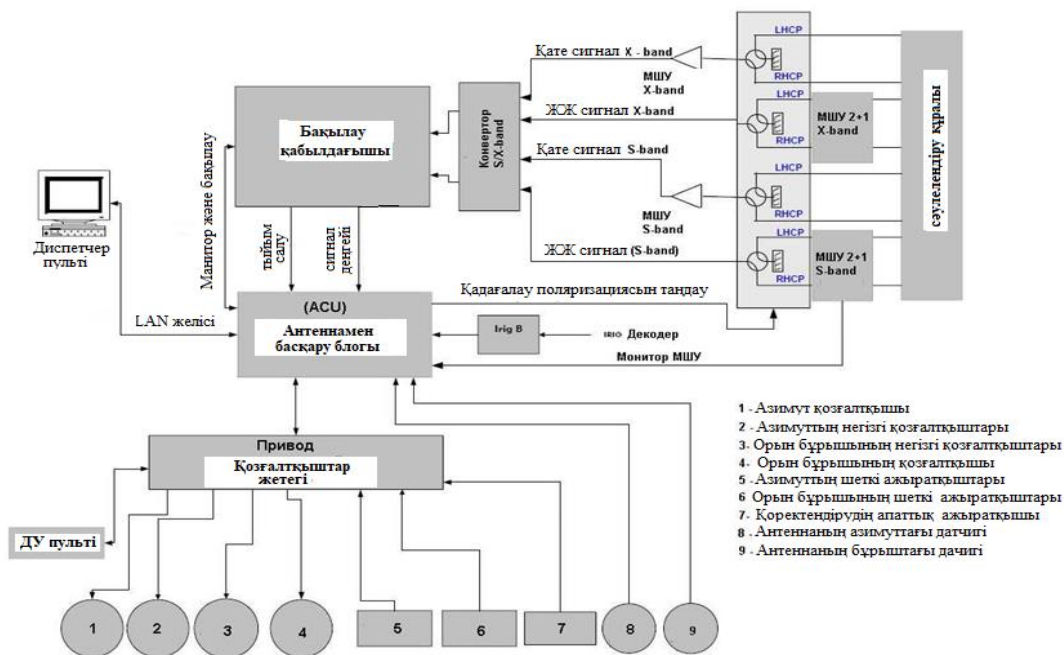
ФИМ – фаза-импульстік модуляция.

## 2.2 Командалық-өлшеу кешенінің техникалық сипаттамасы

КӨК байқау жүйесі автоматты режимде, сондай-ақ қол режимінде жер маңындағы обитада ұшып жүрген ҒА-ларды іздеуге, табуға және сүйемелдеуге арналған.

КӨК байқау жүйесі келесі жабдықтардан тұрады:

- Антеннаны басқару блогы.
- Антенна қалпының датчигі.
- Қозғалтқыштардың жетегі.
- S/X диапазонындағы жиілікті төмен түрлендіргіш.
- Байқау қабылдағышы.
- Байқау жүйесінің ШТК.
- IRIG B декодері.



2.1 сурет – Байқау жүйесінің құрылымдық сұлбасы. Антеннаны басқару блогы.

Басқару командаларын (ТС) және ҒА-ға дейінгі қашықтық туралы сигналды тарату үшін КӨК станциясының тарату арналары қолданылып отыруы тиіс. Тапсырыс берушіден цифрлық форматта келіп түскен Басқару командалары (ТС) LAN желіден БҚпалдастырылған арна түзгіш жабдыққа (БІАЖ) келіп түседі. БІАЖ LAN арқылы алынған ТС хабарламаларды тексеріп және жағымды (ТС ОК) немесе жағымсыз (bad ТС) хабарламаны кері қарай жібереді.

ТС сәтті берілгеннен кейін және ТС қабылданғаны расталғаннан кейін жаңғырық-сигнал LAN желісіне жағымды немесе жағымсыз хабарлама түрінде қайтып оралады.

БІАЖ-да резервтік конфигурацияда (БІАЖ-ның екі жиынтығы) қашықтық сигналы да ТС сигналдарымен бірге немесе олардан бөлек түрде үлгіленуі мүмкін.

БІАЖ-да тексеру биттерін модуляциялау, кодтау, енгізу жүргізіледі. БІАЖ шығысында S диапазонындағы жиілігін арттырғыш түрлендіргішке беру үшін ЖТ 70 МГц сигналын аламыз. S диапазонындағы жиілігін арттырғыш түрлендіргіш 70 МГц аралық жиілігіндегі кірістік сигналды S диапазонындағы ЖЖ сигналға айналдырады. «Айналы арна» әсерін жойып және жиілігін арттырғыш түрлендіргіштегі жиілікті қайта құрудың шағын адымын алу үшін жиілікті қосарлы түрлендіру принципі қолданылады. ЖЖ сигнал бірінші араластырғышқа келіп түседі, оның екінші кірісіне жиілік синтезаторының сигналы келіп түседі. Араластырғыштың шығысында бірінші ЖЖ сигналы алынады, ол сүзгіленіп және аралық жиіліктің күшейткішімен күшейтіліп және екінші араластырғышқа келіп түседі.

Екінші араластырғыш үшін тіректік сигнал ретінде синтезатор шығысының сигналы болады. Араластырғыштың шығысында S диапазонындағы ЖЖ сигнал алынады. Беріліп отырған жұмыс жиілігі жиілік синтезаторы арқылы таңдалады. S диапазонындағы радиосигнал қажет етілетін ЭИСҚ (EIRP) алу үшін қуаттылығы жоғары күшейткішке түседі. Қуаттылығы жоғары күшейткіш (НРА) S диапазонындағы сигналдың 60дБ күшеюін қамтамасыз етеді. Үлкенірек күшейту коэффициентін алу үшін НРА-да ЛБВ (жүгірген толқын шамы) немесе көпкаскадты транзисторлық күшейткіштер қолданылады. S диапазонындағы ЖЖ сигнал сигналды қажетті түрде полярлау үшін НРА шығысынан толқын арналары арқылы антенна сәулелегішінің тиісті портына түсіп отырады. Сәулелегіштегі сигнал антеннаның шағылдырғышына жіберіледі, ал антенна сигналды ҒА-ға қарай тарады.

Басқару командаларын тарату жүйесі төменде келтірілген жиіліктердің кез келгенін таңдалған конфигурацияға байланысты таратып отыра алады:

- ТС+RG тасушы жиілік S жиіліктер диапазонында,
- ТС тек қана тасушы жиілік S жиіліктер диапазонында.

НРА сондай-ақ беріліп отырған қуаттылыққа мониторинг жүргізеді, яғни таратылып отырған тиімді изотропты-сәулеленуші қуаттылықтың (EIRP) мәндерін бақылап отыруға болады. НРА және жиілігін арттырғыш түрлендіргіш таратылып отырған қуаттылықтың мәнін орнату үшін күшейту коэффициентін реттеу мүмкіндігіне ие (әрқайсысы ең аз дег. 20дБ). Осыған қосымша түрде НРА

шығысында каплер бар, ол арқылы таратылып отырған сигналдың бір бөлігін оны калибрлеп және тестілеу үшін шешіп алып отыруға болады.

Ең жоғары тиімді изотропты-сәулеленуші қуаттылық пен оның диапазоны іске қосу-реттеу жұмыстары кезінде өлшенетін болады, бұл жағдайда антеннаның күшею коэффициенті, НРА шығыстық қуаттылығын өлшеу және антенна мен НРА арасындағы сөну ескеріліп отырады. Оператор EIRP бақылау үшін арттырғыш түрлендіргіштің немесе қуаттылығы жоғары күшейткіштің аттенюаторын қолданып отыра алады, алайда EIRP реттеу үшін, әдетте, арттырғыш түрлендіргіштің аттенюаторы қолданылады.

КӨК станциясының тарату арналарымен қамтамасыз етілетін басқа функциялар:

- таратылып отырған сигналдың полярлығын таңдау;
- станцияның таратуын ажырату. НРА шығысындағы ауыстырып-қосқыш сигналдың жүктемеге (тестілеу мақсатына арнап) немесе антеннаға берілуін қамтамасыз етеді. НРА сондай-ақ шығыстық қуаттылықты ажырату режиміне көшірілуі мүмкін;
- барлық қолда бар техникалық параметрлерді, сонымен бірге сигналдар мен олардың күйін жергілікті және қашықтан мониторингілеу;
- барлық тиісті техникалық параметрлерді жергілікті және қашықтан басқару;
- жиілікті станцияның тіректік жиілігіне айналуына қарсы бұғаттау;
- қажетіне қарай уақытты сыртқы эталондық көзбен синхрондау;
- ТМ сигналдарын сынау мақсатында үлгілеу;
- сынау мақсатында ТС толық ЖЖ «ілгек» (модульдеу мен модульсіздендіруді қоса алғанда).

### **2.3 ШҚТС-5 шағын габаритті қабылдау-тіркеу станциясы**

Заманауи қабылдау-тіркеу станцияларын құрудың негізгі беталыстары:

- Тек қана радиотелеметриялық (сигналдардың құрылымында бірден бірнеше телеметриялық жүйе орын алып отырады), навигациялық ақпаратты, басқару жүйелерінің параметрлерін қабылдау мен өңдеу мүмкіндіктері ғана емес, сонымен қатар экспериментальді ғарыш аппараттарымен алынған ғылыми деректерді жинау;
- Аппаратураның салмақ-габариттік сипаттамалары бойынша шектеулер және пайдаланушыға арнап бейімдеу (мамандардың аз саны қызмет көрсете алатындай шағын габаритті қабылдау-тіркеу станцияларын әзірлеу).

ШҚТС-5 станциясы борттық РТС-тың таратқышының шығысынан ЖЖ-кабель арқылы келіп түскен ТМА-ны қазіргі кезде қолданылатын барлық борттық телеметриялық жүйелердің, яғни РТС-9, БАТЖ, БРС құрылымдарында

қабылдау, жадыда сақтау, көрсету және тұтынушыларға таратуды жүзеге асырады.

ШҚТС мынаны қамтамасыз етеді:

1) Бұйым таратқышының шығысынан немесе сигналдың жоғары жиілікті имитаторының шығысынан ЖЖ кабель арқылы келіп түскен келесі жиіліктер диапазонындағы радиосигналды қабылдау: М - (160 ... 250) МГц, Д1 - (625 ... 650) МГц, ДП-(1000..1050) МГц, S- (2200 ... 2300) МГц барлық диапазондарда - 0,1 МГц реттеу адымымен.

