

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру
институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Бердіқали Бибарыс Мағауияұлы

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру
институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ЭТЖҒТ кафедра меңгерушісі
оптика ғыл. магистрі
оптика ғыл. сарапшысы
_____ И. Сырғабаев
«_____» _____ 2020ж.

Дипломдық жобаға

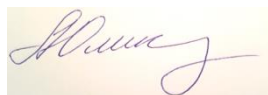
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы «Қазақстан Республикасына «Starlink» жерсеріктік жүйесін енгізу»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған: Бердіқали Б.М.

Пікір беруші
ХАТУ-нің сениор-лекторы



А.Т. Омаров

22 .05.2020ж.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ кафедрасының лекторы



Н. А. Джунусов

22 .05.2020ж.

Алматы 2020

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Ө. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру
институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы
5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

ЭТЖҒТ кафедра меңгерушісі
оптика ғыл. магистрі
оптика ғыл. сарапшысы
_____ И. Сырғабаев
« _____ » _____ 2020ж.

Дипломдық жоба орындауға ТАПСЫРМА

Білім алушы: Бердіқали Бибарыс Мағауияұлы

Тақырыбы: Қазақстан Республикасына «Starlink» жерсеріктік жүйесін енгізу
Университет ректорының “27” қаңтар 2020ж. №762-б бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі “20” мамыр 2020ж

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері: «Starlink» жүйесінің жұмыс істеу
биіктігі 550 км, лазерлік байланыс сәулелену жиілігі 10 ТГц-тен астам, жиілік
жолағы 40 ГГц-тен 75 ГГц-ке дейін, «Starlink» интернет-қосылысының
кідіріс(ping) 25-35 мс, қосылудың теориялық жылдамдығы - бір абоненттік
терминалға 1 Гбит/с дейін, бір ЖЖС өткізу қабілеті 17-23 Гбит, жер серіктердің
қолданылатын диапазондары: Ка (17.8-19.3 және 27.5-30.0 ГГц) және Ku(10.7-
12.7 және 14-14.5 ГГц).

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) «Starlink» жерсеріктік жүйесін талдау.

б) «Starlink» жерсеріктік жүйесін тұрғызуға қолданылатын құрылғыларды
және аспаптарды таңдау.

в) «Starlink» жерсеріктік жүйесінің негізгі параметрлерін есептеу:

1. Жерсеріктік байланыс желісі учаскелерінде лазерлік байланыстың
әлсіреуін есептеу.
2. Қабылдау құрылғыларының энергетикалық параметрлерін есептеу
3. Таратушы құрылғылардың энергетикалық параметрлерін есептеу.
4. Алынған нәтижелерді талдау және қабылданған техникалық
шешімдердің негіздемесін жасау.

г) Қазақстан Республикасына «Starlink» жерсеріктік жүйесін енгізудің
маңыздылығы.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):
Спутниктік интернеттің бір жақты жеткізу сұлбасы; Спутниктік интернеттіңекі жақты жеткізу сұлбасы; Жауын-шашынсыз атмосферада лазерлік сигналдың өшуін анықтауға арналған графиктер.

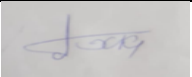
Ұсынылатын негізгі әдебиет: «Аппаратура радиосвязи, радиовещания и телевидения» - Москва: Экос, 2009. «Зоны обслуживания систем спутниковой связи»- Л.М. Машбиц. - Москва: Радио и связь, 2012. «Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи» - О.П. Фролов, В.П. Вальд. - Москва: Горячая линия - Телеком, 2008.

дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
«Starlink» жерсеріктік жүйесін талдау	13.01.2020	<i>орындалды</i>
«Starlink» жерсеріктік жүйесін тұрғызуға қолданылатын құрылғыларды және аспаптарды таңдау.	10.03.2020	<i>орындалды</i>
«Starlink» жерсеріктік жүйесінің негізгі параметрлерін есептеу	10.04.2020	<i>орындалды</i>

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
Норма бақылау	Сениор-лектор, доктор PhD Хабай А.	25.05.2020	

Ғылыми жетекшісі



Н. А. Джунусов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Б. М. Бердіқали

Күні 22 .05. 2020ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Қазақстан Республикасына «Starlink» жерсеріктік жүйесін енгізу мәселелері қарастырылған. Бірінші бөлімде Starlink жүйесінің басқа байланыс жерсерік жүйелерінен айырмашылығына салыстырмалы түрде талдау жүргізілген. Сонымен қатар Starlink жүйесін енгізуді жүзеге асыру жолдары қарастырылып мәселенің қойылымы негізділген.

Дипломдық жұмыстың техникалық бөлімінде Falcon-9 зымыран-тасушысы, фазаланған торы бар антенналар және жер үстіндегі жылжымалы жер серіктік байланыс AltegroSky жүйесіне таңдаулар жүргізілген.

Ал техникалық есептеу бөлімінде жерсеріктік байланыс сигналдарының перематрлері, жерсеріктік желі бойынша тарату барысында сигналдың энергия шығыныны және қабылдау антеннасының күшейту коэффициенті есептелген.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассмотрены вопросы внедрения в Республике Казахстан спутниковой системы «Starlink». В первом разделе был проведен сравнительный анализ отличий системы Starlink от других спутниковых систем связи. Кроме того, рассмотрены пути реализации внедрения системы Starlink.

В технической части дипломной работы произведены выбор на ракетаносителя Falcon9, фазированной антенной решетке и системе передвижной спутниковой связи на земле AltegroSky.

В технической части рассчитаны параметры сигналов спутниковой связи, потери энергии сигнала при передаче по спутниковой сети и коэффициент усиления приемной антенны.

ABSTRACT

This thesis deals with the implementation of the "Starlink" satellite system in the Republic of Kazakhstan. In the first section, a comparative analysis of the differences between the Starlink system and other satellite communication systems was conducted. In addition, the ways to implement the implementation of the Starlink system are considered.

In the technical part of the thesis, the choice was made on the Falcon 9 launch vehicle, the phased array antenna and the AltegroSky mobile satellite communication system on earth.

In the technical part, the parameters of satellite communication signals, signal energy losses during transmission over the satellite network, and the gain of the receiving antenna are calculated.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	10
1 Starlink жерсеріктік жүйесін талдау	11
1.1 Starlink жүйесінің сипаттамалары	11
1.2 Байланыс жерсеріктерін салыстырмалы талдау	13
1.3 Starlink жүйесін енгізуді жүзеге асыру	19
1.4 Мәселенің қойылымын негіздеу	25
2 Starlink жүйесінің құрылғысын таңдау	27
2.1 Falcon 9 зымыран-тасушысы	28
2.2 Фазаланған торы бар антенналар	29
2.3 ФАТ құрылымы мен сипаттамалары	33
2.4 Жер үстіндегі жылжымалы жер серіктік байланыс AltegroSky	35
3 Жерсеріктік байланыс жүйелерінің негізгі перематрлерін есептеу	35
3.1 Жерсеріктік байланыс жүйелерінің негізгі перематрлерін есептеу	36
3.2 Геометриялық қатынастарын есептеу	38
3.3 Жерсеріктік желі бойынша тарату барысында сигналдың энергия шығынын есептеу	45
3.4 Қабылдау антеннасының күшейту коэффициентіні есептеу	46
3.5 Қабылдау нүктесіндегі сигнал қуатының деңгейі	46
3.6 Жер станциясының қабылдағышының кірісіндегі шудың толық қуатын есептеу	47
Қорытынды	50
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	51
Қосымша А	52

КІРІСПЕ

Бүгінгі таңда адамзат ақпараттың орасан зор көлемімен сипатталатын ғаламда өмір сүріп отыр. Бұқаралық коммуникация өзін оның шекарасынан тыс елестете алмайтын адамның тіршілігінің міндетті құрамдауышы болып табылады.

Байланыс технологияларының жетілдірілуі жоғары жылдамдықпен және сенімділікпен ақпараттың шағын көлемін беру үшін ғаламдық желілерді дайындауға алып келді. Ғаламдық және аймақтық байланыс желілерін жүзеге асырудың басты әдісі оптикалық-талшықты кабельдер мен жерсеріктік байланыс жүйелерін пайдалану болып табылады, қазіргі әлемдіе трафиктің ширек бөлігі олардың үлесіне тиісті болады.

Қазіргі таңда байланыс әскери міндеттер үшін де, азаматтық міндеттер үшін де қажет болады. Озық ұйымдар мен кәсіпорындар әр түрлі ақпараттың көп бөлігінде олар арқылы күн сайын өткізілетін электрондық және телекоммуникациялық көлеммен сипатталады. Осыған орай барлық талап етілетін коммуникациялық бағыттарға қолжетімділікті қамтамасыз ететін коммутациялық тораптарға жоғары сапалы шығыстар өте маңызды болып табылады. Елді мекендерінің арасындағы қашықтық жоғары, ал жер үсті желілерінің байланыс сапасы төмен болып табылатын Қазақстанда аталған мәселенің жақсы шешімі жерсеріктік байланыс жүйесін пайдалану болып табылады. Сәйкесінше, жерсеріктік байланысқа жататын қабылдағыш және таратқыш құрылғылар мен антенналар туралы мәселе қазіргі уақытта өзекті болып табылады. Бүгінгі күні деректерді ЖЖС арқылы тарату технологиясы жоғары сұранысқа ие болып отыр, себебі ол жер шарының кез келген нүктесінде тұрақты сигнал қабылдауға мүмкіндік береді.

Жер бетіндегі байланыс тұрақты да, жылжымалы да болуы мүмкін жер станциялары арасында жүзеге асырылады. Жерсеріктік байланыс ретрансляторды аса жоғары биіктікке шығару жолымен дәстүрлі радиорелелік байланысты дамыту болып табылады (ондаған мың шақырымнан бастап жүз мың шақырымға дейін).

Аталған бағыт шеңберінде ғарыш аппараттарын жасау және ұшыру, сонымен қатар, микротолқынды және микропроцессорлық құрылғылар саласында жаңа жоғары технологияларды енгізу жүзеге асырылады. Осыған байланысты телекоммуникация нарығындағы барлық елеулі оқиғалар спутниктік байланыстың дамуына әсер етеді.

Аталған жұмыста жер шарының тұрғындарын кең жолақты интернетке қолжетімділікпен қамтамасыз етуге қабілетті келесі ұрпақтың жерсеріктік желісі — Starlink қарастырылады. Қарастырылып отырған Starlink жүйесі тек жерсеріктік операторлармен ғана емес, сонымен қатар ұялы байланыс операторларымен де бәсекелес бола алады.

1 STARLINK ЖЕРСЕРІКТІК ЖҮЙЕСІН ТАЛДАУ

1.1 Starlink жүйесінің сипаттамалары

Starlink-арзан және өнімділігі жоғары спутниктік интернет-байланыс арнасын және жерден және орбитадан сигналдарды қабылдау және беру үшін техникалық таратқыштарды құру мақсатында SpaceX компаниясы әзірлеген және жүзеге асыратын жердің айналасындағы жерсеріктер жүйесінің жобасы.

Starlink-жер шарының барлық тұрғындарын интернетке кең жолақты қолжетімділікпен қамтамасыз етуге қабілетті келесі буынның жерсеріктік желісі болып табылады. Жерсеріктері орбитада 290 шақырым биіктікте жұмыс жасайтын болады.

SpaceX ұсынатын ғаламдық интернет толықтай тегін болмайды: жерде орналасқан серверден орбиталық жерсерікке және жерге кері ақпарат беру үшін шекті пайдаланушыға арнайы құрылғылар - антенна және таратқыш орнату керек.

Сонымен қатар, қазіргі таңда жерсеріктік интернет дамыған оптоалшықты қосылуға және мобильді желілерге балама болып отыр. Жерсерік арқылы интернетке қол жетімділік классикалық қосылу тәсілдері мүмкін болмайтын қиын қолжетімді орындарда қолданылады.

Жерсеріктік интернеттің ресурсы шектеулі болады, бұл — трафиктің белгілі бір көлеміне қайта оралу және жылдамдықты біршама төмендетуді білдіреді. Осындай сигнал басқа жерсеріктердің радио кедергілерінен жиі ажыратылуы ықтимал, бұл оны біршама тұрақсыз және сенімсіз етеді. Сонымен қатар, таратқыштардың өткізу қабілеті, бір серіксеріктің жұмыс мерзімі және Илон Масктің жаңа «ғаламдық желінің» қалыптасуына ықпал ететін басқа да факторлар туралы айтып кету керек.

Қазіргі уақытта, байланыс жерсеріктерінің көпшілігі 36 мың км биіктікте геостационарлық орбитада орналасады, ал SpaceX- оларды біршама төмен орналастыруға шешім қабылданған. SpaceX айтып кеткендей, Starlink жерсеріктерінің төмен орналасуы осындай қосылудың артықшылықтарын қамтамасыз етіп: аппараттар борттық оптикалық лазерлердің көмегімен бір-бірімен байланысады және жер үстіндегі аспан арқылы ақпаратты жылдам береді.

Осы тұрғыда, деректер үнемі жерге қайтарып отыру қажет болмайды, бұл осындай қосылуды жылдамдатуға мүмкіндік береді.

Starlink пайдаланушылары сатып алуы тиіс болатын антенналар нақты уақытта ең үздік сигнал беретін жерсерікке автоматты түрде қосыла алатын болады. Бұл жүйе мобильді байланыс жүйесіне ұқсас болады.

SpaceX бірнеше мыңдаған жерсеріктерін іске қосатын болғандықтан - пайдаланушылар антенналары әрбір 10 минут сайын планетаның кез келген нүктесінде 20 түрлі жерсеріктер арасынан таңдап ала алады.

Илон Масктың компаниясында, аталған антенна көлемі пиццаның қорабымен бірдей болатынын айтып отыр.

Сөз жүзінде барлығы жақсы секілді, дегенмен, Starlink нақты пайдаланушы тәжірибесі туралы біз тек 2024 жылы ғана біле аламыз, SpaceX осы уақытта орбитаға өз серіктерінің толық шоқжұлдызын орналастыруды жоспарлап отыр.

SpaceX жер шарындағы қиын қол жетімді аймақтарда интернетті таратуға арналған Starlink желісі үшін тағы 60 жерсерікті табысты іске қосты. Миссия компанияның теңіз платформасына Falcon 9 бірінші сатысын екінші рет қондыра алмағанына байланысты іске аспады, ол тағы теңізге құлады. Сонымен қатар, Масктың астрономдардың Starlink жобасына қатысты наразылықтарын жою үшін өзінің серіктерінің ашықтығын азайту талпынысы, әзірге оң нәтижеге бермеді.