2) модуляциясы ВИМ-АМ; КИМ-ЧМ; КИМ-ФМ, АИМ/КИМ-ЧМ ЖЖ сигналдарды детекторлау.

3) Ақпараттылығы (жылдамдығы) төмендегідей телеметриялық сигналды қабылдау және өңдеу:

- модуляциясы КИМ-ЧМ, КИМ-ФМ - 1024,512,256,32,16,8 Кбит/с;
- сигналдың модуляциясы АИМ/КИМ-ЧМ - 1280, 640 Кбит/с;
- сигналдың модуляциясы ВИМ-АМ - 25600, 3200 изм/с.

4) Қабылданып отырған телеметриялық ақпараттың толық ағымын ДЭЕМ-нің винчестерінде артынша сол ақпаратты магниттік, оптикалық дискіде немесе DVD-де архивтеумен жадыда сақтау (тіркеу). Ақпараттылығы жоғары РТС сигналын үздіксіз тіркеу уақыты кем дегенде 3 сағат, БРС құрылымының сигналдарын тіркеу уақыты кем дегенде 1 сағат.

5) ДЭЕМ мониториынан ТМА арналарының (параметрлерінің) оны келіп түсу қарқынымен (немесе пайдаланушының жұмыс қарқынымен), берілген режимдердің бірінде: гистограмма түрінде («бағаншалар» — бір оқшаулы коммутатордың 64 арнасы) немесе салыстырмалы мәндерде аналогтық немесе кодтық түрінде немесе калибрлеу мәндеріне қатысты пайызбен көрсетілуі.

6) Жекелеген таңдап алынған параметрлерді және экранның «қатқыл» көшірмесін шектелген уақыт аралығында принтерде тіркеу.

7) Уақыттық белгілерді бірыңғай уақыт жүйесінің сигналдарынан бірыңғай уақытқа байлау.

8) Байланыс желілерімен түйістіру мүмкіндігі, яғни қабылданған ақпараттың толық ағымын одан әрі өңдеу үшін тұтынушыларға телеметриялық сигналды қабылдау қарқынымен, сондай-ақ жазылған ақпаратты жаңғырту кезінде бірізді код түрінде тарату.

9) Қабылданған ақпаратты ДЭЕМ-ге түйіндістіру бейімдегіші арқылы тарату мүмкіндігі.

10) Жұмысқа жарамдылығын радио- және бейнесигнал арқылы тестілік бақылау.

Шығыстық сигналдың қимасының параметрлері:

- ақпаратты тарату платосынан С1-ФЛ-КИ бірізді код құрылымында байланыс желісіне УОС (АТӨЖ) шығысы;

- сигналыдар биполярлы, импульстардың амплитудасы  $\pm 1$  В бастап  $\pm 3$  В дейін стандартталған және қолданыстағы телеметриялық аппаратураның қималарына сай;

- УОС (АТӨЖ) шығысы – қатар код: ТТЛ деңгейі.

Электрқорегі кернеуі ( $220 \pm 10\%$ ) В және жиілігі 50 Гц айнымалы ток желісінен жүзеге асырылады. Тұтынатын қуаттылығы ары кеткенде 600 ВА.

Аппаратураны құрамына келесі функционалды модульдер кіреді, олардың әрқайсысы жеке түрде қолданылып отыруы мүмкін:

- а) сигналды түрлендіргіш-күшейткіш (СТК);
- б) УПР қорек блогы;
- в) радиоқабылдағыш (РҚ-ТМ);
- г) ақпаратты түрлендіру және өңдеу жүйесі (АТӨЖ);
- д) ЖЖ-ұқсатқыш (ЖЖҰ);
- е) 50 дБ дейінгі сөнумен жиынтық аттенюатор;
- ж) кабельдер жиынтығы;
- и) ЭҚ тізімдемесі бойынша пайдалану құжаттамасының жиынтығы;

СТК - сигналдың ауыспалы бір арналы түрлендіргіш-күшейткіші, толқындар диапазондарының бірінде жұмыс істеуге арнап есептелген. Тұтынушы борттық таратқыштардың жиіліктер диапазонына қарай жеткізілетін СТК санын белгілейді. Аттенюатор бұйым таратқышының шығысынан немесе сигналдың жоғары жиілікті ұқсатқышының (ЖЖҰ) шығысынан кабель арқылы сигнал берілген кезде аппаратураның кірісінде сигналдың қуаттылығын реттеу үшін орнатылады.

АТӨЖ-ге мыналар кіреді:

- сигналды өңдеу құрылғысы (СӨҚ);
- түйіндестіру құрылғысы (ТҚ);
- дербес ЭЕМ (ДЭЕМ);
- оптикалық дискжетек;
- принтер;
- кабельдер жиынтығы;
- пайдалану құжаттамасының жиынтығы;
- бағдарламалық қамтудың жиынтығы.

Жоғары жиілікті телеметриялық радиосигнал бұйым таратқышының шығысынан немесе жоғары жиілікті телеметриялық сигнал ұқсатқышының шығысынан ЖЖ-кабель арқылы түрлендіргіш-күшейткіштің (ТК) кірісіне келіп түседі. Кірістік сигналдың қуаттылығын азайту үшін аттенюатор орнатылған, оның сөну шамасы борттық таратқыштың немесе ЖЖҰ қуаттылығын және жалғағыш кабельдегі сигналдың сөну шамасын ескере отырып таңдалады.

Сигналды түрлендіргіш-күшейткіш гетеродинінің кірісіне де РП-ТМ қабылдау құрылғысының шығысынан тіректік кернеу келіп түсіп отырады. Түрлендіргіш-күшейткіште қабылданған радиосигнал күшейтіліп және оның жиілігі барлық жұмыстық диапазондар үшін бірыңғай алғашқы аралық жиілікке, яғни  $140 \pm 50$  МГц түрлендіріледі.

Сигналды түрлендіргіш-күшейткіштің қорегі кернеуі 15 В x 0,5 А қорек блогы арқылы жүзеге асырылады. Түрлендіргіш-күшейткіштің шығысынан сигнал РП-ТМ қабылдағыштың кірісіне келіп түседі. Радиоқабылдағыш

құрылғы әмбебап құрылғы болып табылады және толқындар диапазоны әртүрлі болып келетін түрлендіргіш-күшейткіште жалғанады. Қабылдағышта орнатылған пернетақта арқылы қабылданатын сигналдың құрылымы, жұмыс жиілігі және толқындар диапазоны таңдалады.

Қабылдағыш (РП-ТМ) қабылданып отырған сигналдың нақты бір жиілігіне арнап реттеуді жүзеге асырып және оны күшейтіп, түрлендіріп, сүзгілеп және детекторлайды. Басқару қабылдағыштың беткі панелінде орналасқан пернетақта арқылы орындалады. Дәл сол жерде терілген жиілік мәнін және орнатылған жұмыс режимдерін, яғни қабылданып отырған сигналдың модуляция түрін және оның ақпараттылығын көрсететін табло бар. Қабылдағыш үш типті детекторға ие: амплитудалық, жиілік және фазалық. Детекторлау алдындағы сүзгілеу ақпараттылығы әртүрлі сигналдарға арнап өткізудің оңтайлы жолақтарын қамтамасыз етеді. Қабылдағыш тереңдігі 60дБ күшейтуді автоматты реттеу және жиілікті  $\pm 150$  кГц дейін автоматты реттеу мүмкіндігіне ие.

Қабылдағыштың шығысынан бейнесигнал жазылып алынады, ол АТӨЖ аппаратурасына, сигналды өңдеу құрылғысының кірісіне келіп түседі.

Сигналды өңдеу құрылғысында сигналдың ақпараттылығы мен оның құрылымына қарай синхрожиіліктер (символдық, сөздік, кадрлық) бөліп алынып және қалыптастырылады. Сигналды өңдеу құрылғысы қатар кодтың құрылымын қалыптастырып және оны ДЭЕМ РСІ слотына орнатылған түйіндестіру бейімдегіші (ТБ) арқылы ДЭЕМ-ге жібереді.

Сигналды өңдеу құрылғысында да ретті екілік кодтың қабылданған құрылымында тактілік жиілікке ие және бірыңғай уақыттың таңбасымен фазаланған ағымдағы уақытың таңбалары қалыптасады.

«Скут» сигналын қабылдау кезінде оны түрлендіріп және кодтаудан кейін жиілігі 640 кГц екі байттық қатар код түзіледі.

АТӨЖ-ға қабылданып отырған ақпаратты өңдеу, көрсету және бақылауды қамтамасыз ететін ДЭЕМ жиынтығы кіреді.

ДЭЕМ-мен түйіндестіру бейімдегіші (ТБ) телеметриялық ақпаратты ДЭЕМ-нің жедел жадысына құрылғының барлық жұмыс режимдерінде, әртүрлі ақпараттылық жағдайында, сонымен бірге «Сириус» және «Скут» құрылымындағы сигналдарды қабылдау кезінде енгізіп/шығарып алуға мүмкіндік береді.

Компьютерде орнатылған арнайы бағдарламалық қамтудың шешетін негізгі міндеттері:

- қабылданып отырған телеметриялық ақпараттың шүбәсіздігіне баға беру; сұхбат режимінде өңдеу үшін режимдер мен параметрлерді таңдау;
- пайдаланушының командаларына сәйкес, телеметриялық ақпаратты не келіп түсу қарқынына қарай не пайдаланушының жұмыс қарқынына қарай монитордың экранынан көрсету;
- таңдалған арналардың телеметриялық ақпаратын берілген режимдердің бірінде (кодтық, аналогтық, гистограмма) экраннан көрсету;
- көрсетіліп отырған ақпаратты уақыт бойынша цифрланған түрде байлау;

- пайдаланушыға арнап қажетті сервисті қамтамасыз ету (нысананы экран бойынша жылжыту, қызықтыратын жағдайларды іздестіру кезінде телеметриялық ақпаратты уақыт бойынша сканерлеу, ақпаратты экраннан көрсету кезінде түстерді оңтайлы түрде қолдану);

- алынып отырған телеметриялық ақпараттың сапасын бақылау;

- телеметриялық ақпаратты таңдалған параметрлердің іс-қимылын жедел талдау мақсатында өңдеу, мысалы: параметрлердің max және min мәндерін анықтау, параметрлердің берілген мәнге жетуі, шекті бақылау элементтері, параметрлердің елеулі мәндерін белгілеу, 3-ші дәрежедегі коммутация параметрлерін ыңғайлы формада кесте түрінде ұсыну, параметрлерді физикалық межелік мәндерімен ұсыну (калибрлеу деңгейлерін есепке алу);

- өңдеу нәтижелерін экраннан кесте түрінде көрсету;

- лазерлік принтерде графикалық ақпараттың таңдап алынған бөлігін экранның көшірмесі түрінде немесе өңдеу нәтижелерін кесте түрінде құжаттандыру.

Құрылымдық тұрғыдан алғанда, ШҚТС-5 құрамындағы аспаптар еуростандартқа сәйкес, өлшемі 320x160x290 мм моноблоктар түрінде жасалған.

Оларға кіретін құрылғылардың барлығы өлшемі 160x100 мм қос қабатты баспа платаларында орындалады, кейінгілерінің өлшемі DIN41612.

Аспаптар үстелдердің бетіне немесе сөрелерге қойылып отыруы мүмкін. ШҚТС-5 аппараттарының жалпы салмағы ары кеткенде 65 кг.

## **2.4 НПРС-9 қабылдау-тіркеу станциясы**

НПРС-9 қабылдау-тіркеу станциясы кейінгі буындағы отандық телеметриялық жүйелердің алғашқы өкілдерінің бірі болып табылады және құрудың модульдік принципімен, заманауи элементтік базамен және компьютерлік техниканың аппараттық және бағдарламалық құрылғыларын аппаратураның түрлі трактілерінде кеңінен қолданумен және телеметриялық ақпаратты жедел түрде ұсынумен сипатталады.

Өлшеу бекеттері аппаратурасының құрамына кіретін болғандықтан, НПРС-9 станциясы МА-9МКТМ-4 кешенін алмастыруға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда ТМА қабылдау мен тіркеу міндеттері, сондай-ақ телеметриялық ақпаратты бастапқы өңдеу және жедел талдау міндеттері шешіліп отырады. НПРС-9 станциясын пайдалануға енгізу жаңа антенналық жүйелерді қажет етпейді, ол МА-9МКТМ-4 антенналық кешенімен жұмысты қамтамасыз етеді.

НПРС-9 станциясын СТИ-90, «Крым» өңдеу кешендерімен түйістіру арнайы енгізу аппараттарын қолданусыз, стандарттық ақпараттық қима бойынша қамтамасыз етіледі (МА-9МКТМ кешендерінің магнитограммасы).

Құрылымдық тұрғыдан алғанда станция толассыз қорек көздерімен қамтылған аспаптық тағандар мен индустриалды немесе кеңселік ДЭЕМ түрінде орындалған. НПРС-9 функционалды және құрылымдық орындалуы

станцияның арналу мақсатына қарай оның құрамының нұсқасын жасап отыру мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

НПРС-9 станциясы мыналарды қамтамасыз етеді:

- жиіліктер диапазоны 164...250 МГц, 625...649 МГц, 1001...1044,5 МГц телеметриялық сигналдарды қабылдау, модуляция түрі ВИМ-АМ, КИМ-ЧМ, КИМ-ФМ: қабылданып отырған телеметриялық сигналдың ақпараттылығы ВИМ-АМ- 25600, 12800, 6400 және 3200 өлш/с; КИМ-ЧМ - 512,256, 128, 64, 32 Кбит/с; КИМ-ФМ, «Пирит» - 512, 256, 128, 64, 32,16,8,4,2 Кбит/с;

-қабылданған телеметриялық ақпаратты РТС-9 (ВИМ, КИМ-Ц, КИМ-А, БАТЖ) құрылымдарында ДЭЕМ-нің магниттік-оптикалық дискілерінде уақыт сигналдарының сүйемелдеуімен тіркеу және оны ақпараттық бақылау;

- бейнесигналдарды түрлендіру және тұтынушыларға арнап (сонымен бірге көрсету құрылғыларының ескі паркіне арнап) телеметриялық ақпараттың ағымын Главкосмос-тың стандарттарына, ПСС стандартына сай болатын құрылымда, 1024 бит/с ақпараттылықпен қалыптастыру;

- ағымдағы уақыт кодын секундтың үздіксіз есебі түрінде немесе Бірыңғай уақыт қызметінің (БУҚ) сигналдарына байланған сағат, минут, секунд түрінде қалыптастыру;

- өзінде аппараттардың жұмыс режимдері туралы, антенналардың бұрылуы бұрыштары туралы, қабылданып отырған сигналдың сипаттамалары туралы ақпарат кездесіп отыратын қызметтік ақпаратты жинақтау, қызметтік телеметрияның жүйелі кодын қалыптастыру және жадыда сақтау;

- телеметриялық ақпараттың ағымын, қызметтік телеметрияны және ағымдағы уақыт кодын қалыптастыру және С1-ФЛ-КИ құрылымындағы кеңжолақты байланыс арнасына беру;

- кеңжолақты байланыс арнасының шығысынан келіп түсіп отырған ақпаратты қабылдау, тіркеу және өңдеу;

- тіркелген ақпаратты жаңғырту және оны кеңжолақты байланыс арнасына және өңдеу кешендеріне беру;

- қосжолақты қабылдау (ақпараттың екі ағымы) немесе бір жиілікті қабылдау кезінде 100%-дық резервтеу.

## **2.5 «Сажень-С» цифрлық ақпаратты өңдеу мен тіркеу аппараттарының кешені**

«Сажень-С» цифрлық ақпаратты өңдеу мен тіркеу аппараттарының кешені телеметриялық ақпаратты қабылдау, тіркеу, өңдеу және көрсетудің үлестірілген жүйесінде оператордың жұмыс орны ретінде қолдануға арналған.

«Сажень-С» құрамына келесі элементтер кіреді:

- дербес компьютер, тапсырылған спецификация бойынша жабдықталады;
- «Сажень-С» түрлендіру және түзету құрылғысы;



- «Сажень-С» түйіндестіру бейімдегіші (плата компьютердің жүйелік блогында орнатылған);
- бейнемагнитофон;
- кепілдендірілген қуаттау құрылғысы (қосымша талап бойынша орнатылады).

«Сажень-С» аппаратурасы онда қолданылып отырған бағдарламалық камтуға байланысты келесі функцияларды орындап отыруы мүмкін:

- ВИМ, КИМ-Ц, БАТЖ-2, «Пирит» жүйесіндегі қатар телеметриялық жүйелердің сигналдарын VHS стандартындағы сериялық бейнемагнитофонда жазу мен көру және дискілік жинақтағыштарға жазу мақсатында қабылдау;

- телеметриялық сигналдарды жазу мен жаңғырту кезінде телеметриялық ақпаратты PC AT дербес компьютеріне енгізу;

- телеметриялық ақпараттың параллель кодын жазу мен жаңғырту режимдерінде шығару;

- жазбаларды тізімдеу және ДЭЕМ-нен жазу мен жаңғырту процесін басқару;

- КИМ-Ц, БАТЖ-2 (ВИМ), «Пирит» телеметриялық жүйелерінің бейнесигналын қабылдау, оларды жазу, жаңғырту, ДЭЕМ-нің шығысы мен кірісіне беру мақсатында параллель кодқа түрлендіру;

- жерүсті уақытының құрылымын қалыптастыру; телеметриялық ағымды ұқсастыру;

- қабылданып отырған ақпаратты файлға немесе принтерге басып шығарумен, берілген алгоритмдер бойынша өңдеу;

- ақпаратты монитордың экранынан көрсетумен нақты уақыт режимінде жедел ұсыну;

- телеметриялық жүйелердің сигналдарын қабылдау және оларды бейімделген түрде қысуды қолданусыз нақты уақыт режимінде 10/100 Мбит желілер арқылы тарату үшін түрлендіру;

- телеметриялық жүйелердің сигналдарын қабылдау және оларды ақпараты бейімделген түрде қысудың түрлі алгоритмдерін қолданумен шағын ақпараттық арналар арқылы тарату үшін түрлендіру.

Телеметриялық ақпаратты жазу барысында жүйенің панелі келесі түрге ие болады (WINDLG бағдарламасы).

WINDLG бағдарламасы мынадай мүмкіндіктер ұсынады:

- қабылданып отырған борттың жүйесін конфигурациялау;
- бейнемагнитофонның конфигурациясын таңдау;
- телеметриялық ақпаратты компьютерге енгізу ағымын басқару;
- ағымның параметрлерін белгілеу;
- телеметриялық ақпараттың ағымын нақты уақыт ауқымында бақылап отыру;
- бақыланып отырған параметрлерді визуалды графикалық құрылғыға аналогтық немесе цифрлық түрде шығарып отыру;
- телеметриялық ақпараттың ағымын дискіге жазып отыру;

- бейнемагнитофонды басқарып отыру (телеметриялық ақпаратты бейнемагнитофонға жазып және жаңғыртып отыру);
- синхронизаторды басқару (синхрондау режимін таңдау);
- жазып алынған файлдарды уақыттың кез келген ауқымында шығарып отыру.

Қазіргі уақытта «Сажень-С» кешені РФ солтүстік ғарыш айлағындағы «Рокот» ғарыштық-зымыран кешенінде табысты түрде жұмыс істеуде.

## **2.6 Шағын габаритты тасымалданатын телеметриялық кешен**

Шағын габаритты тасымалданатын телеметриялық кешен (ШТТК) «Орбита», БРС-4, РТС-9, «Пирит» жүйелерінің кез келгенінде кадрлар құрылымындағы телеметриялық ақпаратты қабылдау, жинау және өңдеуге арналған.

Құрамы:

- антенналық күшейткіш;
- ақпаратты қабылдау арналарының ең жақсысын автотаңдау сұлбасы бар қабылдағыш;
- демодулятор және синхронизатор;
- ШТТК құрамдас бөліктерінің жұмысқа жарамдылығын бақылауға арналған тест-сигналдарды ұқсатқыш;
- телеметриялық ақпаратты және ішкі телеметрия сигналдарын басқару мен бақылау, өңдеу, көрсету, тіркеу және жаңғырту аппаратурасы.