Starlink 60 жерсерігі келесі сипаттамаларға ие:

- бір күн батареясы және бірнеше өнімділігі жоғары антеннатары бар тегіс дизайн;
- массасы:227кг;
- орбитаға биіктігі мен ауытқуын қолдап орналасуын реттеу үшін отын ретінде криптон газын пайдаланатын Холл әсері бар рөл құрылғылары;
- дәл келтіруге арналған Star Tracker навигациялық жүйесі;
- бұдан басқа, әрбір Starlink жерсерігінің төрт антенналық фазалық торлары болады, олар Ku және Ka диапазондарда жұмыс жасайды.

Антенналық фазалы тор дегеніміз не және ол не үшін қажет?

Фазалы антенна торы (ФАТ), бұл сәуле шығару бағыты және (немесе) бағыттылықтың сәйкес диаграммасының нысаны тоқтардың амплитудалық-фазалық таралуының немесе сәулелену элементтеріндегі қозу өрістері өзгергенде реттелетін, берілген салыстырмалы қозатын бар антенналар тобы.



1.1 Супет - Starlink телекоммуникациялық жерсерігі.

Қазіргі уақытқа дейін жерсеріктерімен байланысатын жердегі станциялар туралы мәліметтер аз. Аңыздарға қарама-қайшы, қарапайым телефондардан

Starlink арқылы интернет алу мүмкін болмайды. Атап айтқанда, елдерге «жерсеріктерін бәсеңдету» емес, байланысқа арналған құрылғыларды әкелуді басқару өз интернет нарықтарын бақылауға мүмкіндік береді. Жақында өткен сұхбатта Маск жердегі станция пиццаға арналған қорабы бар фазаланған торлы антеннаны пайдаланатынын хабарлады. Аталған станцияны теориялық түрде автомобильге қоюға болады, бірақ мәселе әлі айтылмаған бағаға негізделеді.

1.2 Байланыс жерсеріктерін салыстырмалы талдау

Қазақстанда KazSat-2R жаңа жерсерігі жасалып жатыр. Техникалық-экономикалық негіздемеге сәйкес оны әзірлеу және құру бағасы 40 миллиард теңгеге (105 миллион доллардан астам) құрайды. Не себепті KazSAT-2R құны Starlink Илон Масктың жерсеріктерінен әлдеқайда жоғары «бұл екі миссияны салыстыру қиын. KazSAT - 2R салмағы 4-6 тонна болады және геостационарлық орбитада өз миссиясын орындайды. Starlink жерсеріктерінің салмағы 220-260 килограмм, топтастырыдып орбитадан 550-1 100 ш. дейін жер маңындағы аймақта жұмыс жасайды. Бір Starlink ғарыш аппаратының бағасы - 100 мың доллар. Дегенмен, 4 000 жерсеріктен құралатын барлық топтың бағасы -бірнеше миллиард долларға жетеді». Геостационарлық орбитаның орбитасы спутниктің Қазақстан үстіндегі бір нүктенің үстінде тұрақты тұруына жағдай жасайды- ол Starlink топтастыру қажет болатын барлық жұмысты атқаратын болады. Сонымен қатар 35 786 ш.геостационарлық орбитаның биіктігіндегі жұмыстың міндеттері мен ерекшеліктері сенімді және қымбат құрал-жабдықтарды қажет етеді.

«KazSat-2R жаңа ғарыштық байланыс жүйесі» KazSat-2» ғарыш аппаратын жоспарлы ауыстыру үшін жасалып, қолданысқа беріледі, оның геостационарлық орбитада (ГСО) есептік белсенді жұмыс мерзімі 2023 жылдың қараша айында аяқталады», - деп ҚР ӘПБ баспасөз қызметінің хабарламасында хабарланған. KazSat-2R телекоммуникациялық жерсерігі ғарыш аппаратын (ҒА) пайдалануға енгізген және оны ГСО 86,5°шығыс бойлық позициясында орналастырған сәтінен бастап кемінде 15 жыл белсенді қызмет ету мерзімімен жүзеге асыру жоспарланған. KazSat-2R ҒА ресурстары «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасын іске асыру шеңберінде жерсеріктік байланыстың тіркелген арналарын ұйымдастыру үшін қолданылатын болады. Бұл Интернетке, оның ішінде елдің қиын қолжетімді ауылдық елді мекендерінде кең жолақты қолжетімділікті қамтамасыз ету, сонымен қатар, кейін Тәжікстан, Өзбекстан, Қырғызстан секілді шекаралас мемлекеттердің шекті тұтынушыларына (мемлекеттік органдар, күш құрылымдары, корпоративтік және жеке секторлар) телекоммуникациялық қызмет көрсету мақсатында қажет деп хабарлайды баспасөз қызметі. «Республикалық ғарыштық байланыс орталығы» АҚ бағдарлама әкімшісі - ҚР ҚМ Аэроғарыш комитетінің тапсырмасы бойынша 2016 жылы KazSat-2R жобасын жүзеге асыруға кіріскені

белгілі болған. Компания мамандары ҚР ұлттық экономика Министрлігі мақұлдаған инвестициялық ұсыныс дайындаған. «РҒБО» АҚ KazSat-2 ғарыш аппаратын жоспарлы ауыстыру үшін KazSat-2R ғарыштық байланыс жүйесін құру және пайдалануға беру бойынша қаржылық-экономикалық негіздеме мен техникалық тапсырма дайындайды», - деп хабарлады компанияда. KazSat-2 және KazSat-3 Ұлттық ғарыш аппараттары табысты жұмыс істейді, олардың ресурстарын 15 жерсеріктік оператор пайдаланады, Қазақстанның барлық аумағы бойынша спутниктік байланыстың 11 мыңнан астам жер станциялары жұмыс істейді. Өзінің байланыс және хабар тарату ғарыш жүйесін құру және дамыту Қазақстан Республикасы үшін маңызды практикалық және стратегиялық маңыздылыққа ие болып отыр. Еліміздің заманауи және сапалы байланыс қызметтерімен 100% қамтудан бас басқа, KazSat сериялы ғарыш аппараттары ресурстарының базасында спутниктік байланыс желілері Республиканың ұлттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі аса маңызды міндетті атқаратын болады.

Жерсеріктік интернет. Интернеттің ауқымды қажеттілігі деректерді берудің сан алуан түрлі технологияларын дамытуды ынталандырады. Олардың бірі жерсеріктік антенналар арқылы сигнал тарату болып отыр. Аталған технологияның біршама оң қасиеттері бар, дегенмен де, оның кемшіліктері де жоқ емес.

Деректер алмасудың жерсеріктік технологиясының ерекшеліктері

Жерсеріктік байланыс бір жақты болуы (жерсеріктік арна бойынша деректерді қабылдау, ал беру – балама бойынша) немесе екі жақты (жалғау және жерсерік арқылы беру) болуы ықтимал. Негізінен VSAT технологиясы бар екі жақты жерсеріктік интернетті пайдаланады. Құрылғылар жиынтығы біршама қымбат, оның құрамына қабылдау-тарату антеннасы, жоғары жиілікті қабылдау және тарату блоктары, компьютер немесе жергілікті желі қосылатын жерсеріктік терминал кіреді.

Сигнал беру 3 негізгі диапазонда – C, Ku, Ka жүзеге асырылуы ықтимал. C диапазоны сирек, негізінен бір жақты деректерді беру үшін қолданылады. Осы диапазонда жұмыс істейтін антенналар қуатты таратқыштары бар, өлшемі үлкен болуы керек. Екі жақты интернет қызметтерін ұсыну көбінесе Ku диапазонында жүзеге асырылады. Оның қамту аймағы өте кең, антенналар 0,8-1,8 метрге дейін, қуат таратқыштары ықшам және салыстырмалы арзан. «Аймақтық сәулелері» бар жаңа спутниктерді жобалаумен Ka диапазоны белсенді пайдаланыла бастады. Ол үшін стандартты антенналардың 0,75 м өлшемі бар және 3-6Мбит/с дейінгі жылдамдықты қамтамасыз етеді.

Жерсеріктік Интернеттің артықшылықтары мен кемшіліктері

Жерсеріктік Интернеттің артықшылықтары келесілер болып табылады:

- дәстүрлі провайдерлер мен электр қуатынан тәуелсіздік;
- ғаламшардың қашықтағы және техникалық дұрыс дамымаған аймақтарынан деректерді беру мүмкіндігі;
- сигналдың сапасы мен жоғары жылдамдығы;
- қосылудың жеңілдігі.

Жерсеріктік интернеттің кемшіліктеріне келесілер жатады:

- радиотаратқыш құрылғыға рұқсат алудың қажеттілігі;
- қымбат және ірі құрылғылар;
- байланыс арнасында шегеріс (жерсеріктік сигналға таратқыш антеннадан спутникке дейін жету үшін шамамен 250мс және керісінше осынша талап етіледі);
- екі жақты арнадағы пинг кезеңі 500-800мс болуы мүмкін;
- әртүрлі өндірушілердің құрылғыларының үйлесімсіздігі.

Жерсеріктік интернет жылдам сымды интернет ұйымдастыру мүмкін болмайтын шағын елді мекендерде, саяжай кенттерінде, алыс аудандарда таптырмас нұсқа болып табылады. Оларды мұнай, орман өнеркәсібі және өндіруші компаниялар корпоративтік мақсаттарда жиі пайдаланады. Жерсеріктік интернет жер шарының әртүрлі нүктелерінен тікелей эфир ұйымдастыру үшін қолданылады.

Қалалар мен басқа да елді мекендердегі жеке тұлғалар арасында жерсеріктік интернет жоғары танымалдыққа ие емес, себебі жаһандық желіге қол жеткізудің арзан әрі қарапайым тәсілдері қол жетімді.

OneWeb компаниясы. OneWeb компаниясы сондай-ақ жаһандық Интернет байланысын қамтамасыз ететін байланыс жерсеріктерінің желісін кеңейтуді жоспарлап отыр. Компанияның барлығы 650 астам жерсеріктері бар. Алғашқы алты OneWeb жерсерігі 2019 жылы іске қосылды, 34 жерсеріктерінің екінші топтамасы 2020 жылдың ақпан айында іске қосылды. Ағымдағы жылы компания 10 іске қосуды — осы жылдың соңына қарай орбитадағы OneWeb 382 жерсерігін жіберуді жоспарлап отыр. Яғни бір жыл уақытта компания өз желісінің жартысын ашады.

Әрине, OneWeb SpaceX секілді өз ауыр зымырандары жоқ. Алайда, OneWeb жерсеріктері жоғары биіктікте орналасады және олар аз болуы керек. Компанияның жерсеріктік интернет тұжырымдамалары бірнешеу болғанымен, мақсаты ортақ — ғаламдық интернетке қол жеткізу. Екі желіні пайдаланушылар жер үсті инфрақұрылымына байланыстырудан құтыла алады. Мысалы, OneWeb жерсеріктері арқылы интернетке қосылу үшін тек шағын терминал қажет, ол үйде, көлікте, алыстағы өнеркәсіптік объектілерде және т. б. сымсыз қосылуды «тарата алады».

Жергілікті инфрақұрылымға қосылмастан Интернетке қол жеткізу мүмкіндігі коммуникацияның барлық саласына әсер етеді, сондай-ақ бұрын миллиондаған адамдардың қолы жетпеген қызметтерге қол жетімділікті ашады. Кейбір мемлекеттер жерсеріктік Интернетке қолжетімділікті шектеуге тырысатынына қарамастан, бұл сала жылдам дамитын болады. Iridium Communications Inc компаниясының мысалы (IRDM, NASDAQ) жоғары жылдамдықты жерсеріктік байланысқа сұраныс жоғары екенін көрсетеді.

2020 жылғы 29 қаңтар, сәрсенбі күні «Falcon 9» FT зымыран тасығышы орбитаға Starlink жерсеріктерінің үшінші жинағын алып кетті. Орбиталық топ 180 аппаратқа дейін артты. Бұл тізімде екінші орын алатын Iridium компаниясымен салыстырғанда (82 жерсерік) үш есе көп.

Барлық іске қосу графиктерге сәйкес табысты өтті. Сол себепті, қазір жобаның табысты болатынын жоғары сеніммен айтуға болады. Жақын арада жүйені коммерциялық пайдалану басталады. Яғни, жылдам және арзан жерсеріктік Интернетке қосылуға болады. Қазақстан да жұмыс қалпындағы жабынды ала алады. Бұл мақалада біз Starlink жерсеріктік байланысты қосумен, баптаумен, төлеумен және қолданумен байланысты барлық мәселелерді қарастырамыз. Ал қызмет қолжетімді болған соң, біз сізге жабдықты сатып алуға, оны баптауға, қосылуға және іске қосуға көмектесеміз.

VSAT технологиясы. VSAT-шағын жер серіктік байланыс станцияларын пайдаланатын спутниктік байланыс технологиясы. VSAT спутниктік байланысы жергілікті жерге байланыстыру бойынша шектеулерге ие емес және басқа байланыс жүйелерін құру тиімсіз немесе мүмкін емес жерлерде телекоммуникациялық байланыс арналарын ұйымдастыруға мүмкіндік береді: аз шоғырланған немесе қоныстанбаған өңірлер, жерүсті инфрақұрылымы жоқ аумақтар, теңіз көлік жолдары. Осылайша, VSAT орната отырып, пайдаланушы барлық телекоммуникациялық қызметтерге ғаламшардың кез келген нүктесінде: телехабар тарату, Интернетке кіру, нөмір немесе бірнеше нөмір бере отырып, IP-телефония, аудио және видеоконференцияларға арналған арналар арқылы қатынайды.

VSAT желілерінің жұмыс істеу принципі: олар(35786 км) геостационарлық орбитада орналасқан ретрансляторлар спутниктер базасында құрылады. Жерсеріктің негізгі сипаттамалары борттық таратқыштардың саны, олардың қуаты мен радиожилік арналарының диапозондары болып табылады. VSAT-терминалдан Сигнал күшейткіш және оны кері басқару орталығына (ЦУС) жібереді, ол барлық VSAT - желінің орталық торабы болып табылады. Әдетте ЦУС құрамына кіреді:

1) канал құрайтын жабдық - диаметрі 4,5 - 9 м спутниктік қабылдағыш антенна, қуаты 400 Вт-қа дейін;

2) желідегі ақпаратты ауыстыруға және өңдеуге арналған HUB-жабдық VSAT.

Кішігірім жерсеріктік станция (MSSS) немесе VSAT-абоненті диаметрі 0,5-2,4 м антеннаны, қуаттылығы 1 Вт таратқышты және спутниктік модемді қосады, ол спутниктік канал мен абоненттің жабдықтары арасындағы байланысты қамтамасыз етеді. VSAT спутниктік байланысын ұйымдастыру 1.2 суретте көрсетілген.