Жұмыс режимдері:

- жұмыс - телеметриялық ақпаратты қабылдау;
- жаңғырту - деректерді ДЭЕМ-де жинақтаумен жаңғырту;
- автобақылау – кешеннің жұмысын автоматтандырылған түрде бақылау;
- тексеру – кешенді қызмет көрсетуші қызметкерлердің қатысуымен бақылау.

ШТТК аппаратурасы программаланатын логикалық сұлбаларды (ПЛИС), сигналдарды цифрлық өңдеуді, заманауи компьютерлерді кеңінен қолданумен, заманауи элементтік базада орындалған.

Жұмыс жиіліктерінің саны, қабылданып отырған толқындардың диапазондары, сондай-ақ барлық радиотелеметриялық жүйелерді немесе олардың біреуін ғана қолдану мүмкіндігі өндіруші-зауытта тапсырыс берген кезде келісіледі.

Бұйымдарды техникалық позицияларда өңдеу үшін және телеметриялық ақпаратты райоарна арқылы шағын қашықтықтардан (200-300 км дейін) қабылдау үшін ШТТК аппаратурасының ақпаратты бірарналық қабылдау нұсқасы қолданылуы мүмкін.

## 2.7 «ОПАЛ-М» қабылдау, тіркеу және ақпараттық қабылдау аппаратурасы

«Опал-М» аппаратурасы «Салют» КБ техникалық тапсырмасы бойынша әзірленген. Әзірлеуді 1998-1999 жж. Өлшегіш техниканың ҒӨБ, Ижевск радиозауытының ОКБ және Ижевск мотозауытының ОКБ әзірлеушілер ұжымы жүргізді.

Жұмыстың мақсаты – әмбебап агрегатталған аппаратураны жасап шығару, мұндай аппаратура жиынтығының түрлі нұсқаларында өндіруші-зауыттардың бақылау-сынақ станциялары жағдайларында ғарыштық-зымыран техникасының бұйымдарын телеөлшеу жүйелерін және техникалық позицияларды сынақтық тексеруді, сондай-ақ сынақ полигондарының старттық позицияларында телеметриялық ақпаратты қабылдау, тіркеу, жедел ұсынуды қамтамасыз етіп отыруға мүмкіндік беруі тиіс болатын.

Аппаратура БРС-4, РТС-9Ц және «Пирит» телеметриялық жүйелерімен жұмысты қамтамасыз етеді. Борттық телеметриялық жүйелердің сигналдарын қабылдау бейнетракт арқылы, сондай-ақ радиотракт арқылы М1, М2, М3, Д1, ДП, ДІV диапозондарында келесідегідей ақпараттылықпен жүзеге асырылады:

- 320x8 Кбит/с (БРС-4);
- 512, 256, 128, 64, 32 Кбит/с (РТС-9Ц);
- 1024, 512, 256, 128, 64, 32 Кбит/с («Пирит»).

Қабылданған ақпарат ДЭЕМ стандарттық жинақтағыштарында тіркеліп отырады:

- қатқыл дискіде;
- оптикалық дискілерде;
- магниттік-оптикалық дискілерде,

Ең жоғары ақпараттылық жағдайындағы үздіксіз жұмыс істеу уақыты - не менкем дегенде 2 сағат.

Аппараттық құралдарды басқару және тіркеліп отырған ақпаратты ақпараттық бақылау оқшаулы желіге біріктірілген қоса орнатылған компьютерлік құралдармен UNIX операциялық жүйесінің басқаруымен жүзеге асырылады, бұл қызмет көрсетуші қызметкерлердің ең аз құрамы пайдаланатын сенімді автоматтандырылған ақпараттық жүйелерді құрып отыруға мүмкіндік береді.

Құрылымдық тұрғыдан алғанда аппаратура индустриалды ДЭЕМ (ІРС) стандарттық 19-дюймдік шассилермен тасымалданатын және үстелүсті нұсқаларында орындалған. БРС-4, РТС-9Ц және «Пирит» жүйелерімен жұмысты қамтамасыз ететін КӨЖ-ге арналған аппаратураның «Опал-М» жиынтықталған нұсқасы 2 ІРС шассиге жинақталған. Іс-жүзінде аппаратураның кез келген нұсқасы дербес компьютерден құралған, онда қатқыл дискіде ақпаратты қабылдау, ашу және көрсету бағдарламалары жазылған.

АТ ҒӨБ кәсіпорны «Опал-М» аппаратурасына арналған шағын габаритті антеннаны әзірлеп шығарды, ол МА-9МКТМ жүйесінің шкафтар бөлмесімен

салыстырғанда анағұрлым аз орын алады және компьютердің дисплейінен ақпаратты тұтынушыға ыңғайлы болатын түрде көрсетіп отыруға мүмкіндік береді.

«Опал-М» аппаратурасын әзірлеуге іс-жүзінде «Пирит» БАТЖ игеру және пайдалануға енгізілуі себеп болды. 2000 ж. «Бриз-М» және «Протон-К» бұйымдарында соған сәйкес «Пирит» және «Сириус» РТС ТМА қабылдау, тіркеу және жедел өңдеу жұмыстары жүргізілді.

## **2.8 «МАРС» агрегатталатын антенналық-қабылдау құрылғылары**

Ғарыштық аспап жасау ҒЗИ федеральдік мемлекеттік унитарлық кәсіпорны (ҒА ҒЗИ ФМУК) тұтынушының алдын-ала келісілген техникалық талаптары бойынша «Марс» радиотаратқыш құрылғылар мен радиотелеметриялық ақпаратты қабылдау мен тіркеу құрылғылары кешенінің өндірісін әзірлеп игерді.

«МАРС» агрегатталатын антенналық-қабылдау құрылғылары және олардың негізінде салынған «Марс-94П» станциясы РТС-9 борттық радиотелеметриялық құрылғыларының (РТС-9Ц, БАТЖ-2, БРС-4 кадрда («Скут»), «Орбита-IVMO» және «десте» типіндегі кадрде) радиотелеметриялық ақпаратын қабылдау, жадыда сақтау (тіркеу) және көрсетуге арналған. Агрегатталатын құралдардың құрамы тұрғылықты және жылжымалы нұсқаларда орындалуын көздейді. Құралдарды жекелеп жеткізуге жол беріледі. Тұтынушы пайдалану барсында қажетіне қарай қолданылып отырған құралдарды өз бетінде «көбейтіп» отыра алады.

«Марс» агрегатталатын құрылғыларының құрамына мыналар кіреді:

- метрлік және дециметрлік диапазондағы антенналық жүйелер (Д1, Д2, Д4);
- барлық түрдегі модуляция үшін ортақ болып келетін төрт типтегі ауыспалы антенналық шуылы аз күшейткіштер (диапазондары М, Д1, Д2, Д4);
- модуляция түрі КИМ-ЧМ, АИМ-КИМ-ЧМ және КИМ-ФМ сигналдарды қабылдауға арналған (ауыспалы) қабылдау құрылғылары (диапазондары М, Д1, Д2, Д4);
- КИМ-ЧМ, АИМ-КИМ-ЧМ және КИМ-ФМ ақпаратты қабылдауға арналған біріздендірілген цифрлық қабылдау құрылғылары;
- жылжымалы қабылдау бекетінің антенналық жүйесін геодезиялық байлауды жедел қамтамасыз ету үшін геодезиялық координаталарды анықтауға арналған жерүсті навигациялық қабылдағыш (қажетіне қарай).

Қабылданған радиотелеметриялық ақпаратты тіркеу және тіркелген ақпаратты «ашу» құралдарды және тұтынушының БМҚ немесе «Литон-4» тіркеушісін қолданумен жүзеге асырылады. Ақпаратты «Литон-3» және «Литон-4» тіркеушілерінің құрамындағы бейнемагнитофонға тіркеу шүбәсіздігі  $10^{12}$ -нан кем емес.

Радиотаратқыш құрылғылар мен «Марс» антенналық-қабылдау құрылғылары (диапазоны Д1) 2000 жылы «Фрегат» үдеткіш блоктарында (ҮБ) орнатылған БР-91ЦКМ борттық радиотелеметриялық құрылғыларда (әзірлеуші және өндіруші ИРЗ ААҚ) ақпаратты қабылдау-тарату кезінде қолданылады. Ақпаратты қабылдаудың аталған құрылғылары старттық кешеннің ақпаратын қабылдау мен өңдеу жүйесінің құрамына кіреді (өндіруші С. А. Лавочкин ат. ҒӨБ).

### 3 Телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларының параметрлерін есептеу

#### 3.1 Жер станцияларының антенналарын орнату параметрлерін есептеу

Келесі формулалар бойынша жер станцияларынан орынның бұрышын және серікке қатысты азимутты есептеп шығайық:

$$Az = 180^\circ - \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg}\Delta\beta}{\sin \xi}\right), \quad (3.1)$$

мұндағы  $Az$  – жер станциясынан серікке қатысты азимут, град;

$\Delta\beta = |\beta_{\text{кc}} - \beta_{\text{зc}}|$  - ғарыштық және жер станциялары бойлықтарының айырмасы, град;

$\beta_{\text{кc}}$  – серік астындағы нүктенің бойлығы, град;

$\beta_{\text{зc}}$  – жер станциясының бойлығы, град;

$\xi$  – жер станциясының ендігі, град.

$$\gamma = \operatorname{arctg}\left(\frac{\cos \Delta\beta \cdot \cos \xi - 0,15126}{\sqrt{\sin^2 \Delta\beta + \cos \Delta\beta \cdot \sin \xi}}\right), \quad (3.2)$$

мұндағы  $\gamma$  – жер станциясынан серікке қатысты орынның бұрышы, град;

$\Delta\beta = |\beta_{\text{кc}} - \beta_{\text{зc}}|$  - ғарыштық және жер станциялары бойлықтарының айырмасы, град;

$\beta_{\text{кc}}$  – серік астындағы нүктенің бойлығы, град;

$\beta_{\text{зc}}$  – жер станциясының бойлығы, град;

$\xi$  – жер станциясының ендігі, град.