1.2 Сурет -VSAT спутниктік байланысын ұйымдастыру

VSAT желісінің артықшылықтары:

- Орнатуға және пайдалануға беруге аз уақыт кетеді.
- Орнатудың бастапқы және инвестициялық шығындары аз.
- ауқымдылығы және желіні басқару. VSAT желілері кеңейтілетін және икемді. Егер сізге желіге жаңа терминалдарды қосу немесе бар терминалды жылжыту қажет болса, бұл желінің жұмысына әсер етпейді. Орнату қолданыстағы желіге тәуелсіз орындалады, бұл кідірістер мен проблемалардың туындау ықтималдығын азайтады.
- резервтік арналар. VSAT технологиясы артық желілерді құрудың сенімді архитектурасын ұсынады. Егер жер үсті желісі қандай да бір себептермен жұмыс істемей қалса, лезде артық сілтемелер қосылады
- қамту. VSAT желілерінде кеңейтілген спутниктік қамтуды қолдана аласыз. Сенімді және негізделген қол жетімді архитектураны енгізу қашықтағы филиалдар арасында тиімді ақпарат алмасуға мүмкіндік береді.
- қауіпсіздік. VSAT жүйелері өте сенімді, өйткені технологияның бұл түрі VPN (Virtual Private Network) виртуалды жеке желі ретінде ұйымдастырылған, ол қауіпсіз байланысты қамтамасыз етеді.
- Сигналдың кідірісі.. VSAT ғарыш сегменті геостационарлық жерсеріктерден тұрады. Деректер берудің бұл түрі екі жаққа кету үшін кем дегенде 600 миллисекунд кідіріске ие. Бірақ қазіргі заманғы технологиялар сигналдың берілу жылдамдығына кедергіні жеңіп шықты, бұл кідіріспен байланысты болды. Жерсеріктік желілерде әртүрлі аппараттық және бағдарламалық қамтамасыздандыруды пайдалану үлкен жылдамдыққа қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Starlink жүйесінің басқа жерсеріктік байланыс жүйелерінен айырмашылығы

Тек үш айырмашылық бар, бірақ барлығы маңызды:

- Бағасы.
- Жылдамдығы.
- Қол жетімділігі.

Бағасы. Ресми сандар әлі жарияланбаған. Бірақ олар Илон Маск ұсынған тұжырымдамаға сүйеніп, санауды есептеуді жүзеге асыру қиын емес. Мұнда барлық сандап \$100 айналасында болады. Шамамен 10 Мбит/с жылдамдықпен шексіз қол жетімділік алу қанда үшін айлық абоненттік төлем жасау керек.

Бұл жағдайда жүйе жерсеріктік операторлармен ғана емес, ұялы байланыс операторларымен де бәсекелесе алады.

Жылдамдығы. Қазіргі заманғы интернет провайдерінің басты міндеті-нақты уақыт режимінде екі жақты бейне беру мүмкіндігін қамтамасыз ету. Басқаша айтқанда-бейне байланыс. Бұл Iridium – ең ірі қолданыстағы оператор-NEXT екінші буының тобын құрды. Бірақ оператор 76 жерсеріктерімен операция жасай отырып, қабылдауға 700 Кбит/с жуық және беруге 400 Кбит/с жуық «сығымдап алды». Бұл ретте параллель жұмыс істейтін үш терминалдан нақты бума пайдаланылады. Құрылғы бағасы \$7000 асады. Иридиумда оның тұрақты жұмысына кепілдік бере алмайды.

Екінші кезеңде, 800 жерсерікті іске қосқаннан кейін (2021 жылдың басына дейін орын алуы мүмкін), Старлинк жақын бәсекелестің мүмкіндіктерінен әлдеқайда жоғары жылдамдықты ұсына алады:

- 10 Мбит / с – 720p режимінде бейне байланыс, ағындық хабар тарату үшін жеткілікті.
- 30 Мбит / с – Netflix секілді заманауи сервистерді пайдалану үшін жеткілікті.
- 100 Мбит/с – Старлинк жобасының мақсаты. Жоспар бойынша жерсеріктерінің саны 12 000 жеткенде қолжетімді болуы тиіс. Үйдегі интернетті ауыстыра алады.

Қол жетімділік. SpaceX компаниясы антеннамен қабылдағыштың құнын \$100 мақсатты көрсеткішке дейін төмендетуі екіталай. Бірақ оның бастапқы кезеңдегі бағасы \$200 немесе \$300 болады. Мұндай сомаға басқа операторлардың ең қарапайым жерсеріктік телефонын да сатып ала алмайсыз.

Тіпті бағалар осындай болса да Старлинг құрылғылары ескі ноутбук немесе теледидар сияқты қолжетімді болады.

Басқа жүйеден Starlink ауысу қажет пе? Бір қарағанда, Старлинк басқа операторларды артта қалдыра отырып, нарықты бірден жаулап алатындай көрінуі мүмкін. Дегенмен, тарих көрсеткендей, бәрі оңай емес. Қолданыстағы ең ірі жерсеріктік байланыс операторы Иридиум екі рет банкроттықты жариялады. Дәл осындай жағдайға Starlink те түсе алады. Сондықтан басқа байланыс жүйелерінен бірден бас тартып, жаңасына ауысуға өте қауіпті. Резервтік байланыс ретінде Старлинкті іске қосқан дұрыс. Немесе оның

көмегімен өз шешімдерінің мүмкіндіктерін кеңейту. Мысалы, бейне жіберу үшін Starlink пайдалануға болады.

Жаңа желі қолданыстағы коммуникациялық жүйелердің сенімділігі мен өткізу қабілетін арттыратын тамаша қосымша болады. GSM немесе 4G модем сияқты.

Бірнеше жылдан кейін. Қазірше жаңа желіде жұмыс істейтін телефондар жарнамаланған жоқ. Бірақ олар жақында пайда болады деп күтілуде. Сонымен қатар, бірнеше-үш жылдан кейін кәдімгі смартфон өндірушілер оларға спутниктік модульдерді біріктіре бастайды. Үш-бес жылдан кейін Интернетке Старлинк арқылы кіру қазір ең бюджеттік смартфондарды жинақтайтын GPS сенсоры сияқты қарапайым нәрсе болады.

Бастапқы кезеңде аздаған қиындықтар пайда болады. Коммерциялық кеме қатынасында, авиацияда, геологияда жерсеріктік арналарды пайдаланатындар белгілі бір құрылғылармен жұмыс сызбаларына үйреніп қойған. Бірақ біз осы қиындықтарды жеңуге көмектесеміз. Автоматты режимде жұмыс істейтін жабдықты қосуға көмектесеміз. Навигациялық және басқа да мамандандырылған құрылғыларды қайта құрастыру.

Старлинк жүйесін бұрғылау мұнараларында, көлікте және бәсекелестердің жабдықтары белсенді қолданылатын басқа да салаларда пайдалануға болатынына күмән жоқ. Біз жаңа жүйенің антенналарын көлік құралдарына немесе арнайы жабдыққа орнатуға көмектесеміз.

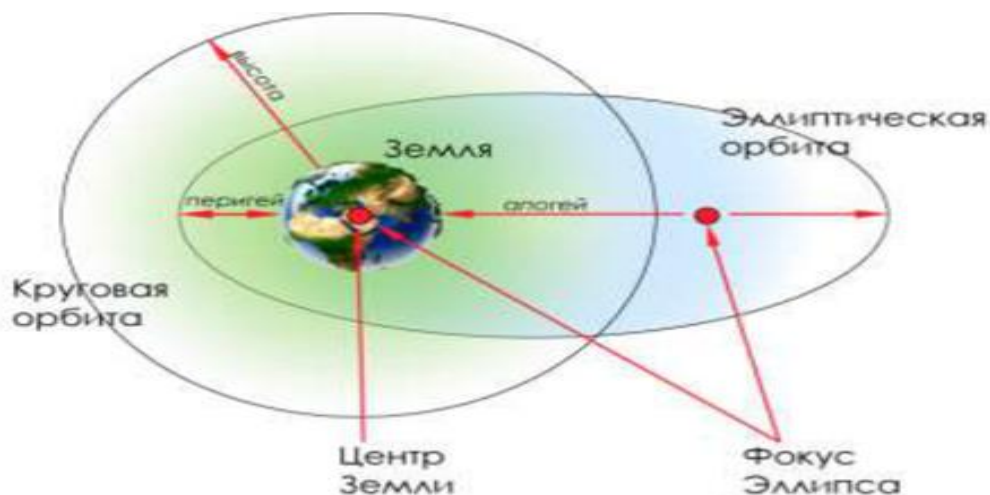
1.3 Starlink жүйесін енгізуді жүзеге асыру

Жерсеріктік байланыс ұстанымы жерсеріктік сигнал аппаратурасымен тарататын жердегі станциялардан қабылдағыштарға қайта тарадудан тұрады. Жерсерік құрылғы жер станциясынан сигналдарды қабылдайтын (ЖС), оны күшейтіп және кеш тарату режимінде бір мезгілде барлық жерсеріктің көру аймағында орналасқан ЖС тарататын байланыс құрылғысы түрінде болады. Байланыс ұстанымы бір немесе бірнеше жер станцияларынан сигналдарды кейіннен жүйенің барлық ИСЗ қайта таратумен ЖС беру болып табылады.

В Қазіргі таңда адамзат жерсеріктерін орналастыру үшін орбитаның бірнеше түрін пайдаланады. Төмен орбиталық, геостационарлық және эллиптикалық жүйелерді қарастырамыз. Орбита жердің жасанды серігінің қозғалыс траекториясын білдіреді. Жерсерігінің бос ұшуы барысында, оның борттық реактивті қозғалтқыштары сөндірілген кезде, қозғалыс гравитациялық күштердің әсерімен және инерция бойынша жүреді, және де басты күш жердің тартылуы болып табылады.

90-жылдардың басынан бастап жерсеріктік байланысты дамытудың жаңа бағыттарының бірі төмен орбиталық ғарыш аппараттары базасында байланыс жүйелері болды. Leo (Low Earth Orbit) төмен орбиталық жерсеріктері– бұл орбитаның биіктігі 700-1500 км шегінде орналасқан ғарыш аппараттары (FA).

В Төмен орбиталық топтастыруда салмағы 500 кг дейінгі бірнеше ондаған шағын жерсеріктер болуы мүмкін. Жердің үлкен аумағын байланыспен қамту үшін түрлі жазықтықтарда жатқан бірнеше ҒА орналасуы мүмкін орбиталар қолданылады. 1.3 суретте жерге қатысты айналмалы орбитаның орналасуы бейнеленген.

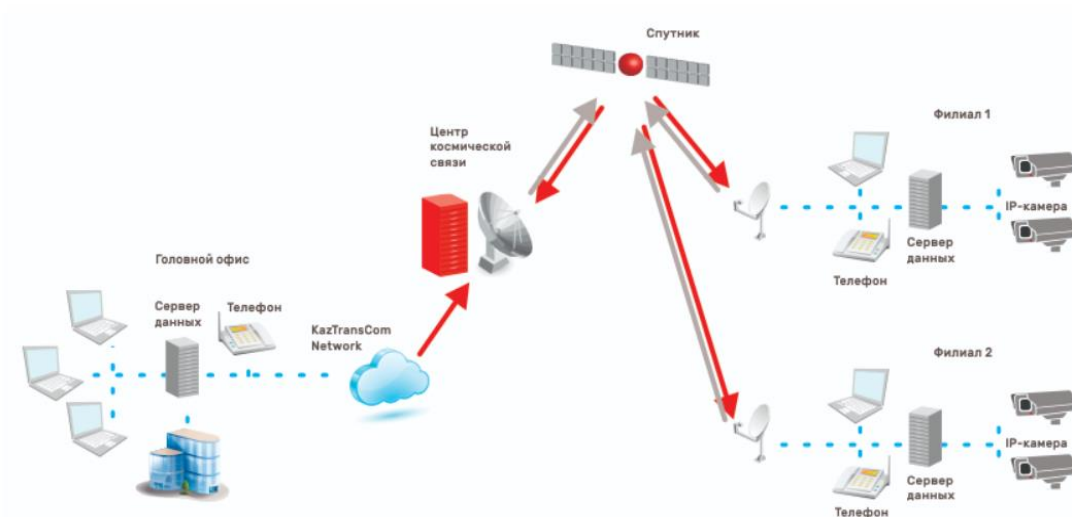


1.3 Сурет - Эллиптикалық және дөңгелек орбиталар

Радиотелефонның үздіксіз сәулелену қуатының ұсынылатын деңгейі 50 мВт аспауы керек. Осындай қуатты тиімді қабылдау, мысалы, геостационарлық жерсеріктік ҒА маңызды күрделенумен, үлкен антенналарды өрістетумен және оларды нақты орналастырумен байланысты. Төмен орбиталық жерсеріктік жүйелер үшін радиолиналардың ұзындығы бірнеше есе аз және көп сәулелік антенналарды құру мәселесі маңызды емес. Осы жүйелерге ең алдымен Iridium және Globalstar жүйелері жатады. Бұл жүйелерді шетелдік консорциумдар Motorola/Lockheed және Qualcomm/Loral сияқты ірі өндіруші компаниялардың қатысуымен құрды [2].

Эллиптикалық жоғары орбита деп көбінесе эллиптикалық жерсеріктік орбитаны атайды (ЖЭО). Мұндай орбита эллипс қисығымен жүреді. Эллиптикалық орбитаның негізгі ерекшеліктерінің бірі-жердің айналасындағы осындай орбитада айналатын жер серігі оның бетіне жақын орналасқан кезде жылдам қозғалады және біздің планетадан алыстаған кезде өз жылдамдығын баяулатады.

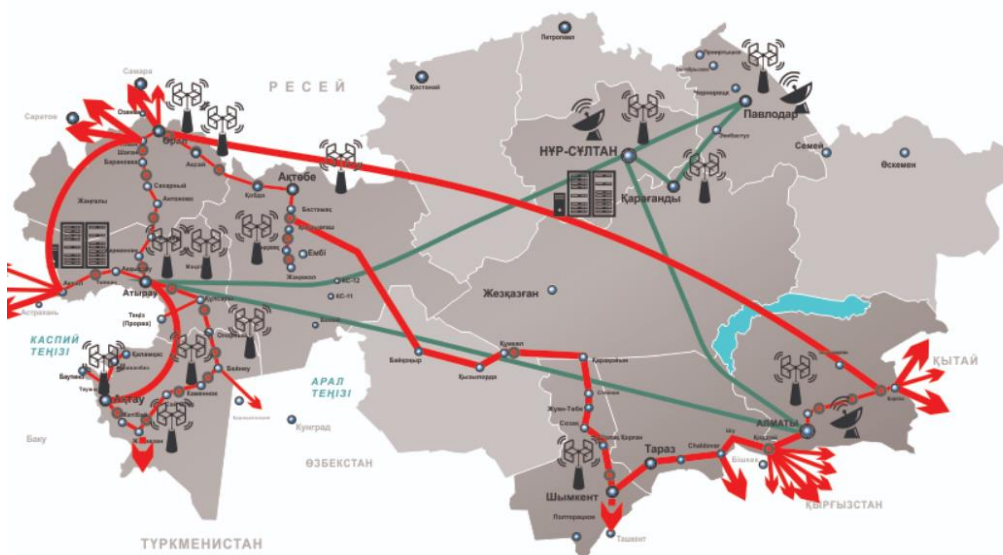
Қазіргі уақытта KazTransCom біздің талаптарымызға сәйкес техникалық шешімді әзірлейді, қажетті жабдықты орнатады және толық баптауды орындайды. 1.4 суретте KazTransCom техникалық шешімінің сұлбасы көрсетілген.



1.4 Сурет - KazTransCom техникалық шешімінің сұлбасы

Біздің компаниялар бөлімшелерінің орналасу ерекшеліктерін ескере отырып, KazTransCom iDirect және SkyEdge II жерсеріктік жүйелері базасында байланысты ұйымдастырады. Бұл дәстүрлі байланыс қызметтері тым қымбат немесе оларға қол жеткізу қиын жерлерде сенімді шешім болады.

Үш жүзден астам жерсеріктік станция Қазақстан Республикасының барлық аумағында, оның ішінде елді мекендерден алыс нүктелерде байланысты қамтамасыз етеді. Қазіргі заманауи құрылғылап байланыстың орнықтылығына, сенімділігіне және жоғары сапасына кепілдік береді. 1.5 суретте Қазақстан Республикасының барлық аумағында байланысты ұйымдастыру сұлбасы көрсетілген.



1.5 Сурет - Қазақстан Республикасының барлық аумағында байланысты ұйымдастыру сұлбасы

Starlink енгізу. Жерсеріктік байланыстың «табиғи» шектеулері болады. Ең бастысы-орташа табысы өлшеміндей қабылдағыш құрылғы болуы керек. Мұндай құралмен ешқандай еркін қозғалу туралы айту қажет емес — шын мәнінде, бұл стационарлық құрылғы. Сонымен қатар, құрал қымбат емес екенін түсіну керек. Әрине, жаппай өндіріс кезінде бірлік бағасы төмендейді, дегенмен, он долларға дейін құлдырауы мүмкін емес. Екінші-шығыс сигналы, байланысшылардың айтуынша, жерсерікке дейін тағы да «көтеру» қажет. Бұл жағдайда оны «бәсеңдете» алады. Интернет, біз барлық жерде көріп отырғанымыз — бұл стратегиялық ресурс. Ешкім оны ізгі еркі бойынша беруге ниетті емес.

«Бізде мұның барлығын іске асыру үшін: еңкейген орбиталар біздің үстімізден өту үшін; жераралық арналар немесе жақын маңдағы көтерілу станциялары орнатылуы тиіс. Алғашқысын жүзеге асыру оңай, дегенмен жылдамдықтар жоларалық арналармен шектеліп, кідіріс болады», - дейді техникалық бөлшектерге тереңірек үңілген сарапшы .

Орбитада орналасқан орны белгіленген геостационарлық жерсеріктерінен айырмашылығы Starlink аппараттары орын ауыстырады. Терминалдар үшін антенналардың бағытталу диаграммасын кеңейту, антенналарды жерсеріктен механикалық бақылау жасау немесе бағытталу диаграммасының электрондық өзгерісі бар тіркелген антенналарды пайдалану қажет.

«Мен жобаның архитектурасын терең зертеген жоқпын, алайда, Starlink жағдайында бірнеше жерсеріктері төмен орбиталы болады және роуминг мәселесін, басқаша айтқанда сигналдың жерсеріктен басқа жерсерікке ауысуын шешеді». Сонымен қатар, Starlink үшін абоненттік құрылғы жинақылықпен және төмен бағамен ерекшеленбейді. «Бұл КЖҚ емес, сондықтан «Жер» арналарын пайдаланатын абоненттер үйренген жылдамдықты күту қажет емес, — деп жалғастырды ол. Әріптестерінің ізінше, интернет — бұл кез келген мемлекеттің стратегиялық ресурсы.

Starlink болашақ жоспарларының өлшемі кеңсе үстелімен бірдей, әрбір Starlink жерсерігі 227 кг салмақ, және бір күн панелі, сондай-ақ жерге және кері деректерді жіберу үшін антеннасы бар. Әрбір Starlink спутнигі әлсіз, бірақ жоғары тиімді Holl қозғалтқышы-криптонды шығаратын ионды қозғалтқышы болады. Қозғалтқыш әрбір жерсерікке басқа жерсеріктермен, сондай-ақ ғарыш қоқысымен соқтығысуды болдырмауға мүмкіндік береді. Жерсерікті пайдаланудың соңында ол орбитадан кетіп және өздігінен жойылатыны да қызықты болады. SpaceX Starlink алғашқы 60 телекоммуникациялық жерсерігінде ең маңызды құрамдауыш: лазерлік сәулелер болмайтынын айта кету керек. Бұл лазерлер вакуумдағы жарық жылдамдығына жақын жылдамдықпен интернет трафигін жылжытуға арналған жер үстінен сенімді желі құра отырып, әр жерсерікті басқа төртеуімен қосады. Бұл талшықты-оптикалық кабельдер жер бетінде деректерді береді және бұл Starlink жоғары артықшылық береді. Жерсеріктердің бірінші эксперименталдық партиясын іске қосу SpaceX жердегі қолданыстағы кабельдер арқылы бір Серіктен екіншісіне деректерді бағыттай отырып, Starlink интернет-тұжырымдамасын тексеруге

мүмкіндік береді. Starlink жобасының мақсаты 2022 жылға дейін осындай 12 000 телекоммуникациялық жерсерікті іске қосу болып табылады. Бұл орбитадағы ғарыш аппараттарының саны жеті есеге жуық артық болады. Мұндай көрсеткішке қол жеткізу үшін SpaceX келесі сегіз жыл бойы айына бір Starlink миссиясын іске қосу керек. Бірақ, шын мәнінде, Интернетке жаһандық қатынауды қамтамасыз ету үшін көптеген спутниктер қажет емес. Starlink Жердің көптеген аймақтары үшін, сондай-ақ ұшақтар, кемелер және тіпті автомобильдер үшін іс жүзінде кідіріссіз Интернетке кең жолақты қатынауды қамтамасыз ете алады.

Егер біршама жеңілдететін болса, онда жерсеріктер ретранслятор ретінде пайдаланылады деп айтуға болады. Жүйенің жер үсті құрамдауыштары болмайды, сондықтан кез келген қашықтағы аймақты жаба алады. Жер серіктері геостационарлық орбитада орналасқан жердің бір бөлігінің үстінде «ілінбейді». Олар төмен орбитада үлкен жылдамдықпен ұшады (шамамен 500 км). Сондықтан желі полюсті қоса алғанда, барлық бетті жабады. Сонымен қатар, тежелу уақыты аз болады. Сәйкесінше, үлкен деректер массивтерін жылдам жіберу үшін пайдаланылуы мүмкін. Мысалы, нақты уақыт режимінде бейнетрансляция үшін арналады.

Мұндай жобаны жүзеге асыру үшін көптеген жерсеріктік қажет екені түсінікті. Бірақ бұл да соңы емес. Старлинк басты артықшылығы-орбитада екі немесе үш рет болған алғашқы қадамдарды іске қосу үшін пайдалану.

Қазір жерсеріктік байланысты, оның жоғары бағасына байланысты, көбінесе, кәсіби мақсатта пайдаланады. Алайда, Старлинк іске қосылғаннан кейін жерсеріктік сигналға көшу туралы интернеттің барлық пайдаланушыларына ойланудың мағынасы бар.

Егер сіз алыс аймақта тұрсаңыз немесе осындай аймақтар бойынша жиі саяхаттасаңыз, жаңа байланыс операторынан құрал-жабдықты және жазылымды сатып алу маңызды. Әрине, бастапқы кезеңде қызмет ұялы операторлардың сервистеріне қарағанда қымбат болады. Бірақ бір жылдан кейін - екі баға оны классикалық 4G салыстыруға болатын деңгейге дейін құлдырауы тиіс.

Бірақ Старлинк сигналы тіпті полюстерде де қол жетімді болады. Ал жылдамдық төртінші буын ұялы желілерінің мүмкіндіктерінен есе асып түседі.

Қай жерден қосылуға болады? Дегенмен, Старлинк географиялық тіркеспеген. Яғни, сіз құрылғыны сатып алған жеріңіз маңызды емес. Сіз оны сенімді сигнал бар әлемнің кез келген нүктесінде пайдалана аласыз. Жүйе іске қосылғаннан бері бұл аймаққа Қазақстанның барлық аумағы кіреді.

Бізге АҚШ келудің еш қажеті жоқ. Егер SpaceX компаниясының қолынан келетін болса, біз Старлинкпен жұмыс істейтін боламыз. Басқа жерсеріктік операторлармен қалай жұмыс жасасақ, солай жұмыс жасайтын боламыз. Бізде бірнеше жүйені іске қосу тәжірибесі бар. Сіз құрылғыны сатып алып, біздің желіге қосыла аласыз. Біз барынша қолайлы жағдайды Артық қағаз жұмыстарысыз және құпиялылықты толық сақтай отырып жасаймыз. Келісім-шарт жасасудың және растауды күтудің қажеті жоқ.

Бұл қалай жұмыс істейді? Абоненттік құрылғы антеннадан және терминалдан құралады. Сигнал қабылдау үшін антеннаны аспанның тік көріну аймағында орналастыру қажет. Оның өлшемдері пиццаның қорабымен бірдей болады.

Абоненттік жабдық жұмысының бөлшектері әзірге жария болған жоқ. Дегенмен, егер ұқсас жерсеріктермен жұмыс істейтін Старлинк бәсекелестері пайдаланатын жүйелерге қарағанда, онда оның мүмкіндіктерін ұсынуға болады. Ең алдымен, сигналды тек статикалық жағдайда ғана емес, қозғалыста да ұстауға болады. Яғни, сіз терминады кемеде, ұшақта немесе автомобильде орната аласыз. Жалғыз шарт-аспанның тікелей көрінуі болып табылады

Терминалдың өлшемдері негізінде роутерден артық болмайды. Өзімен бірге алып жүруге болатын шағын қорап түрінде болады. Бұл модем интернетті Wi-Fi арқылы тарататын болады деп жарияланған. Илон Маск оны барынша қарапайым, жеңіл және ыңғайлы етіп жасайды. Әрине, алдымен барлық жаңа құрылғы секілді баптаудың қиындықтары болады. Алайда, біз сатып алу кезінде бұл мәселені шешуге көмектесеміз. Модемді сіздің талаптарыңызға сәйкес баптаймыз.

Старлинк жүйесін пайдалану үшін төлем ай сайын алынады. Ұзақ мерзімді келісімге қол қою кезінде үнемдеу мүмкіндігі болады. Барлық байланыс операторлары осылай жұмыс істейді. Егер сіз қызметті бірден бір жылға алдын ала төлесеңіз, шамамен 30% жеңілдік аласыз.

Кез келген жағдайда-біз сізге қосылуға және сіздің қажеттіліктеріңізге барынша сәйкес келетін пакетті таңдауға көмектесеміз.

Старлинк провайдерінің лимитсіз үйдегі интернет тарифтері. Интернетті тікелей жеткізуші компаниялармен көпжылдық ынтымақтастықтың арқасында Старлинк өзін үнемі тиімді келісім-шарттармен қамтамасыз етеді. Бұл Үйдегі Интернет – провайдер Тарифтердің құнында өз абоненттеріне лимитсіз үйдегі интернеттің жоғары жылдамдығы мен барабар құнының тартымды үйлесімін ұсынады.

Таңдалған интернет-тарифке қарамастан, біздің абоненттеріміз:

- таңдалған жылдамдықпен лимитсіз трафик;
- 100Мбит/с жылдамдығында провайдер желісінің жергілікті ресурстарына тегін қол жетімділік;
- Wi-Fi роутерді орнату және баптау (біздің компаниямызда маршрутизатор сатып алған жағдайда);
- вирустардан және спамнан қорғалған провайдер серверіндегі электрондық пошта жәшігі;
- тәулік бойы техникалық қолдау;
- бірқатар қосымша қызметтер ала алады.

Лимитсіз Интернет тарифін таңдай отырып, сіз оны өз қалауыңыз бойынша әрқашан өзгерте алатыныңызды біліңіз. Қолдау қызметіне қоңырау шалып, 8 (495/499) 290-36-66 телефоны бойынша өтінім қалдыру жеткілікті болады.

Интернет-провайдердің тарифін ауыстыру ағымдағы есептік кезең аяқталғаннан кейін жүргізіледі. Қажетті шарт-сіздің жеке шотыңызда жаңадан таңдалған тарифтік жоспар бойынша абоненттік төлем үшін жеткілікті қаражат болуы керек.

Лимитсіз интернет қызметтерін ұйымдастыруға болады

- Тариф 50
- Тариф 100
- Тариф 500*

Тегін қосылу

Абоненттік төлем

Кір/шығ. жылдамдығы (Мбит/сек.)50/50

Трафик көлемі шектеусіз

Жергілікті ресурстарға қол жеткізу жылдамдығы, дейін (Мбит / сек.)100

Тәулік бойы қолдау қызметі (теңге)0

Қосымша қызметтер

Теледидар 205 арна

Теледидар 255 арна

Теледидар 277 арна

Теледидар + КИНО

Amediateka

МАТЧ! Премьер

МАТЧ! Футбол

Киноны баптау

Түнгі

SHANT PREMIUM HD

START онлайн-кинотеатры

IVI онлайн-кинотеатр

MEGOGO онлайн-кинотеатры

Нақты IP мекенжайы

SMS хабарлама

Антивирустарға жазылу

WiFi баптау

Ерікті тосқауылдау

1.4 Мәселенің қойылымын негіздеу

Starlink жобасының мақсаты осындай 12 000 телекоммуникациялық жерсерікті іске қосу болып табылады. Starlink жүйесін енгізу үшін алдымен ғарышқа 1600 аппарат жіберу керек. Оларды 32 орбитаға бөлу және 550 километр биіктікте «орналастыру» жоспарланған. Бұл істен шыққан аппараттарға орбитада қалуға емес, жерге тартуға мүмкіндік береді. Starlink жерсеріктерін әрбір бес жыл сайын жаңарту қажет деген фактіні ескере

отырып, орбитаның орнын ауыстырып, ғарыштық қоқыстың көлемін азайтуға мүмкіндік береді. Осыған қоса, бұл жерсеріктердің аз санымен бірдей қамту деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді (16 данаға аз).