Жер станциялары орнатылатын қалалардың координаталары:

Есептеуді Сары-Шаған полтигонының координаталары бойынша орындаймыз:

$45^\circ 53' \text{ с.е.}, 73^\circ 36' \text{ ш.б.}$

(5.1) және (5.2) формулаларға бастапқы деректерді қоя отырып, ЖС арналған орынның азимуты мен бұрышын аламыз:

$$\Delta\beta = |\beta_{\text{кc}} - \beta_{\text{зc}}| = 103 - 73,6 = 29,4^\circ$$

$$Az = 180^\circ - \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg} 29,4^\circ}{\sin 45,9^\circ}\right) = 141,9^\circ.$$

$$\gamma = \arctg \left( \frac{\cos 29,4^\circ \cdot \cos 45,9^\circ - 0,15126}{\sqrt{\sin^2 29,4^\circ + \cos 29,4^\circ \cdot \sin 45,9^\circ}} \right) = 26,1^\circ.$$

### 3.2 Сигнал тараған кездегі сигналдың өшулігін есептеу

Радиосигналдың сөнуінің басты себебі бұл бос кеңістіктегі сөну, ол толқын аумағының сфералық таралушылығымен туындалған. Бұл шаманы келесі формуладан табуға болады:

$$L_0 = 20 \lg \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right), \quad (3.3)$$

мұндағы  $L_0$  – энергияның бос кеңістікте сөнуі, дБ;

$d$  – ЖЖС мен ЖС арасындағы қашықтық, м;

$\lambda = c/f$  – таратылатын сигнал толқынының ұзындығы, м;

$c = 3 \cdot 10^8$  – жарық жылдамдығы, м/с;

$f$  – сигналдың жиілігі, Гц.

Жер станцияларынан ЖЖС борттық қайта таратқышына дейінгі арақашықтықты келесі формула бойынша есептейік:

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos \psi}, \quad (3.4)$$

мұндағы  $\cos \psi = \cos \xi \cos \Delta\beta$ ;

$\xi$  – жерүсті станциясының ендігі, град.;

$\Delta\beta = |\beta_{\text{кс}} - \beta_{\text{зс}}|$  – ғарыштық және жер станциялары бойлықтарының айырмасы, град.;

$d$  – жер станциясынан жасанды серікке дейінгі арақашықтық, км.

Бастапқы деректерді арақашықтықты анықтау формуласына қоя отырып, ЖС-ЖЖС станцияларының арақашықтығын табамыз:

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos \xi \cos \Delta\beta} = 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos 29,4^\circ \cdot \cos 45,9^\circ} = 38634 \text{ км},$$

Сигнал энергиясының еркін кеңістіктегі сөнуі жиілікке байланысты. KazSat2 ЖЖС-мен жұмыс істеген кезде жиілік жоспарына сәйкес алтыншы дінгектің жұмыс жиіліктерін тандаймыз: ЖС қабылдау жиілігі 2Гц; тарату жиілігі 2,2 МГц.

Жер станцияларының барлығы борттық қайта таратқыштың бір дінгегімен жұмыс істейді, сол себептен толқындардың жұмыстық ұзындықтары жер станциялары үшін бірдей болып келеді.

$$\lambda_{\text{ПРД}} = \frac{c}{f_{\uparrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,2 \cdot 10^9} = 0,136 \text{ м}$$

$$\lambda_{\text{ПРМ}} = \frac{c}{f_{\uparrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,0 \cdot 10^9} = 0,15 \text{ м}$$

ЖС үшін сигналдардың ЗС1-ИС31 бос кеңістікте сөнуі:

$$L_{0\text{ПРД}} \uparrow = 20 \lg \left( \frac{4,3,14 \cdot 38634 \cdot 10^3}{0,136} \right) = 191,04, \text{ дБ}$$

ал ИС31-ЗС1 таралу жолында:

$$L_{0\text{ИД}} \downarrow = 20 \lg \left( \frac{4,3,14 \cdot 38634 \cdot 10^3}{0,15} \right) = 190,2, \text{ дБ}$$

Бос кеңістікте сөнумен қатар, серіктік байланыс желілерінде сигнал басқа да көптеген факторлардың ықпалына түсіп отырады. Мысалы, атмосферада жұтылу, рефракция, жауын-шашынның әсері және т.б. Екінші жағынан жасанды серік пен жер станциясының қабылдау құрылғысына өзіндік флуктуациялық шуылдармен қатар ғарыштың, Күннің және ғаламшарлардың сәуле шашуы түріндегі әртүрлі бөгеуілдер әсер етіп отырады. Бұл жағдайларда барлық факторлардың әсерін дұрыс және дәл түрде есепке алу жүйені оңтайлы жобалауға, аса қиын жағдайлардағы сенімді жұмысын қамтамасыз етуге және сонымен қатар жер станциясы аппаратурасын ақталмаған түрде күрделендіруге әкеп соқтыратын артық энергетикалық қорларды болдырмауға мүмкіндік береді.

Серіктік арналардың кейбір сапалық көрсеткіштеріне (мысалы, сигнал-шуыл) қатысты нормалар статистикалық сипатқа ие болып келеді. Бұл ауытқу факторларын да статистикалық түрде бағалап отыруға мәжбүр етеді, яғни есептеулер кезінде сол не өзге фактордың әсер етуінің сандық шамасын ғана емес, сондай-ақ оның пайда болу ықтималдығын енгізіп отыруға мүмкіндік береді. Таратылып отырған сигналдардың сипаты мен санын, сондай-ақ оларды серіктік қайта таратқышта түрлендіру сипатын ескеріп отыру қажет.

Сигналдың атмосферада қосымша сөнуін және жауынмен, тұманмен және бұлттанумен, антеннаның ЖЖС-ға бағытталуының рефракциясы мен дәлсіздігімен туындалған қосымша әлсіреулерді есептеу жоғары қараған желі мен төмен қараған желіге арнап бір рет орындалады, себебі геотұрғылықты ЖЖС қолданылады және Қазақстан аумағында бұл параметрлер шамалы мөлшерде ғана өзгеріп отыратын болады.

Сигналдардың тропосферадағы шығынының басым бөлігі кездейсоқ сипатқа ие, себебі сол ортадағы жолдың ұзындығы мен орынның бұрышына ғана емес, сондай-ақ сигналдың жауын-шашынмен жұтылуына байланысты. Байланыс жиілігі неғұрлым жоғары болған сайын, олардың берілген қарқындылығы жағдайында жауын-шашындағы шығыны соғұрлым жоғары болады, бұл қарқындылық өз кезегінде кездейсоқ болып табылады.



Тропосферада шығындардың басым бөлігі оттегімен  $O_2$ , су буларымен  $H_2O$  және тұман, жауын және қар түріндегі жауын-шашындармен туындалып отырады.

Гидрометеорлардағы сөну жауынның күшіне, оның жауу аймағының көлеміне және аймақ бойынша қарқындылығының таралуына байланысты болып табылады. Тұмандағы сөну, әдетте, жауындағы сөнуден біршама аз болып келеді және шамаланған есептеулер кезінде есепке алынбай отыруы мүмкін. Антеннаға түскен сулы ірі қар үлпегі жауын кезіндегі сөнуден 4...6 дБ артық сөнуді тудыруы мүмкін, алайда мұндай құбылыстың ықтималдығы шамалы.

### 3.3 Сигнал энергиясының қосымша өшулігін есептеу

Қосымша шығындар келесі құбылыстармен байланысты:

- сигналдың энергиясының атмосфераның газ тәрізді ортасында сөнуі;
- рефракцияның және антенналарды дәл етіп бұрмаудың салдарынан болған шығындар;
- атмосферадағы фазалық эффектiлер;
- антенналардың полярлығын үйлестiрмеудiң салдарынан болған шығындар;
- радиотолқындардың атмосферадағы үйексiзденуi.

Осылайша, жоғарыда айтылғандарды келесі түрде көрсетуге болады:

$$L_{\text{доп}} = L_a + L_d + L_n, \quad (3.6)$$

мұндағы  $L_{\text{доп}}$  – сигналдың қосымша сөнуі (шығыны), дБ;

$L_a$  – сигнал энергиясының атмосферадағы сөнуі, дБ;

$L_d$  – жауын-шашындардағы (жауындағы, сулы қардағы) шығындар, дБ;

$L_n$  – рефракцияның және антенналарды дәл етіп бұрмаудың салдарынан болған шығындар, дБ;

#### 3.3.1 Сигналдың қалыпты атмосферадағы шығынын есептеу

Серіктік жүйелерге арнап бөлінген жиілік диапазондарында атмосфераның әсері радиотолқындардың тропосфера мен ионосферада бәсеңдеу (сөнуі), радиотолқын траекториясының рефракция нәтижесінде қисықтануы, радиотолқындардың формасының өзгеруі және үйектелу жазықтығының айналуы, атмосфераның жылу шашуымен және жұтылу шуылдарымен негізделген бөгеуілдердің пайда болуы түрінде айқындалып отырады.

Бірінші факторды қарастырайық: радиотолқындардың атмосферада

жұтылуы, ол сандық түрде  $L_a$  коэффициентімен анықталады.  $f > 500$  МГц кезінде сөну тропосферамен, яғни тропосфера газдарымен – оттегімен және су буларымен, жауынмен және өзге де гидрометеорлармен белгіленіп отырады:

$$L_a = L'_{O_2} l_1 + L'_{H_2O} l_2, \quad (3.7)$$

мұндағы  $L'_{O_2}$  – оттегідегі қумабойлы сөну коэффициенті, дБ/км;

$L'_{H_2O}$  – су буларындағы қумабойлы сөну коэффициенттері, дБ/км;

$l_1$  – сигналдың оттегідегі жолының баламалы ұзындығы, км;

$l_2$  – сигналдың су буларындағы жолының баламалы ұзындығы,

км.