Міндеттің шешімін табу үшін келесі талаптарды орындау керек:

- Altegrosky спутниктік желісін таңдау
- Starlink тораптары арасында деректер алмасу үшін лазерлік

технологияны таңдау;

- Falcon 9 зымыран-тасығышын таңдау;
- фазалы антеннаторын таңдау;
- жерсеріктік жүйенің негізгі параметрлерін есептеу.

2 STARLINK ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРЫЛҒЫСЫН ТАҢДАУ

2.1 Falcon 9 зымыран-тасушысы

Falcon 9 (ағылш. «Қаршыға») - жартылай бірнеше рет пайдаланылатын американдық жеке зымыран. Dragon көп реттік ғарыш кемесін, сондай-ақ түрлі жерсеріктерін ұшыру үшін арналған.

Falcon 9-екі сатылы ауыр санатты зымыран. Пайдаланылатын нұсқаның ұзындығы (биіктігі) - 70 м, диаметрі - 3,66 м, бастапқы салмағы-550 Т дейін.

Мәлімделген жүк көтергіштігі шамамен геоөтпелі орбитаға 8,3 т және төменгі тіреуге 22,8 т. Пайдалану барысында Falcon 9 ғарышқа шығарылған ең ауыр пайдалы жүк шамамен 9,6 т құрайды.

Зымыран SpaceX шығарған сұйықтықты зымырандық қозғалтқыштармен жабдықталған: бірінші сатыда 9 Merlin 1D анықталса, екінші - бір Merlin Vacuum. Отын ретінде керосин (тотықтырғыш - сұйық оттегі) қолданылады. Отын бактары алюминий-литий қорытпасынан жасалған.

Орбитаға пайдалы жүкті шығару дәлдігін арттыру үшін зымыранды басқару жүйесі GPS спутниктік навигациялық жүйесімен ұштасқан. Falcon 9 сенімділігі үшін өндіруші іске қосу процедурасын автоматты түрде тоқтатуды әзірледі: проблеманы анықтаған кезде отынды айдау жүзеге асырылады және зымыран старт алаңынан шығарылады. Содан кейін себептері анықталғаннан және пысықталғаннан кейін ол қайтадан іске қосу үшін пайдаланылады. Бұдан басқа, ұшу кезінде бірінші сатылы бір немесе екі қозғалтқышты авариялық тоқтату кезінде жұмыс істеу мүмкіндігі қарастырылған. 2.1 суретте Falcon 9 зымыраны тасушысы көрсетілген.



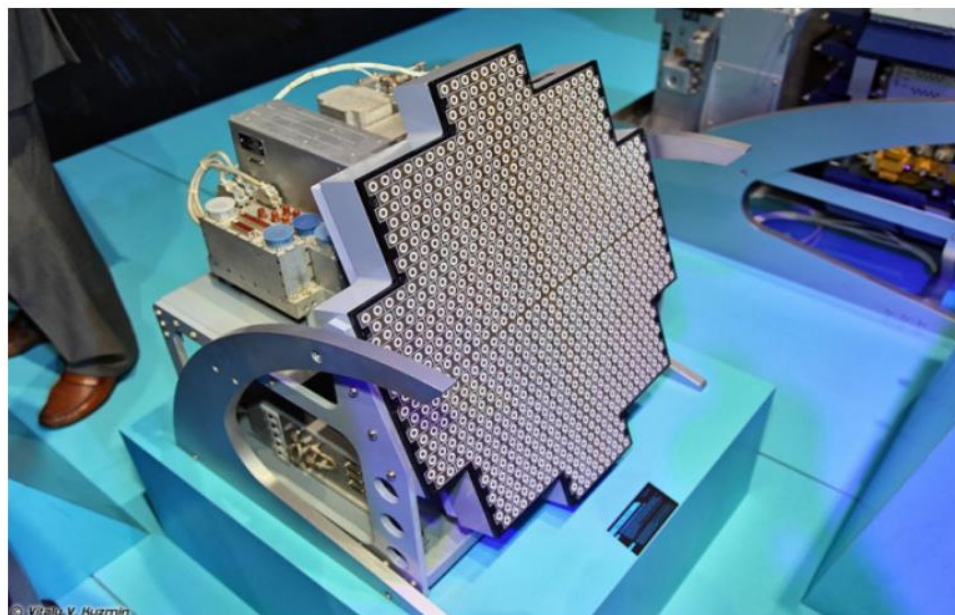
2.1 Сурет - Falcon 9 зымыран тасушысы

Falcon 9 орбитаға әр түрлі биіктіктерді басқару және коммерциялық жүктерді жеткізу үшін белсенді қолданылады. Сонымен қатар, NASA келісімдердің шеңберінде SpaceX Халықаралық ғарыш станциясына жүктерді жеткізу үшін Falcon 9 және Dragon ұшқышсыз кемелерін пайдаланады.

2.2 Фазаланған торы бар антенналар

Фазаланған торы бар антенналар (ФТА), бұл сәуле шығару бағыты және (немесе) бағыттылықтың сәйкес диаграммасының нысаны тоқтардың амплитудалық-фазалық таралуының немесе сәулелену элементтеріндегі қозу өрістері өзгергенде реттелетін, берілген салыстырмалы қозатын бар антенналар тобы. Сәулелендіру элементі (антенна торы) -антенна торының құрамдас бөлігі, антенна немесе берілген салыстырмалы қозуы бар антенналар тобы. Антенна торында талап етілетін бағытталу диаграммасы кеңістікке сәулелендіру элементтерімен сәулеленетін электромагниттік толқындардың ұйымдасқан интерференциясының арқасында қалыптасады. Ол үшін қажетті амплитудалық-фазалық үлестіруді қамтамасыз етеді-қажетті салыстырмалы амплитудалар мен ауыспалы тоқтардың бастапқы фазалары немесе антенна торының әрбір сәуле шығаратын элементінің қозу өрістері. Фазалы антенналық тордың айырмашылығы амплитудалық-фазалық тарату тіркелген болып табылмайды, ол пайдалану кезінде реттелуі (басқарылуы өзгертілуі) мүмкін. Осының нәтижесінде кеңістіктің белгілі бір секторында антенна торының сәулесін (бағыттылық диаграммасының басты жапырақшаларын) жылжытуға болады (механикалық сканерлеу бар антеннаның баламасы ретінде сәуледі электрлік сканерлеу бар антенналық тор, яғни механикалық айналмалы антеннаның баламасы) немесе бағыттылық диаграммасының пішінін өзгертуге болады. ФАТ осы және басқа да қасиеттері, сондай-ақ ФАТ басқаруға арналған автоматиканың және есептеуіш техниканың заманауи құралдарын қолдану мүмкіндігі олардың болашағы мен радиобайланыста, радиолокацияда, радионавигацияда, радиоастрономияда және т. б. кеңінен қолданылуына себепші болды. Басқарылатын элементтердің көп саны бар ФАТ әртүрлі жердегі (стационарлық және жылжымалы), корабльдік, авиациялық және ғарыштық Радиотехникалық жүйелердің құрамына кіреді. ФАТ теориясы мен техникасын одан әрі дамыту және оларды қолдану саласын кеңейту бағытында қарқынды жұмыстар жүргізілуде.

Жалпы, ФАТ антенналары кемелер мен ұшақтарда кездеседі, бірақ тұрмыстық электроника нарығына әлі таралмады. Фазалы антенна торлары адам өмірінің түрлі аспектілерінде кеңінен қолданылады. Оларды ұялы байланыс операторлары қолданады, оларды қауіпсіздік және деректерді беру жүйелерінде қолданады. Сондай-ақ, мұндай құрылғылар спутниктік байланыстың көтерілетін желілерінде, әскери ұшақтардың радарларында, ШҚЖ және әуе-ғарыш қорғанысын анықтау жүйесінде қолданылады.



2.2 Сурет - Фазаланған торы бар антенналар

Су-57, Су-35, Ф-22 және Ф-35 сияқты ұшақтарда тұрған белсенді фазаланған торы бар заманауи радарлар олар сканерлеу жүзеге асыратын жер мен аумақтың үш өлшемді бейнесін жасауға мүмкіндік береді. Осы тұрғыда, математикалық өңдеу есебінен ұшақтың ұшуы кезінде төселетін бет салынады ғана емес, сонымен қатар барлық қажетті мақсаттар мен объектілер анықталады, жіктеледі және сәйкестендіріледі. Мысалы, АФАР Су-57 бір мезгілде деректерді жіберуді жүзеге асыра алады және қоршаған кеңістікті сканерлеу жүргізе алады. Осылайша, егер Илон Маск пен SpaceX компаниясының мәлімдемелеріне сүйенетін болсақ, онда жер шарының үстінен 400 шақырым биіктікте әрбір төрт антенналық фазаланған торлар бар 12 мың Starlink жерсеріктері айналатын болады. Басқаша айтқанда, біздің тарапымызға тәулік бойы ғарыштан 48 мың радар көруге болады. «Google Maps» қызметін елестетіп көріңізші, онда біз әлемнің жүз мың ғарыш түсірілімдерінен жиналған біздің сүйікті ғаламшарымыздың үш өлшемді үлгісін көре аламыз.

2.3 ФАТ құрылымы мен сипаттамалары

ФАТ сипаттамалары

- Сәулелендіру элементтерінен N алынған антенналық тор бағытталған әрекет коэффициентін (КНД) N есеге жуық ұлғайтуға мүмкіндік береді, демек, антеннаның күшейту коэффициенті бір сәулелендіргішпен салыстырғанда, сондай-ақ бұрыштық координаттар бойынша қабілеттілікті, радиолокация мен

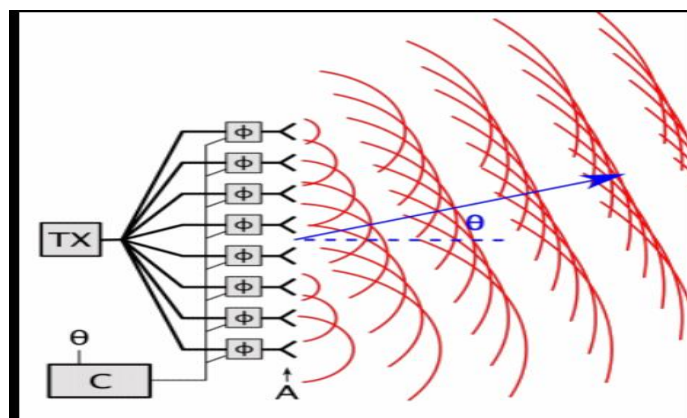
радионавигацияда радиосәулелендіру көздерінің пеленгациясының дәлдігін арттыру үшін сәулелерді тарылтуға мүмкіндік береді.

- Антенналық торда жалғыз сәулелендіргішпен жабдықталған апертура-лық антеннамен салыстырғанда электр беріктігінің артуы мүмкін.

-ФАТ маңызды артықшылығы электр әдістерімен бағытталу диаграммасының сәулесінің «тербелісі» есебінен кеңістікті жылдам шолу (сканерлеу) мүмкіндігі болып табылады (сәуленің механикалық сканерленуімен антенналармен салыстырғанда). Мұндай ФАТ сәулені электр сканерлеу антеннасы.

-ФАТ функционалдық мүмкіндіктері белсенді қабылдау-тарату модулінің әрбір сәулелену элементімен бірге қолданғанда кеңейтіледі. Мұндай ФАТ белсенді деп аталады.

-ФАТ сәуле шығарғыштарын қоздыру фидерлік желілердің көмегімен немесе еркін таратылатын толқындар арқылы (квазиоптикалық фаралар) жүргізіледі, фаза айналғыштармен қатар қозудың фидерлік трактілері кейде бірнеше кірістерден барлық сәуле шығарғыштардың қозуын қамтамасыз ететін күрделі электрлік құрылғылардан тұрады, бұл кеңістікте осы кірістерге сәйкес келетін бір уақытта сканерлейтін сәулелерді (көп сәулелі ФАТ) жасауға мүмкіндік береді. Квазиоптикалық ФАТ негізінен екі түрге бөлінеді: Өтпелі (линзалық), онда фаза айналғыштар мен негізгі сәуле шығарғыштар (қосалқы сәуле шығарғыштардың көмегімен) жалпы сәуле шығарғыштан таралатын толқындармен қозғалады және шағылдырғыштар — негізгі және қосалқы сәуле шығарғыштар біріктірілген, ал фаза айналғыштардың шығыстарында шағылдырғыштар орнатылған. Көп сәулелі квазиоптикалық шамдарда бірнеше сәулелендіргіш бар, олардың әрқайсысына кеңістікте өз сәулесіне сәйкес келеді. Кейде ФАТ ДН қалыптастыру үшін фокустаушы құрылғылар (айналар, линзалар) қолданылады. Жоғарыда қарастырылған ФАТ кейде пассивті деп аталады.



2.3 Сурет - Фазаланған антенна торының әрекет ету принципі

- Белсенді ФАТ ең жоғары басқару мүмкіндігі сипаттамаларына ие онда әрбір сәулелендіргіш немесе модуль қосылған басқарылатын фаза бойынша

(кейде амплитуда бойынша) таратқыш немесе қабылдағыш. Белсенді ФАТ фазасын басқару когерентті таратқыштар, гетеродиндер қозу тізбектеріндегі аралық жиілік трактінде жүргізіледі. Сонымен, белсенді ФАТ фаза айналатын антенналардың жиіліктік диапазонынан ерекшеленетін толқын диапазондарында жұмыс істей алады; фаза айналатын бөлмедегі жоғалтулар бірқатар жағдайларда негізгі сигнал деңгейіне тікелей әсер етпейді. Таратқыш белсенді ФАТ кеңістікте когерентті электромагниттік толқын қуатының жеке таратқыштар генерациялайтын қуаттарды қосуды жүзеге асырады. Қабылдағыш белсенді ФАТ жеке элементтермен қабылданған сигналдарды бірлесіп өңдеу сәулелену көздері туралы неғұрлым толық ақпарат алуға мүмкіндік береді.

-Сәулелендіргіштердің өзара тікелей өзара іс-қимылының нәтижесінде ФАТ сипаттамалары (қоздырғыш фидермен сәулелену келісімдері, КНД және т.б.) сәуле тербелгенде өзгереді. Күресу үшін зиянды салдарымен өзара әсерін сәулелендіргіштер в ФАТ кейде қолданылады арнайы әдістері өтемақы арасындағы өзара байланысты элементтері.

ФАТ құрылымы мен сипаттамалары

Заманауи ФАТ түрлері, өлшемдері мен конструкциялары әртүрлі; олардың әртүрлілігі пайдаланылатын сәуле шығарғыштардың типімен де, олардың орналасу сипатымен де анықталады. ФАТ сканерлеу секторы оның сәуле шығарғыштарының түбі анықталады. Сәуленің жылдам кең бұрышты тербелісі бар ФАТ негізінен әлсіз бағыттағы сәуле шығарғыштар қолданылады: симметриялы және симметриялы емес вибраторлар, жиі бір немесе бірнеше рефлекторлармен (мысалы, айналардың барлық ФАТ ортақ түрінде); радиотолқынжолдардың ашық ұштары, саңылаулы, рупорлы, спиральды, диэлектрлік өзекшелі, логопериодикалық және т.б. антенналар. Кейде үлкен шамалар жекелеген шағын шамдардан (модульдерден) тұрады; соңғылардың түбі барлық фаралардың негізгі сәулесі бағытына бағдарланады. Бірқатар жағдайларда, мысалы, сәуленің баяу ауытқуына жол берілгенде сәулелендіргіштер ретінде өткір бағытты механикалық айналмалы антенналар пайдаланылады (мысалы, толық айналымды айналы); мұндай ФАТ сәуленің үлкен бұрышпен ауытқуы барлық антенналар және фазалар арқылы олар сәулелендіретін толқында орындалады; осы антенналарды фазалау ФАТ сәулесінің тербелісінде ДН шегінде жүзеге асырылады.

Қажетті ДН формасына және ФАТ сканерлеудің қажетті кеңістіктік секторына байланысты элементтердің әртүрлі өзара орналасуы қолданылады:

- сызық бойымен (тік немесе доға);
- беті бойынша (мысалы, жазық-т. б. тегіс ФАТ; цилиндрлік; сфералық)
- берілген көлемде (көлемді ФАР).

Кейде ФАТ-ашылуы сәуле шығару бетінің нысаны ФАТ орнатылатын объектінің конфигурациясымен анықталады. Нысан пішіні бар ашылатын ФАТ кейде конформды деп аталады. Кең таралған тегіс ФАТ; онда сәуле нормаль бағыттарынан жарықтандыруға (синфазалы антеннада сияқты) қарай ашу бағытына дейін (жүгіретін толқын антеннасында сияқты) сканерлеуі

базалық станцияларының антенналарын атауға болады. LTE стандартының антенналарын сәулелендіру ретінде диполь мен монополь қолданылады.

Антенналардың конфигурациясында жіберілген Антенналарды пайдаланудың қызықты мысалы ретінде радиотелескопия мақсаттары үшін антенна торының элементтері ретінде айна антенналарын пайдаланатын Allen Telescope Array жобасын атауға болады.

Фазалық жылжуларды басқару. Фазалық ығысулар өзгерту тәсілі бойынша ФАТ ажыратылады:

- электрмеханикалық сканерлеу арқылы, мысалы, қоздыру радио толқынының геометриялық пішінін өзгерту арқылы жүзеге асырылады;
- фазалық жылжулардың жиілікке тәуелділігін пайдалануға негізделген жиіліктік сканерлеу, мысалы, көрші сәуле шығарғыштар арасындағы фидер ұзындығының немесе радиотолқынжолда толқындар дисперсиясының есебінен;
- фазалық ығысудың бірқалыпты (үздіксіз) немесе сатылы (дискретті) өзгерісі бар электр сигналдарымен басқарылатын фаза жылжитын тізбектердің немесе фаза айналғыштардың көмегімен іске асырылатын электрлік сканерлеу;
- радиофотоника ұстанымдарына негізделген сканерлеу арқылы (мысалы, талшықты брэгг торларын қолдану негізінде).

Электр сканерленуі бар ФАТ ең үлкен мүмкіндіктерге ие. Олар барлық ашулар бойынша әр түрлі фазалық ығысуларды жасауды және қуаттың аздаған шығындарында осы ығысулардың өзгеруінің едәуір жылдамдығын қамтамасыз етеді. Қазіргі заманғы ФАТ АЖЖ феррит және жартылай өткізгіш фаза айналғыштарды кеңінен қолданады (микросекунд тәртібі жылдам әрекет етеді және $\sim 20\%$ қуатын жоғалтумен) Ол қарапайым жағдайларда элементтердің топтарын (мысалы, тікбұрышты сәуле шығарғыш орналасқан тегіс ФАТ жолдар мен бағандарды), ал неғұрлым күрделі жағдайларда — әр фаза түрлендіргішті жеке басқаратын тез әрекет ететін электрондық жүйенің көмегімен жүзеге асырылады. Сәуленің кеңістікте тербелуі жүргізілуі мүмкін алдын-ала берілген заң да, бағдарлама бойынша өндірілетін жұмыс барысында барлығы радиоқұрылғыға енеді.

2.4 Жер үстіндегі жылжымалы жер серіктік байланыс AltegroSky

AltegroSky Қазақстанның кез келген жерінде клиенттер үшін мобильді спутниктік интернетті ұйымдастыруды ұсынады. Біздің көмегімен сіз интернетті, корпоративтік қосымшаларды пайдалану, жер үсті провайдерлеріне қызмет көрсетпейтін орындардан ақпарат алу және беру мүмкіндігіне ие боласыз.

Жерсеріктік байланыстың сервистері мен мүмкіндіктерінің әртүрлілігі оны өндіруші, өңдеуші салалар, қаржы және мемлекеттік ұйымдар үшін ең танымал етеді. Ал Ка-диапазонның дамуымен жоғары жылдамдықты интернеттің жаңа дәуірі және ресурс құнының төмендігі басталады.

AltegroSky спутниктік желісі шетелдік және отандық спутниктік жабдықтарды өндірушілердің қазіргі заманғы спутниктік платформаларын пайдалануға негізделеді. AltegroSky желісінде пайдаланылатын спутниктік платформалар байланыстың кең жолақты спутниктік жүйелерін құру үшін ең жоғары технологиялық талаптарға жауап береді.

Жерсеріктік байланыс жүйелерін дамыту мемлекет аумағында бірыңғай ақпараттық кеңістікті қалыптастыруда маңызды рөл атқарады және цифрлық теңсіздікті жою, жалпыұлттық инфрақұрылымдық және әлеуметтік жобаларды дамыту жөніндегі федералдық бағдарламалармен тығыз байланысты.

3 ЖЕРСЕРІКТІК БАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТІРЛЕРІН ЕСЕПТЕУ

3.1 Сигналдың кешігуін есептеу

Жерсеріктік байланыс сигналдарын беру барысындағы қандай да бір параметрлерді қарастырамыз.

ЖЖС бортында орналасқан СК және ретранслятор арасындағы байланыс желісінің үлкендігі сигналдардың кешігуіне алып келеді. Бұл сигнал бойынша СК арасындағы қашықтықтан өту үшін уақыттың қажет болуына анықталады. Уақыт (1) формула бойынша анықталады:

$$t \cong \frac{2H}{c}, \quad (3.1)$$

мұндағы H – жерсеріктен Жерге дейін қашықтық

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

Сонымен, $H = 35786$ км болған жағдайда (геостационарлы жерсерік жағдайында) кешігу мәні шамамен (4):

$$t \cong \frac{72000 \text{ км} \cdot \text{с}}{3 \cdot 10^8 \text{ м}} \cong 250 \text{ мс}.$$

Жаңғырық сигналдары

Сигналдардың кешігуі абоненттер байқайтын жаңғырық сигналдарының пайда болуына алып келеді, олар абоненттің өз сөзін біраз уақыттан кейін өзі естуі түрінде болады және абоненттер арасындағы сигналдың таралуының екі еселенген уақытына тең болады, яғни

$$t_{\text{эс}} = \frac{4H}{c}. \quad (3.2)$$

Геостационарлы жерсеріктерін пайдаланатын байланыс жүйесі үшін:

$$t \cong 2 \cdot 250 = 500 \text{ мс}.$$

Бұл жағдайда жаңғырық сигналдарының пайдалы сигнал деңгейіне қатысты 60 дБ тең шамаға дейін бәсеңдеуін қамтамасыз ету керек.

Доплер эффекті. Бұл ауытқулардың таратқыштары мен қабылдағыштарындағы өзара орын ауыстыруы барысындағы жиіліктің өзгеруіне негізделетін физикалық құбылыс. Доплер әсері таратқыштағы қозғалыс қабылдағышқа қатысты байланыс желісі бойымен болғанда ең жоғары мәнге ие болады:

$$\Delta f = \frac{f_0 V}{c}, \quad (3.3)$$

мұндағы f_0 – тасушы сигналдың жиілігі

V – таратқыш жылдамдығы

$$\Delta f = \frac{122 \cdot 10^3 \cdot 2.5 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} = 3.05 \text{ МГц}$$

Осылайша, таратқыш және қабылдағыш жақындағанда радиоауытқу жиілігі V/c пропорционал артады, алыстағанда – осы заң бойынша кемиді.

3.2 Геометриялық қатынастарын есептеу

Байланыс желісін жобалау барысында туындайтын біршама міндеттердің шешімін табу үшін жер станциясы мен жерсеріктің өзара орналасуын анықтайтын геометриялық қатынастарды білу керек. Сонымен, ЗС антеннасын дұрыс бағдарлау үшін оның β және азимут α (1-ші бөлімді қараңыз, 3-сурет) орнының бұрышын білу қажет.

Азимут көлденең жазықтықта сағат тілі бойынша Солтүстік полюске бағыттан жер станциясынан жерсерікке бағыттауға дейін есептелетін бұрыш болып табылады.

Орын бұрышы - бұл тік жазықтықта қаңқадан жер станциясынан ғарыш аппаратына бағыттауға дейін есептелетін бұрыш.

Көлбеу қашықтық-жер станциясынан ғарыш аппаратына дейінгі қашықтық.

Көлбеу қашықтықты келесі формула бойынша анықтаймыз:

$$d = R_3 \frac{\sqrt{1 + \gamma_0^2 - 2 \cdot \gamma_0 \cdot \cos \psi}}{\gamma_0}, \quad (3.4)$$

мұндағы R_3 – 6378 км Жер радиусы

γ_0 және $\cos \psi$ – аралық коэффициенттер

Аралық коэффициентті келесі формула бойынша табамыз:

$$\gamma_0 = \frac{R_3}{R_3 + H}, \quad (3.5)$$

мұндағы H – геостационарлық орбитаның биіктігі (2) формуланы пайдаланып, $H = 35786$ км болғанда:

$$\gamma_0 = \frac{6378}{6378 + 35786} = 0,1513 ,$$

Аралық коэффициент:

$$\cos \psi = \cos \varphi_{3C} \cdot \cos \Delta\lambda , \quad (3.6)$$

мұндағы ψ_0 – жер станциясының ендігі

$\lambda_{сп}$ – аралық коэффициент.

Аралық коэффициент $\Delta\lambda$ келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta\lambda = \lambda_{3C} - \lambda_{сп} = 44,199259 - 60 = -15,80074, \quad (3.7)$$

мұндағы λ_{3C} – жер станциясының бойлығы

$\Delta\lambda$ – ішкі жерсерік нүктесінің бойлығы

Орынның бұрышының мәнін келесі формула бойынша анықтаймыз:

$$\beta = \arctg \left(\frac{\cos \psi - \gamma_0}{\sqrt{1 - \cos^2 \psi}} \right). \quad (3.8)$$

Азимуттың мәнін келесі формула арқылы табамыз:

$$\alpha = 180^\circ + \arctg \left(\frac{\operatorname{tg} \Delta\lambda}{\sin \varphi_{3C}} \right). \quad (3.9)$$

Азимут және бұрыш параметрлері негізгі шамалар болып табылады, олар жерсеріктің парабодалы антеннасын баптау барысында пайдаланылады. Көлбеу жазықтық және орынның бұрышы параметрлері монтаждың практикалық мәселелеріне дейінгі инженерлік есептер үшін керек және олардың мақсаты жер үстіндегі жерсеріктік станцияның оңтайлы параметрлерін таңдау болып табылады.

ЗС арналған геометриялық есептеулерді жүзеге асырамыз.

60° қалыптағы нүкте үшін (3) формула бойынша есептейміз:

$$\begin{aligned} \cos \psi &= \cos \varphi_{3C} \cdot \cos \Delta\lambda = \cos 54,33^\circ \cdot \cos(-15,8007^\circ) = \\ &= 0,583 \cdot 0,717 = 0,418 \end{aligned}$$

Аралық коэффициентті біле отырып, азимут мәнін есептейміз:

$$\begin{aligned} \alpha &= 180^\circ + \arctg \left(\frac{\operatorname{tg} \Delta\lambda}{\sin \varphi_{3C}} \right) = 180^\circ + \arctg \left(\frac{\operatorname{tg}(-15,800741^\circ)}{\sin(54,33027^\circ)} \right) = \\ &= 180^\circ + \arctg \left(\frac{-0,283}{0,812} \right) = 178,43^\circ \end{aligned}$$

Орынның бұрышының мәні келесі формула бойынша анықталады:

$$\beta = \arctg\left(\frac{\cos \psi - \gamma_0}{\sqrt{1 - \cos^2 \psi}}\right) = \arctg\left(\frac{0,418 - 0,151}{\sqrt{1 - 0,418^2}}\right) = 1,5707 \text{ рад} = 16,38146^\circ.$$

(3.4) формуланы пайдаланып, көлбеу қашықтықты есептейміз:

$$d = R_3 \frac{\sqrt{1 + 0,151^2 - 2 \cdot 0,151 \cdot 0,418}}{0,151} = 39920,40516 \text{ км.}$$

3.3 Жерсеріктік желі бойынша тарату барысында сигналдың энергия шығынын есептеу

Байланыс желісінің негізгі ерекшеліктерінің бірі ауқымды физикалық ұзындықтағы трассаларда оның энергиясының бәсеңдеуі (шашырауы және әлсіреуі) негізделген сигналдың біршама жоғалуы болып табылады. Мысалы, ҒА орбитасының биіктігі 36 мың км болған жағдайда трассада сигналдың бәсеңдеуі 200 дБ жетуі ықтимал. Сонымен қатар, негізгі бәсеңдеу барысында жерсеріктік байланыс желілеріндегі сигнал атмосферада сіңірілуі, поляризация жазықтығының фарадейлік айналуы, рефракция, деполяризация және т. б. сияқты көптеген басқа факторлардың әсеріне ұшырайды. Екінші жағынан, ҒА және ЗС қабылдау құрылғысына меншікті флуктуациялық шуылдан басқа күн, ғарыш және жер шарының сәулеленуі түріндегі әртүрлі кедергілер әсер етеді.

Бұл жағдайда барлық факторлардың әсерін дұрыс және дәл есептеу ССС оңтайлы жобалауды жүзеге асыруға, оның қалыпты жұмысын қамтамасыз етуге және сонымен бірге жер және борттық аппаратураның күрделілігінің ақталмаған ұлғаюына әкелетін артық энергетикалық қорларды болдырмауға мүмкіндік береді.