Сигналдың стандарттық атмосферадағы жолының баламалы ұзындығы оттегі мен су буларына арналған ( $h_{O_2}$  және  $h_{H_2O}$ ) атмосфераның баламалы қалыңдығына да, сондай-ақ жер станциясы антеннасы тұрған жердің бұрышына  $\gamma$  және жер станциясының теңіз деңгейінен жоғары биіктігіне  $h_3$  байланысты.

$$l_1 = \frac{h_{O_2} - h_3}{\sin \gamma}, \quad l_2 = \frac{h_{H_2O} - h_3}{\sin \gamma} \quad (3.8)$$

мұндағы  $\gamma$  – ЖС антеннасы тұрған жердің бұрышы, град;

$h_3$  – ЖС-ның теңіз деңгейінен жоғары биіктігі, ЖС үшін 400 м;

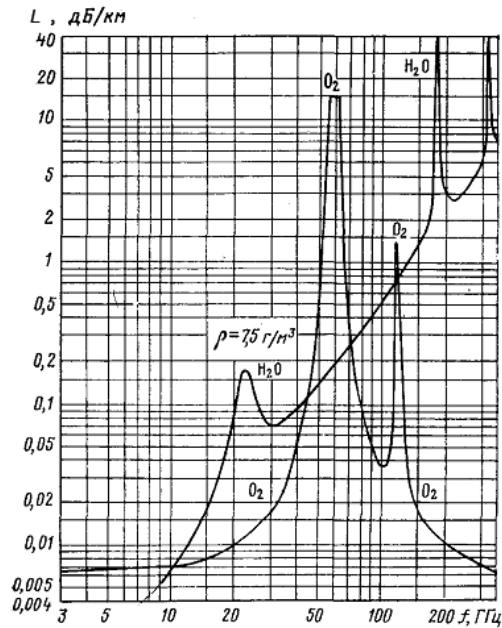
$h_{O_2} \approx$  стандарттық атмосферадағы оттегі қабатының баламалы қалыңдығы, 5,3 км тең деп қабылдауға болады;

$h_{H_2O} \approx$  стандарттық атмосферадағы су булары қабатының баламалы қалыңдығы, 2,1 км тең деп қабылдауға болады.

(3.7) формуласын (3.8) формулаға сәйкес өзгерту арқылы келесі өрнекке ие боламыз:

$$L_a = \frac{L'_{O_2} (h_{O_2} - h_3) + L'_{H_2O} (h_{H_2O} - h_3)}{\sin \gamma} \quad (3.9)$$

(3.7) формуласында көрсетілген стандартталған атмосфераға арналған қумабойлы сөну коэффициенттері 1-суретте оттегі  $O_2$  мен су буларына  $H_2O$  арналған молекулалық жұтылу коэффициентінің сигналдың жиілігіне тәуелділігі түрінде көрсетілген.



3.1 сурет – Оттегі  $O_2$  мен су буларына  $H_2O$  арналған молекулалық жұтылу коэффициентінің тәуелділігі

Көріп отырғанымыздай, 3.1-суретте оттегі мен су буларындағы қумабойлық жұтылу коэффициенттері 14 ГГц жиілігі үшін мына шамаларды құрайды:

$$L'_{O_2} = 0,007 \text{ дБ/км}, L'_{H_2O} = 0,015 \text{ дБ/км}$$

ал 11 ГГц үшін мыналарды құрайды:

$$L'_{O_2} = 0,007 \text{ дБ/км}, L'_{H_2O} = 0,006 \text{ дБ/км}$$

Қолда бар деректерге сәйкес, (3.9) формуласы арқылы сигналдың атмосферада бәсеңдеуін табамыз:

а) ЖС үшін жоғары қараған желі:

$$L_a = \frac{0,007(5,3 - 0,4) + 0,015(2,1 - 0,4)}{\sin 26,1} = 0,136 \text{ дБ}$$

б) ЖС үшін төмен қараған желі:

$$L_a = \frac{0,007(5,3 - 0,4) + 0,006(2,1 - 0,4)}{\sin 26,1} = 0,101 \text{ дБ}$$

### 3.3.2 Сигнал деңгейінің жауыннан болған бәсеңдеуін есептеу

Радиотолқындардың жауында ыдырау мен жұтылу шамасы жауынның қарқынына  $I_m$  мм/сағ байланысты. Оған қоса, жауын басқан аумақтың өлшемі, бөлшектердің электрлік қасиеттері, жерүсті станциясы орналасқан климаттық аудан, сондай-ақ жауынның біркелкісіздігі деген фактор елеулі рөл атқарады. Қарқыны күшті жауындар оқшауланған болып келеді және жоғары қарқындылықтың айқын өзегіне, сондай-ақ өзінде жауынның қарқыны өзектен алыстаған сайын азайып отыратын ауқымды аймаққа ие. Сондай-ақ жауынның қарқыны жоғары болған сайын, оның ұзақтылығы да соғұрлым азайып отырады. Сигналдың жауындарда бәсеңдеуін есептеудің маңызды факторына сондай-ақ олардың сол климаттық аудандағы орташа ұзақтылығы немесе орташа жылдық қарқындылығы жатады, ол сол аудан үшін бір жылдағы уақыттың 99% нақты ұзақтығынан аспайды немесе керісінше уақыттың 0,01%-нан асады.

Сигналдың жауындағы бәсеңдеу коэффициентін қатал сандық бағалау барлық әсер етуші факторлардың ықпалын ескерсек, қиынға соғады және әдетте сол не өзге климаттық аймаққа арнап көптеген экспериментальдік бақылаулардың деректерін ескерумен, орташаланған эмпирикалық бағалаулар қолданылады.

Жауынның қарқыны әртүрлі географиялық аудандарда және әртүрлі жыл мезгілдерінде әртүрлі болып келеді. Қазақстан ХЭО ұсынымдарына сәйкес Е аймағына жатады, демек, ең қолайсыз жыл мезгілінің 0,001%-ы үшін жауынның қарқындылығы  $I_D=22$  мм/сағ құрайды.

ЖС–ЖЖС (немесе ЖЖС-ЖС) желісіндегі сигналдың жауындағы бәсеңдеуін анықтау үшін сигналдың жауындағы жолының ұзындығын білу қажет. Белгілі болғандай, жауынның биіктігі  $0^\circ\text{C}$  изотерма биіктігімен (немесе судың қату деңгейімен) анықталады, одан төмен аймақта мұз тамшылары сұйық фазаға ауысып отырады.

ХЭО ұсынымдарына сәйкес, нөлдік изотерманың орташа биіктігі келесі формуламен анықталады:

$$h_E = 5,1 - 2,151 \cdot \lg(1 + 10^{\frac{\xi - 27}{25}}), \quad (3.10)$$

мұндағы  $h_E$  – нөлдік изотерманың орташа биіктігі, км;

$\xi$  – жер станциясының ені, град.

Жауынның биіктігі  $h_E$  мәнін эмпирикалық коэффициентке көбейту арқылы анықталады, кейінгісі тропикалық аймақтарда жауынның биіктігі көп жағдайда тоңазу деңгейінен едәуір төмен болып отыратынын ескереді:

$$h_D = C \cdot h_E \quad (3.11)$$

мұндағы  $C = 0,6$   $0^\circ \leq |\xi| < 20^\circ$  кезінде

$C = 0,6 + 0,02(|\xi| - 20)$   $20^\circ \leq |\xi| \leq 40^\circ$  кезінде

$C = 1$   $|\xi| > 40^\circ$  кезінде

Қазақстанның климаттық аймағы үшін  $C = 1$  (статистикалық деректерге сәйкес)  $\Rightarrow h_D = h_E$ .

Сонымен қатар, жауынның көлденең бағыттағы кеңістіктік біркелкісіздігін ескеріп отыру қажет. Сигналдың еңкеймелі трасса арқылы станциядан жауынның биіктігіне дейін жолының ұзындығы келесі түрде анықталады:

$$d_D = \frac{2(h_D - h_3)}{\sqrt{\sin^2 \gamma + 2(h_D - h_3) + \sin \gamma}}, \gamma < 10^\circ \text{ кезінде} \quad (3.12)$$

$$d_D = \frac{(h_D - h_3)}{\sin \gamma}, \gamma > 10^\circ \text{ кезінде} \quad (3.13)$$

мұндағы  $d_D$  – сигналдың еңкеймелі трасса арқылы жауынның биіктігіне дейін жолының ұзындығы, км;

$h_3$  – ЖС-ның теңіз деңгейінен жоғары биіктігі, км;

$\gamma$  – ЖС антеннасы тұрған жердің бұрышы, град.;

Сондай-ақ есептеу үшін еңкеймелі трассаның көлденең проекциясын білу қажет, оны келесі өрнек бойынша анықтауға болады:

$$d_\Gamma = d_D \cdot \cos \gamma, \quad (3.14)$$

мұндағы  $d_\Gamma$  – еңкеймелі трассаның көлденең проекциясы, км;

$d_D$  – сигналдың еңкеймелі трасса арқылы ЖС-дан жауынның биіктігіне дейін жолының ұзындығы, км;

$\gamma$  – ЖС антеннасы тұрған жердің бұрышы, град.

Сондай-ақ, жауынның уақыттың 0,01%-ы үшін біркелкісіздігін ескеретін азаю факторы:

$$r_{0.01} = \frac{90}{90 + 4d_\Gamma} \quad (3.15)$$

мұндағы  $r_{0.01}$  – азаю факторы, өлшемсіз шама;

$d_\Gamma$  – еңкеймелі трассаның көлденең проекциясы, км;

Сигналдың жауындағы бәсеңдеуі түпкілікті түрде орташа жылдың 0,01%-ынан асатын мән ретінде келесі формула бойынша анықталады:

$$L_{\text{Д}} = L'_{\text{Д}} \cdot r_{0,01} \cdot d_{\text{Д}}, \quad (3.16)$$

мұндағы  $r_{0,01}$  – азаю факторы, өлшемсіз шама;

$d_{\text{Д}}$  – сигналдың еңкеймелі трасса арқылы ЖС-дан жауынның биіктігіне дейін жолының ұзындығы, км;

$L'_{\text{Д}}$  – сигналдың жауындағы кумабойлық бәсеңдеуі  $L'_{\text{Д}}$ , дБ/км.

9...30 ГГц жиіліктер диапазонындағы  $I_{\text{Д}}$ , берілген қарқындылыққа арнап  $L'_{\text{Д}}$  кумабойлық бәсеңдеу функциялары дәрежелік тәуелділікпен аппроксимациялануы мүмкін:

$$L'_{\text{Д}} = \theta_{\text{Д}} \cdot I_{\text{Д}}^{\psi_{\text{Д}}}, \quad (3.17)$$

мұндағы  $\psi_{\text{Д}}$  және  $\theta_{\text{Д}}$  коэффициенттері жиіліктің функциялары болып табылады және мына мәндерге тең:

$$\psi_{\text{Д}} = 1,47 - 0,09\sqrt{f}, \quad (3.18)$$

$$\theta_{\text{Д}} = -10^{-3} + 5,1 \cdot 10^{-5} f^{2,45}, \quad (3.19)$$

Бұл жағдайда  $f$  жиілік ГГц шамасымен көрсетілген.