Жалпы жағдайда нақты жағдайларда қосымша шығындар келесі формула бойынша есептеледі:

$$L_{\text{доп}} = L_{\text{атм}} + L_{\text{д}} + L_{\text{н}} + L_{\text{п}} \quad (3.10)$$

мұндағы: $L_{\text{атм}}$ - қалыпты атмосферадағы шығын;

$L_{\text{д}}$ - жауын-шашын шығыны;

$L_{\text{н}}$ - антеннаны дәл келтірмеу шығыны, дБ тең деп қабылдаймыз;

$L_{\text{п}}$ – поляризациялық шығын, дБ тең деп қабылдаймыз.

Бос кеңістіктегі шығындарды есептеу. Қабылдағыштың кірісіндегі сигнал деңгейіне ықпалын тигізетін маңызды фактор -жерсеріктік радиожелі арқылы сигналдарды тарату барысында энергияның жоғалуы.

Бәсеңдеу мәндері сигналдың энергиясын еркін кеңістікте туындаған кему арқылы қуат ағынының тығыздығы кезінде алшақ сәуіллеленуін, келесі формула бойынша анықтаймыз:

$$L_{\text{св}} = 20 \lg \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right) = 20 \lg \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 39920405,16}{0,025641} \right) = 205,8454 \text{ дБ}, \quad (3.11)$$

мұндағы: d – көлбеу қашықтық, метр

λ –толқын ұзындығы.

Толқын ұзындығын келесі формула бойынша анықтаймыз:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{11,7 \cdot 10^9} = 0,02564 \text{ м}, \quad (3.12)$$

мұндағы: c – жарық жылдамдығы

f - жұмыс жиілігі.

Атмосферадағы сигнал энергиясының шығындары. Атмосферадағы радиотолқындардың сіңірілуінің мәні L_a коэффициентімен анықталады. Жиіліктер диапазоны 500 МГц жоғары болғанда негізгі сіңіру тропосферада өтетіні анықталған, атап айтқанда, тропосфера газдары: оттегі және су буымен, сондай-ақ жаңбыр және басқа да гидрометеорлар сіңіретін болған. Осы тұрғыда ионосфера және тропосфераның қалған газдары, мысалы, көміртегінің қос тотығы немесе азот елеусіз рөл атқарады.

Атмосферадағы радиотолқындардың жұтылуын мына формула бойынша анықтаймыз:

$$L_{\text{атм}} = L_0 \cdot l_1 + L_{\text{H}_2\text{O}} \cdot l_2, \quad (3.13)$$

мұндағы: L_0 және $L_{\text{H}_2\text{O}}$ – оттегі және су буындағы кума сіңірілу коэффициенттері (дБ/км)

l_1 және l_2 – сәйкесінше осы орталардағы сигнал жолының балама ұзындығы.

Сіңіру айқын байқалатын жиіліктік-тәуелді сипатқа ие; 22 және 165 ГГц (су булары үшін), сондай-ақ 60 және 120 ГГц (оттегі үшін) жиіліктерінде резонанстық жоғарғы мәндері байқалады.

Стандартты атмосферадағы сигнал жолының баламалы ұзындығы (км) атмосфераның баламалы қалыңдығына ғана емес, сонымен қатар β жер антеннасы орнының бұрышына және h_3 теңіз деңгейінен жер станциясының биіктігіне байланысты:

$$l_0 = \left(\frac{h_0 - h_3}{\sin \beta} \right),$$

$$l_{H_2O} = \left(\frac{h_{H_2O} - h_3}{\sin \beta} \right). \quad (3.15)$$

мұндағы: h_0 – стандартты атмосферадағы оттегінің балама қалыңдығы; h_3 – 0,176 км – жер станциясының теңіз деңгейінен биіктігі (18), h_{H_2O} – стандартты атмосферадағы су буы қабаттарының балама қалыңдығы.

Стандартты атмосферада сигналдың бәсеңдеуін есептеу барысында баламалы оттегі қабатының биіктігі $h_0 \approx 6$ км тең, ал су буының (км) қабатының баламалы қалыңдығын эмпирикалық формула бойынша есептеуге болады:

$$h_{H_2O} = \left(\frac{1}{(F-183,3)^2} + \frac{1}{(F-323,8)^2+1} + 2,2 + \frac{3}{(F-22,3)^2+3} \right), \quad (3.16)$$

мұндағы: F – жиілік, ГГц.

Аталған формулалар бойынша есептеу нәтижелері 100% ішінде орын алатын тұрақты шығын құраушы болып табылатын гидрометаторсыз тыныш (қойылмаған) атмосферада сіңірілуін анықтайды. Оттегімен және су буымен салыстырмалы сіңіру қысымға, ылғалдылыққа, температураға және жиілікке байланысты. Шығынның құрамдастарын сандық анықтау үшін келесі қатынастарды қолдануға болады. Оттегімен сіңірілу (дБ / км) келесі формула бойынша анықталады:

$$L_0 = \rho_0 \cdot l_0 \quad (3.17)$$

мұндағы: $\rho_0 = 0,02 \frac{\text{дБ}}{\text{км}}$ – қалыпты атмосферадағы оттегімен меншікті сіңірілу (18).

Су буымен меншікті сіңірілу (дБ/км) келесі формула бойынша анықталады:

$$L_{H_2O} = \rho_{H_2O} \cdot l_{H_2O}, \quad (3.18)$$

мұндағы $\rho_{H_2O} = 0,16$ дБ/км - қалыпты атмосферадағы су буымен меншікті сіңірілу (18).

Стандартты атмосферадағы сигнал жолының балама ұзындығын анықтау үшін белгілі мәндерін (13) және (14) формулаларға салу арқылы келесілерді аламыз:

$$l_0 = \frac{6-0,176}{\sin(16,381464151128^\circ)} = 20,65 \text{ км},$$

$$l_{H_2O} = \frac{2,242 - 0,176}{\sin(16,381464151128^\circ)} = 7,27 \text{ км.}$$

Су буының қалыңдығының балама қабатын келесі (15) формула арқылы анықтадық:

$$\begin{aligned} H_{H_2O} &= \left(\frac{1}{(F - 183,3)^2} + \frac{1}{(F - 323,8)^2 + 1} + 2,2 + \frac{3}{(F - 22,3)^2 + 3} \right) = \\ &= \left(\frac{1}{(11,7 - 183,3)^2} + \frac{1}{(11,7 - 323,8)^2 + 1} + 2,2 + \frac{3}{(11,7 - 22,3)^2 + 3} \right) = \\ &= 2,22605 \text{ км.} \end{aligned}$$

Оттегіндегі сіңірілуді табу үшін белгілі мәндерді (16) формулаға салу арқылы келесі мәнді аламыз:

$$L_0 = \rho_0 \cdot l_0 = 0,02 \cdot 20,65 = 0,413 \frac{\text{дБ}}{\text{км}}.$$

Су буымен меншікті сіңірілуін (17) формула бойынша анықтаймыз:

$$L_{H_2O} = \rho_{H_2O} \cdot l_{H_2O} = 0,16 \cdot 7,27 = 1,163 \frac{\text{дБ}}{\text{км}}.$$

Радиотолқындардың атмосферадағы сіңірілуін келесі формула арқылы табамыз:

$$L_{\text{атм}} = L_0 + L_{H_2O} = 0,413 + 1,1632 = 1,576 \text{ дБ.}$$

Жауын-шашындағы энергия шығынын есептеу: Атмосферада радиосигналдардың жалпы әлсіреуіне гидрометорлар (жаңбыр, қар, тұман, бұршақ, бұлт), сонымен қатар, шаң мен түтін түрінде әр алуан су заттарының бөлшектерін енгізе алады. Бұл жағдайда әлсіреу электромагниттік тербелістер энергиясы бөлігінің шашырауы мен жұтылуына байланысты.

Толқынның ұзындығына, олардың концентрациясы мен диэлектрлік өткізгіштігіне қатысты бөлшектердің салыстырмалы өлшемдеріне пропорционалды радиосигналдардың өшуі. Шаң және түтін бөлшектері, олардың аз салыстырмалы өлшемдері мен диэлектрлік өткізгіштігінің төмендігі шекарасы аралығында қарастырылып отырған жиілік диапазонында сигналдардың әлсіреуіне ешқандай әсер етпейді.

Мұздағы бұлттар, құрғақ қар және бұршақ түріндегі мұз кристалдарының әсері сезілмейді, өйткені мұздың диэлектрлік өткізгіштігі Судан айтарлықтай

төмен. Су бұлттары мен тұманның әсері аз мөлшерден және осы құрылымдардағы бөлшектердің шоғырлануынан кем болады (тамшылардың диаметрі 0,2 мм-ден кем).

Радиосигналдар неғұрлым ауқымды түрде қар және бұршақтың ірі ылғалды бөлшектерімен әлсірейді. Дегенмен, көптеген аймақтарда бұл табиғи құбылыстар біршама аз кездесетіндіктен, оларды ескермеуге болады. Сигналдың әлсіреуіне жауын да біршама ықпал етеді. Жауынның интегралды параметрі концентрациясын, тамшының түсу жылдамдығы және жауынның қарқыны – I (мм/сағ) болады.

Атмосферадағы радиотолқындардың толық бәсеңдеуін ескере отырып, жаңбыр байланысты жауын-шашынның қарқындылығын, кеңістікте орналасуын жаңбыр аймағы мен кездейсоқ шама болып табылады.

Жауын кезінде сигналдың жоғалуы эмпирикалық формула бойынша есептеледі:

$$L_d = a \cdot I^b \cdot l, \text{ (дБ)}, \quad (3.19)$$

мұндағы I – жауын-шашынның түсу қарқындылығы (мм/с);

l – жауын қабатындағы сигнал жолының ұзындығы (км)

a және b – қосалқы коэффициенттер.

A және b коэффициенттері жиілікке тәуелді болады, басқа факторлардың ықпалы (жаңбыр тамшыларының өлшемдері мен температурасы, сигнал поляризациясы) біршама әлсіз көрінеді. A және b мәндерінің жақсы жақындауы келесі өрнектер болып табылады:

$$2,9 \leq F \leq 54 \text{ ГГц болғанда } a = 4,21 \cdot 10^{-5} \cdot F^{2,49};$$

$$F \leq 25 \text{ ГГц болғанда } b = 1.41 \cdot F^{-0,0779};$$

Сигнал жолының ұзындығын жауын қабатында келесі формула арқылы анықтаймыз:

$$l = \frac{h_d - h_{zc}}{\sin(\beta)}, \quad (3.20)$$

мұндағы h_3 – ЗС теңіз деңгейінен биіктігі

h_d – жауын қабатының тиімді биіктігі

β – ЗС антеннаның орны бұрышы.

$I > 10$ мм/сағ болған жағдайда жауын қабатының тиімді биіктігі h_n нөлдік изотерма биіктігімен келесі түрде байланысты болады:

$$h_d = h_n + \log\left(\frac{I}{10}\right), \quad (3.21)$$

мұндағы $h_{и}$ – нөлдік изотерма биіктігі

Нәтижесінде $h_{и}$ (км) нөлдік изотерманың биіктігі (жазғы уақыт үшін типтік мәні):

$$h_{и} = (7,8 - 0,1 \cdot \varphi_{зс}), \quad (3.22)$$

мұндағы φ – жер бетіндегі ЗС орналасу нүктесінің ені.

Жауын-шашынның қарқындылығы статистикалық сипатқа ие болады және көп жағдайда ЗС орналасқан орнымен анықталады. Жауын-шашынның орташа деңгейіне сәйкес жер бетінде климаттық аймақтардың 14 түрі бөлінген (17-сурет).

Әрбір аймақ үшін негізінде статистика көпжылдық метеобақылаулардың анықталған максималды (с кейбір сенімді ықтималдықпен K_k) мәні бастапқы есептеу кезінде жауын-шашындағы сигнал шығындары 1 болып табылады.

Жауынның қарқындылығының бастапқы мәндері әр түрлі климаттық зоналар үшін анықтамалықта (19) берілген.

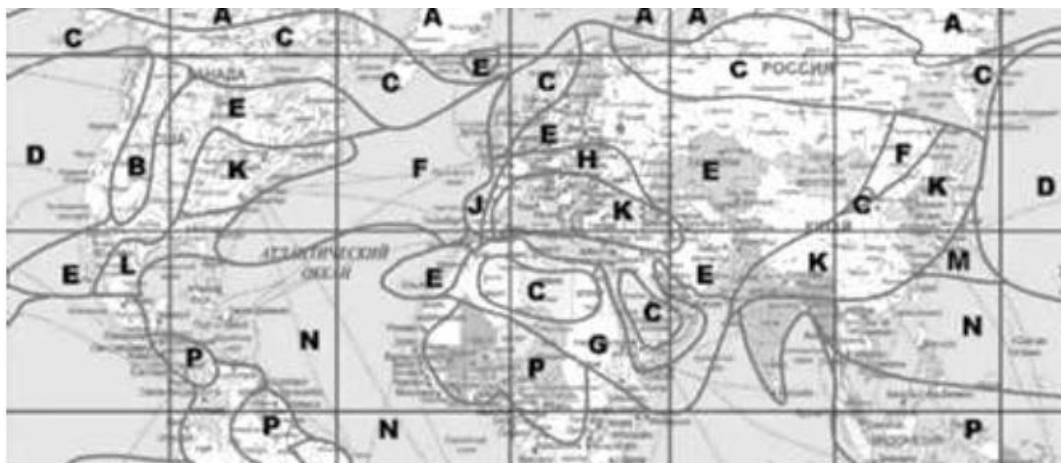
3.1 Кесте – Әр түрлі климаттық зоналар үшін жауын-шашын қарқындылығының бастапқы мәндері I (мм/сағ)

K_d	Климаттық аймақ													
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
0,99	-	1	3	-	1	2	-	-	-	2	-	4	5	12
0,997	1	2	5	3	3	4	7	4	13	6	7	11	15	34
0,999	2	3	8	5	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65
0,9997	5	6	13	9	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105
0,9999	8	12	19	15	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145
0,99997	14	21	29	26	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200
0,99999	22	32	42	42	70	78	63	83	65	100	150	120	180	250

Кестедегі белгілеулер:

K_d – байланыс арнасының қол жетімділік коэффициенті. VSAT технологиясы үшін Кудиапазон $K_d = 0,997$. 3 кесте бойынша жауынның қарқындылығы мәнін анықтаймыз: $I = 3$ мм/сағат.

A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, P – 3.1 суретке сәйкес климаттық аймақтар.