ХЭО ұсынымдарында көрсетілген әдістеме мен қарастырылып отырған жағдайға қатысты есептелген деректерге сәйкес келесі мәндерге ие боламыз:

ЗС1-ИС3 (жоғары қараған желі және төмен қараған желі) телімі үшін:

1) нөлдік изотерманың орташа биіктігі және жауынның биіктігі (3.10) және (3.11) формулалары:

$$h_{\bar{\lambda}} = h_{\lambda} = 5,1 - 2,151 \cdot \lg(1 + 10^{\frac{45,9^{\circ} - 27^{\circ}}{25^{\circ}}}) = 3,32 \text{ км}$$

2) сигналдың еңкеймелі трасса арқылы станциядан жауынның биіктігіне дейін жолының ұзындығы:

$$d_{\bar{\lambda}} = \frac{(3,59 - 0,4)}{\sin 26,1} = 6,65 \text{ км}$$

3) еңкеймелі трассаның көлденең проекциясы:

$$d_{\bar{\lambda}} = 6,65 \cdot \cos 26,1 = 5,97 \text{ км}$$

4) жауынның уақыттың 0,01%-ы үшін біркелкісіздігін ескеретін азаю факторы:

$$r_{0,01} = \frac{90}{90 + 4 \cdot 5,97} = 0,79.$$

Қумабойлық бәсеңдеуді табу үшін алдымен (3.18) және (3.19) формулалары арқылы  $\psi_D$  және  $\theta_D$  коэффициенттерін табайық, есептеулер кезінде компьютерді, атап айтқанда MathCad 2001 жүйесін қолданайық:

14 ГГц жиілігінде:

$$\psi_D = 1,47 - 0,09\sqrt{14} = 1,1333, \theta_D = -10^{-3} + 5,1 \cdot 10^{-5} 14^{2,45} = 0,0318$$

11 ГГц жиілігінде:

$$\psi_D = 1,47 - 0,09\sqrt{11} = 1,1715, \theta_D = -10^{-3} + 5,1 \cdot 10^{-5} 11^{2,45} = 0,0172$$

Олай болса жауындағы 22мм/сағ қарқындылық жағдайындағы қумабойлық бәсеңдеу мәні  $L'_D$ .

ЗС2 үшін  $\psi_D$  және  $\theta_D$  коэффициенттері тура сондай, жауындағы 22мм/сағ қарқындылық жағдайындағы қумабойлық бәсеңдеу мәні  $L'_D$  мынадай болады:

14 ГГц жиілігінде:

$$L'_D = 0,0318 \cdot 22^{1,1333} = 1,054 \text{ дБ/км}$$

11 ГГц жиілігінде:

$$L'_D = 0,0172 \cdot 22^{1,1715} = 0,67 \text{ дБ/км}$$

нәтижесінде сигналдың келесі мәнге тең бәсеңдеуіне ие боламыз:

14 ГГц жиілігінде:

$$L_{\bar{A}} = 1,054 \cdot 0,79 \cdot 6,65 = 5,53 \text{ дБ};$$

11 ГГц жиілігінде:

$$L_{\bar{A}} = 0,67 \cdot 0,79 \cdot 6,65 = 3,52 \text{ дБ}.$$

### 3.3.3 Сигнал деңгейінің рефракцияның және антеннаны ЖЖС-ға дәл емес етіп бұрудың салдарынан болған бәсеңдеуін есептеу

Радиотолқындардың рефракциясы жасанды жер серігіне шынайы және жуықтама бағытталу сызықтарының арасында бұрыштың түзілуіне әкеледі, нәтижесінде жер станциясы мен жасанды жер серігі антенналарының бір-біріне дұрыс бағытталмауынан туындаған сигналдың қосымша бәсеңдеуі пайда болады. Рефракциядан туындаған бұрыштық ауытқу градустың бірнеше ондық үлесін құрайды және антенналарды алдын-ала түзету арқылы қарымталанып немесе мейлінше азайтылуы мүмкін. Антенналар сигналдың максимумы бойынша автоматты түрде бағытталған жағдайда рефракцияның әсері жоққа шығарылады. 14/11 ГГц және одан жоғары диапазондарда рефракцияның әсері тым аз болатындықтан, оны мүлде есепке алмаймыз. Алайда антеннаны бағыттаудың дәлсіздігі салдарынан қосымша шығындар туындауы мүмкін, олар бағыттау әдісіне және бағыттау құрылғысының құрылысына (механикалық бөлігін қоса алғанда) байланысты. Шығындардың бұл түрі бағалауға келмейтін статистикалық сипатқа ие және жалпы шығынды шамамен 0,2 дБ дейін арттыруы мүмкін, осылайша:

$$L_n \approx 0,2 \text{ дБ.}$$

Поляризациялық күштер үйектеудің үйлесімсіздігімен туындалған шығындардан, Фарадей эффектісімен байланысты шығындардан және радиотолқындардың жауын-шашындағы қайта үйектелуінен болған шығындардан қалыптасып отыруы мүмкін. 10 ГГц-тен жоғары жиіліктерге арнап серіктік жүйелерде желілік поляризация қолданылады, себебі бұл жағдайда үйектелу шығындары шамалы болып келеді және оларды елеусіз қалдыруға болады.

(3.6) өрнегін қолдана отырып, түпкілікті түрде қосымша шығындардың мәніне ие боламыз:

а) ЗС1 үшін жоғары қараған желі:

$$L_{\text{ант}} = 0,101 + 5,53 + 0,2 = 5,831 \text{ дБ немесе } 3,057 \text{ рет.}$$

б) ЗС1 үшін төмен қараған желі:

$$L_{\text{ант}} = 0,101 + 3,52 + 0,2 = 3,8215,951 \text{ дБ немесе } 2,99 \text{ рет}$$



### 3.4 Радиожелінің энергетикалық сипаттамалары

Серіктік радиожелі ЖС-ЖЖС жоғары қараған сызық, ЖЖС-ЖС төмен қараған сызық телімінен тұрады. Бұл телімдер үшін келесі қатынастар дұрыс болып табылады:

ЖС-ЖЖС телімі үшін:

$$P_{\text{пер.ЗС}} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d_{\uparrow}^2 \cdot L_{\uparrow \text{доп}} \cdot P_{\text{ш.ΣЗС}}}{\lambda_{\uparrow}^2 \cdot G_{\text{пер.ЗС}} \cdot G_{\text{пр.ИСЗ}} \cdot \eta_{\text{пер.ЗС}} \cdot \eta_{\text{пр.ИСЗ}}} \cdot a \cdot \left( \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \right)_{\Sigma} \quad (3.20)$$

ЖЖС-ЖС телімі үшін

$$P_{\text{пер.КС}} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d_{\downarrow}^2 \cdot L_{\downarrow \text{доп}} \cdot P_{\text{ш.ΣЗС}}}{\lambda_{\downarrow}^2 \cdot G_{\text{пер.КС}} \cdot G_{\text{пр.ЗС}} \cdot \eta_{\text{пер.КС}} \cdot \eta_{\text{пр.ЗС}}} \cdot b \cdot \left( \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \right)_{\Sigma} \quad (3.21)$$

мұндағы  $P_{\text{пер}}$  – сигналдың таратқыш шығысындағы қуаттылығы, дБ;  
 $G_{\text{пер}}$  – таратқыштың күшею коэффициенті, дБ;  
 $\eta_{\text{пер}}$  – антенна-толқынжол трактісіндегі шығындар, дБ;  
 $a$  - жоғары қараған сызыққа арналған қор коэффициенті;  
 $b$  - төмен қараған сызыққа арналған қор коэффициенті.

Радиожелінің энергетикасын есептеу кезінде  $L_0$  (3.1 формула) негізгі шығындарды ғана емес, сондай-ақ ЖС – ЖЖС трассасында орын алып отыратын  $L_{\text{доп}}$  (3.6 формуласы) қосымша шығындарды да ескеріп отыру қажет.

Борттық қайта таратқыштың (БҚ) қабылдау жүйесі шуылының күші келесі формула бойынша анықталады:

$$P_{\text{ш.КС}} = k \cdot T_{\Sigma \text{КС}} \cdot \Delta f_{\text{ш.КС}}, \text{ Вт} \quad (3.22)$$

мұндағы  $\Delta f_{\text{ш.КС}}$  - БҚ діңгегінің өткізу жолағы, Гц;  
 $k$  - Больцман тұрақтысы  $1,23 \cdot 10^{-23}$  Вт/Гц;  
 $T_{\Sigma \text{КС}}$  - БҚ қабылдау жолының қосынды шуылдық температурасы, К.

ЖЖС сипаттамасында станцияның  $Q$  қабылдауға қатысты сапалылығы көрсетілген, ол келесі түрде есептеледі:

$$Q = 10 \lg \frac{G_{\text{ПРМКС}}}{T_{\Sigma \text{КС}}}, \text{ дБ/К.} \quad (3.23)$$

Осы қатынастарды қолдана отырып, мына мәнге ие боламыз:

$$\frac{G_{\text{ПРМКС}}}{T_{\Sigma\text{КС}}} = 10^{\frac{q}{10}} = 10^{0,75} = 5,62, 1/\text{К}.$$

Серіктік байланыс желілеріне арнап сигнал/шуыл қатынасы 11 және 16 дБ аралығындағы диапазоннан таңдалады. Жобаланып отырған желі деректерді таратуға арналғандықтан ең аз 11дБ мәнін қолдануға болады.

$$\left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\Sigma} = 10^{\frac{11}{10}} = 10^{1,1} = 12,59.$$

Орталық жер станциясында диаметрі 12 м антенна орнатылған. Антеннаны күшейту коэффициентін келесі формула бойынша анықтаймыз:

$$G = \frac{q \cdot 10 \cdot D_A^2}{\lambda^2} = \frac{0,8 \cdot 10 \cdot 12 \cdot 12}{0,136^2} = 103603,52$$

(3.21) теңдеуіне борттық қайта таратқыштың қабылдау жүйесі шуылының күшін және (3.23) қатынасын қоя отырып, мына мәнге ие боламыз:

$$P_{\text{пер.ЗС}} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot d_{\uparrow}^2 \cdot L_{\uparrow\text{доп}} \cdot k \cdot \Delta f_{\text{ш.КС}}}{\lambda_{\uparrow}^2 \cdot G_{\text{пер.ЗС}} \cdot \eta_{\text{пер.ЗС}} \cdot \eta_{\text{пр.КС}}} \cdot 10^{\frac{q}{10}} a \cdot \left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\Sigma}, \text{ Вт}.$$

KazSat2 ЖЖС жұмысы кезіндегі ЖС-дағы таратқыштың қуаттылығын есептейік.

$$P_{\text{пер.ЗС}} = \frac{16 \cdot 3,14^2 \cdot 38634^2 \cdot 10^6 \cdot 3,821 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 24000 \cdot 10^6}{0,136^2 \cdot 103603,52 \cdot 0,9} \cdot 7 \cdot 5,62 \cdot 12,59 = 30,02, \text{ Вт}$$

Түпкілікті түрде жер станциясының қуаттылығы 100 Вт таратқышын таңдаймыз, ол энергетикалық қорды және штаттан тыс жағдайларда жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

### 3.5 Қабылдағыш жер станциялары антенналарының қажетті диаметрін есептеу

КС таратқышының қуаттылығы белгілі, сол себептен КС таратқышының қуаттылығына арналған теңдеуден серіктік желіде сигнал/шуылдың қажетті қатынасын қамтамасыз ететін қабылдағыш жер станциясының антеннасын күшейту коэффициентін көрсетейік.

$$G_{ПРМЗС} = \frac{\cdot L_{0\downarrow} L_{\downarrow\partial on} \cdot P_{ш.ΣЗС} \cdot b}{G_{пер.ИСЗ} \cdot P_{ПРДКС} \cdot \eta_{пер.ИСЗ} \cdot \eta_{пр.ЗС}} \cdot \left( \frac{P_C}{P_{ш}} \right)_{\Sigma} \quad (3.24)$$

Борттық қайта таратқыштың техникалық деректерінде Тиімді-изотроптық сәулеленуші қуаттылық (ТИСҚ) көрсетілген, ол келесі формула бойынша анықталады:

$$ТИСҚ_{КС} = G_{ПРДКС} \cdot P_{ПРДКС} \cdot \eta_{ПРДКС}, \text{ Вт.}$$

Осы мәнді антеннаны күшейту коэффициентін есептеу формуласына салумен келесі ықшамдалған теңдеуге ие боламыз:

$$G_{ПРМЗС} = \frac{L_{0\downarrow} L_{\downarrow\partial on} \cdot P_{ш.ΣЗС} \cdot b}{ЭИИМ_{КС} \cdot \eta_{пр.ЗС}} \cdot \left( \frac{P_C}{P_{ш}} \right)_{\Sigma} \quad (3.25)$$

Борттық қайта таратқыштар туралы деректерге сәйкес ТИСҚ мынаған тең болады:

$$ЭИИМ1 = 10^{\frac{47}{10}} = 50118,72 \text{ Вт,}$$

$$ЭИИМ2 = 10^{\frac{49}{10}} = 79432,82 \text{ Вт.}$$

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыстың тақырыбы өзекті болып келеді, өйткені жер станциясында телеметрияны қабылдау және тарату құрылғылары қазіргі таңда үлкен сұранысқа ие. Сондықтан бұл жұмыста жер станциясындағы телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларын таңдау және талдау жүргізілген.

Таңдау бөлімінде «Сажень-С» цифрлық ақпаратты өңдеу мен тіркеу аппараттарының кешені, ОПАЛ-М» қабылдау, тіркеу және ақпараттық қабылдау аппаратурасы және «МАРС» агрегатталатын антенналық-қабылдау құрылғылары таңдалған.

Дипломдық жұмыста қолданыстағы аппаратураға талдау жүргізіліп, телеметрияның ерекшеліктері мен маңызы зерттелді. Сонымен қатар «KazSat» ҒА ЖБК құрылымдық сұлбасы және мысал ретінде «Каштан» командалық-өлшеу жүйесі негізіндегі стационарлық «Сары – Шаған» командалық өлшеу бекеті (полигоны) көрсетілген.

Жерүсті басқару кешендері (ЖБК) борттық кешендермен қатар ғарыш аппараттарын (ҒА) олардың нысаналы мақсатына сәйкес басқаруға арналған, қажет етілетін математикалық қамтуы бар жерүсті ақпараттық-өлшеу және есептеу құралдарының жиынтығы болып табылады. ЖБК ҒА-ны орбитаға шығару құралдарынан ажыраған сәттен бастап ҒА-ның белсенді қызметінің мерзімі аяқталған сәтке дейін жұмыс істейді.

Жерүсті кешендері ҒА-ның нақты типтерін (ҒА жүйесін) басқаруды қамтамасыз етеді және сатылық дәрежесі одан жоғары болып келетін құрылымдық түзілімдердің, яғни ҒА-ны автоматтандырылған басқару жүйелерінің (АБЖ); ҒА-ны жерүсті автоматтандырылған басқару кешенінің (ЖАБК) құрамдас бөлігі болып табылады.

Есептеу бөлімінде телеметрияны қабылдау және тарату құрылғыларының параметрлері, жер станцияларының антенналарын орнату параметрлері және сигнал тараған кездегі сигналдың өшулігі есептелген.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ларсен Проектирование космических систем.
- 2 Кантор Л.Я.Справочник. Спутниковая связь и вещание – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
- 3 <http://www.satinternet.ru//index.php>
- 4 Тяпичев Г.А. Спутники и цифровая радиосвязь.-М:Тех Бук,2004-288с.
- 5 <http://www.radiokanal.ru/>
- 6 <http://www.space.org.ru/Media>
- 7 <http://russiamaps.newmail.ru/kazakh.htm>
- 8 Горностаев Ю.М. и др. Перспективные спутниковые системы связи/ Горностаев Ю.М.,Соколов В.В., Невдяев Л.М.-М.:Горячая линия-Телеком,2000.-132с
- 9 Л.Г. Мордухович, А.П. Степанов Системы радиосвязи. Курсовое проектирование: Учебное пособие для высших учебных заведений. – М.: Радио и связь, 1987.
- 10 Бадалов А.Л., Михайлов А.С. Нормы на параметры электромагнитной совместимости РЭС: Справочник. -М.: Радио и связь, 1990
- 11 Фролов О.П. Антенны для земных станций,2000.
- 12 Голубицкая Е.А., Жигульская Г.М. Экономика связи: М.: - Радио и связь, 1999.
- 13 Беклешев В.К. Техничко-экономическое обоснование ДП. М. 1991.
- 14 Волков И.М., Грачева М.В. Проектный анализ: Учебник для вузов.- М: Банки и биржи. ЮНИТИ, 1998.
- 15 Николаева С.А. Принципы формирования и калькулирования себестоимости. - М.: Аналитика-пресс, 1997. с.67
- 16 Белов А.Н. Безопасность жизнедеятельности. М: Высшая школа, 2006
- 17 Баклашов Н.И, Китаева Н.Ж, Терехов Б.Д. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды: Учебник. - М.: Радио и связь,1989
- 18 Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
- 19 Хакимжанов Т.Е. Расчет аспирационных систем. Дипломное проектирование. Для студентов всех форм обучения всех специальностей. – Алматы: АИЭС, 2002
- 20 Назаров А.В. Современная телеметрия в теории и на практике. М: Наука и техника. Санкт-Петербург 2007.

## БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

G/T	Сапалығы (Figure of Merit) (сапа параметрі);
LNA	(ШТК) шуылы төмен күшейткіш;
БА	борттық аппаратура
КБ	кростау блогы
БОЕК	борттық есептеу кешені
ЖАО	жоғары айналма орбита;
ТОБЖ	талшықты-оптикалық байланыс желісі;
ЖЖ ҚҚ	жоғары жиілікті қабылдау құрылғысы
ЖЭО	жоғары эллипстік орбита;
ЖКРГ	жалған кездейсоқ реттілік генераторы
ГТО	геотұрғылықты орбита;
КБАД	командалық-бағдарламалық ақпараттың дешифраторы
БГ	беруші генератор
ҒА	ғарыш аппараты;
КӨК	командалық-өлшеу кешені;
КӨЖ	командалық-өлшеу жүйесі
АҚТ	ақпаратты қабылдау түбіртегі
КТҚ	коммутациялық-тарату құрылғысы
БК	басқару командасы
ЖБК	жерүсті басқару кешені
ТЖО	төмен жер маңындағы орбита;
ЖТ ҚҚ	жиілігі төмен қабылдау құрылғысы
БУҚ	бағдарламалық-уақыттық құрылғы
БҚ	бағдарламалық қамту;
ТАР	таратқыш
РК	радиокоманда
СКО	биіктігі орташа айналма орбита;
ОЭО	орташа эллиптикалық орбита;
ТТ	техникалық тапсырма;
ТМ	телеметриялық ақпарат
ҚК	қуаттылығын күшейткіш
ҚҚ	қорек құрылғысы;
ЖСҚ	жауаптық сигналды қалыптастырушы
БИСҚ	баламалы изотропты сәуелеленетін қуаттылық

## А Қосымша

Спутник- Жер станциясы радиожолдардың энергетикалық сипаттамаларын есептеу MathCad бағдарламасының алгоритмі

**Mathcad Professional - [ЭР(НОЕ).mcd]**

Файл Правка Вид Вставка Формат Математика Символы Окно ?

Normal Arial 10 B I U

**Энергетический расчет.**

**Ввод констант и задание единиц измерения:**

Единицы измерения:

бит := 1	Эрл := 1	дБ := 1	м := 1 · m	град_спл := 1 · deg
кбит := 1000 · бит	Гц := Hz	Вт := 1 · watt	К := 1 · K	град_юш := -1 · deg
с := 1 · sec	км := 1km	дБВт := 1	мин := 1 · min	град_вд := 1 · deg
завь := 1	ед_рес := 1	град := 1 · deg		град_зд := -1 · deg

Константы:

Постоянная Больцмана  $k := 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{Гц} \cdot \text{К}}$

Скорость света, м/с  $c := 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}}$

Радиус Земли, км  $R_{\text{з}} := 6371 \cdot \text{км}$

Абсолютная температура окружающей среды, К  $T_0 := 290 \cdot \text{К}$

**Ввод исходных данных**

Географические координаты спутника (ретранслятора), град.

-широта:  $\phi_{\text{pc}} := 0 \cdot \text{deg}$

-долгота:  $\lambda_{\text{pc}} := 57 \cdot \text{deg}$

Помощь · F1

Пуск ПРИЛОЖЕНИЯ Mathcad Profession... П1.doc - Microsoft Word

AUTO NUM Page 2 17:20