3.1 Сурет - Аймақтардың географиялық орналасуы

(3.17) және (3.18) формаларға мәндерін қоя отырып, а және b қосалқы коэффициенттерді табамыз:

$$a = 4,21 \cdot 10^{-5} \cdot F^{2,49} = 4,21 \cdot 10^{-5} \cdot 11,7^{2,49} = 0,01923;$$

$$b = 1,41 \cdot F^{-0,0779} = 1,41 \cdot 11,7^{-0,0779} = 1,1641.$$

$\varphi_{3c} > 10^\circ$ болғандықтан нөлдік изотерманың биіктігін (3.22) формула арқылы анықтаймыз:

$$h_{\text{и}} = 7,8 - 0,1 \cdot 54,330271^\circ = 2,36697 \text{ км},$$

мұндағы φ_{3c} – 3С жер бетіндегі орналасу нүктесінің ендігі.

Жауын-шашын қабатының тиімді биіктігін (3.21) формула арқылы анықтауға болады:

$$h_{\text{д}} = 2,36697 + \lg\left(\frac{3}{10}\right) = 2,709 \text{ км}.$$

Бұдан әрі жауын қабатындағы сигнал жолының ұзындығын мәндерді (3.20) формулаға салу арқылы табамыз:

$$l = \frac{2,709 - 0,176}{\sin(16,381464151128^\circ)} = 8,982 \text{ км}.$$

Жауындағы сигналдың шығынын (3.19) формула бойынша есептейміз:

$$L_{\text{д}} = 0,019 \cdot 22^{1,16} \cdot 8,98 = 6,313 \text{ дБ}.$$

Жиынтық шығынды есептеу. Жиынтық шығынды келесі формула бойынша есептейміз:

$$L_{\text{жш}} = 205,8454 + 1,576 + 6,313 = 213,7346 \text{ дБ.}$$

3.4 Қабылдау антеннасының күшейту коэффициентін есептеу

Бұрын айтып кеткеніміздей, телевизиялық сигналды қабылдауға арналған құрылғылар жинағы жерсеріктік табақшадан, конвертор және ресиверден құралады.

Қабылдау антеннасының күшею коэффициентін келесі формула бойынша анықтаймыз:

$$G_{\text{ҚАБ}} = L_{\text{БК}} + L_{\text{Ж}} + L_{\text{АТМ}} + L_{\text{Ф ҚАБ}} + L_{\text{Ф ТАР}} - P_{\text{ТАР}} - G_{\text{ТАР}} + P_{\text{с}}, \quad (3.23)$$

мұндағы $P_{\text{с}}$ – 65 дБм – сигналдың минималды қажетті қабылданатын қуаты;

$P_{\text{ТАР}} = 53,4 \text{ дБ} \cdot \text{Вт}$ – таратқыш қуаты;

$G_{\text{ТАР}} = 38,7 \text{ дБи}$ – таратқыш антеннаның күшею коэффициенті (24);

$G_{\text{ҚАБ}}$ – қабылдау антеннасының күшею коэффициенті;

$L_{\text{БК}}$ – бос кеңістіктегі радиосигналдың бәсеңдеуі;

$L_{\text{Ж}}$ – жауын кезінде радиосигналдың бәсеңдеуі;

$L_{\text{АТМ}} = L_{\text{О}} + L_{\text{Н2О}}$ – атмосфералық газда сигналдың бәсеңдеуі;

$L_{\text{Ф ТАР}} = 4 \text{ дБ}$ – Intelsat 33e [21] беруге арналған фидерлік трактідегі радиосигналдың бәсеңдеуі;

$L_{\text{Ф ҚАБ}}$ – қабылдау фидерлік трактісіндегі сигналдың бәсеңдеуі.

RG-6 кабелінің сипаттамаларынан кабелдің бәсеңдеу коэффициентін аламыз

$$\alpha_{\text{к}} = 13,61 \frac{\text{дБ}}{100\text{м}}. \quad (3.24)$$

Келесі формула бойынша кабель ұзындығы бірлігіне бәсеңдеуді есептейміз:

$$\alpha_{\text{к.ед.}} = \frac{13,61}{100} = 0,1361 \frac{\text{дБ}}{\text{м}}.$$

Фидерлік трактідегі сигналдың бәсеңдеуін келесі түрде анықтаймыз:

$$L_{\text{Ф ҚАБ}} = 0,1361 * 14 = 1,9054 \text{ Дб.} \quad (3.25)$$

Барлық табылған мәндерін (3.23) формулаға қою арқылы келесі мәнді аламыз:

$$G_{\text{ҚАБ}} = 205,845 + 6,313 + 1,576 + 1,905 + 4 - 53,4 - 38,7 + (-95) = 32,5398 \text{ дБи.}$$

Осы сипаттамалар бойынша теледидардың жерсеріктік жинағын таңдай аламыз. Есептеу барысында алынған қабылдағыш антеннаның күшею коэффициентінің мәні барлық қарастырылған үш жиынтыққа сәйкес келеді, жабдықты таңдау басқа параметрлер бойынша жүргізіледі. «МТС» жиынтығы конверторының шуының коэффициенті басқа жиынтықтарға қарағанда жоғары болса да, таңдауды нақты осы құрылғыда тоқтатамыз. Бұл ең алдымен «МТС» жиынтығындағы конверторды күшейту коэффициенті басқаларымен салыстырғанда әлдеқайда жоғары екенін көрсетеді. Сондай-ақ осы жиынтыққа баға саясатын толық қанағаттандырады.

3.5 Қабылдау нүктесіндегі сигнал қуатының деңгейі

Таңдалған жиынтық үшін сипаттамаларды есептейміз. Қабылдау нүктесіндегі сигнал қуатының деңгейі:

$$P_c = 53,4 + 38,7 + 35,9 - 205,845 - 6,313 - 1,576 - 1,905 - 4 = -91,639 \text{ дБ} \cdot \text{Вт} = -61,6 \text{ дБм.} \quad (3.26)$$

Қабылдау нүктесіндегі сигнал қуатының деңгейін есептеу абонентте ресивер сипаттамасында көрсетілген сапа байқалатынын бекітуге мүмкіндік береді.

3.6 Жер станциясының қабылдағышының кірісіндегі шудың толық қуатын есептеу

Жер станциясының қабылдағышының кірісіндегі шудың толық қуатын мына формула бойынша анықтаймыз:

$$P_{\text{ш.ЗС}} = k \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta f_{\text{ш}} \quad (3.27)$$

мұндағы $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Вт}}{\text{Гц} \cdot \text{К}}$ - Больцман тұрақтысы

$\Delta f_{\text{ш}}$ – қабылдағыштың баламалы (энергетикалық) шу жолағы, Гц;

T_{Σ} – антенна сәулелендіргішіне келтірілген қабылдау станциясының жиындық баламалы шу температурасы, К.

Қабылдағыштың баламалы (энергетикалық) шу жолағы (МГц):

$$\Delta f_{\text{ш}} = 1,2 \left(\frac{B}{\log_2 M} \right), \quad (3.28)$$

мұндағы $M=4$ –модуляция позициясы

$B = 2$ Мбит/с – беру жылдамдығы (8).

Қабылдау құрылғысының жиынтық эквивалентті шуыл температурасының мәні антеннаның шуылымен, қабылдау станциясының толқынжол трактісінің шуылымен және қабылдағыштың меншікті шуылымен анықталады. Практикалық есептеулер үшін барлық құраушы шуыл температурасын қабылдау антеннасының сәулелендіру құралына қайта есептеу ыңғайлы:

$$T_{\Sigma} = T_A + T_0 \left(\frac{1}{\eta_{\text{пр}}} - 1 \right) + \frac{T_{\text{пр}}}{\eta_{\text{пр}}}, \quad (3.29)$$

мұндағы T_A — антеннаның қорытынды шу температурасы, К

$T_0 = 290$ К — қоршаған ортаның физикалық температурасы;

$\eta_{\text{пр}}$ — қабылдау станциясының антенна сәулелендіргішінен бастап қабылдағыш кірісіне дейінгі толқын жолы трактісінің беру коэффициенті (қуаты бойынша) (0,8 тең болып қабылданады) (22);

$T_{\text{пр}}$ — қабылдағыштың меншікті шу температурасы, К.

Өз кезегінде жер станциясының қабылдағыш антеннасы үшін:

$$T_A = T_{\text{атм}}(\beta) + c \cdot T_3 + T_{\text{кос.}}(\beta), \quad (3.30)$$

мұндағы $T_{\text{атм}}$ – орынның бұрышына тәуелді болатын атмосфера шуына негізделген шу температурасы;

T_3 – жердің жылулық сәулеленуіне негізделген шу температурасы, $T_3=290$ К;

$T_{\text{кос.}}(\beta)$ – ғарыштық шуларға негізделген шу температурасы;

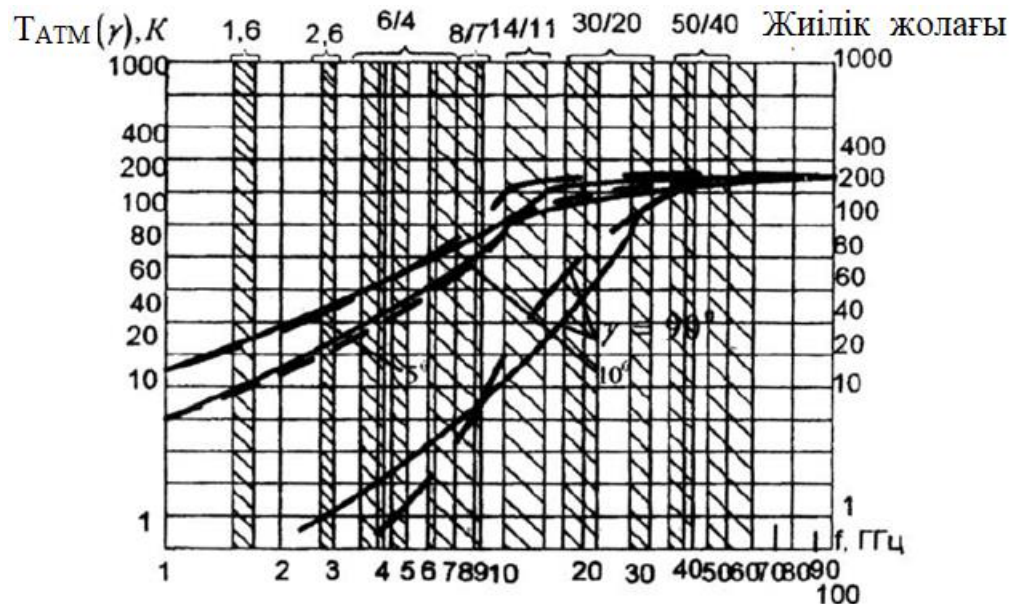
С-антеннаның бағытындағы диаграмма жапырақшаларының бүйір және артқы бөліктерінің деңгейін ескеретін коэффициент. $C=0,2$ ЗС антенналары үшін (22).

Ғарыштық шулар негізінен Галактика, күн және ай сәулелерімен анықталады. Бұл ретте Галактика шуылының орташаланған температурасы 4- 6 ГГц дейінгі және одан жоғары жиіліктер жолақтарындағы малды елеусіз және жердің кез келген бұрыштарында 1 ГГц жоғары жиіліктерде 10 К-ден аспайды.

$T_{\text{атм}}(\beta)$ атмосферасының Шу температурасы тыныш атмосфераның сәулеленуімен және жауын-шашынның әсерімен анықталады. Бұл құбылыс

термодинамикалық тепе-теңдік Заңымен түсіндіріледі, оған сәйкес орта (атмосфера, жауын-шашын) энергияны жұтатын бірдей мөлшерін шығарады.

Осылайша, бұл құрамдауыш тыныш атмосферада және жаңбырларда жоғалтумен байланысты статистикалық сипатқа ие, жиілік пен орын бұрышына байланысты. Атмосфераның шу температурасын анықтаймыз 3.2 сурет–шу температурасының, атмосфераның (жауын-шашындыескере отырып) жиілігіне және орын бұрышына тәуелділігіне (дБ) байланысты анықтаймыз.



3.2 Сурет – Атмосфераның шу температурасының тәуелділік графигі

3.2 суретке сәйкес атмосфераның шу температурасы 14/11 ГГц жиілік ауқымы үшін: $T_{\text{атм}}(\beta) = 100 \text{ K}$. Сигнал/шу қатынасы келесі формула бойынша анықталады:

$$\frac{C}{N} = P_c - P_{\text{ш.зс}}. \quad (3.31)$$

Қабылдағыштың балама (энергетикалық) шу жолағын мәндерін (3.28) формулаға қою арқылы анықтаймыз:

$$\Delta f_{\text{ш}} = 1,2 \left(\frac{2}{\log_2 4} \right) = 1,2 \text{ МГц}.$$

(3.30) формула бойынша антеннаның қорытынды шу температурасын анықтаймыз:

$$T_A = 100 + 0,2 \cdot 290 + 10 = 168 \text{ K}.$$

Жиынтық балама шу температурасының мәнін (27) формула арқылы табамыз:

$$T_{\Sigma} = 168 + 290 \left(\frac{1}{0,8} - 1 \right) + \frac{90}{0,8} = 353 \text{ К.}$$

Жер станциясының қабылдағышының кірісіндегі шудың толық қуатын (3.27) формула арқылы табамыз:

$$P_{\text{ш.ЗС}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 353 \cdot 1,2 \cdot 10^6 = 5,84 \cdot 10^{-15} = -149,75 \text{ Дб} \cdot \text{Вт}$$

Сигнал/шу қатынасы (3.31) формула арқылы есептеледі:

$$\frac{C}{\text{Ш}} = -61,6 - (149,75) = 88,15 \text{ дБ}$$

Алынған сигнал/шу қатынасы ЗС антеннасының диаметрі 0,6 м болған жағдайда байланысты тиісті сапасы мен тиімділігін береді, сәйкесінше, жерсеріктік телетарату толық көлемде жүзеге асырылатын болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыс өзекті болып келеді, өйткені өкінішке орай қазіргі таңда мемлекетіміз коронавирус пандемиясына тап болды. Сондықтан Қазақстан халқының оқушылары мен студенттеріне сабақты қашықтықтан оқыту түрінде беру үшін Республикамыздың барлық аумағына кең жолақты интернетпен қамтамасыз ететін Starlink жүйесі қажет.

Бұл дипломдық жұмыстың бастапқы бөлімде байланыс жерсеріктік жүйелеріне салыстырмалы талдау жүргізілген және олардың артықшылығы мен кемшіліктері көрсетілген.. Сонымен қатар талдау бөлімінің соңында мәселенің қойылымына негіздеме көрсетілген.

Сонымен Starlink жүйесін енгізуді жүзеге асыру, қай жерден қосылуға болатыны, оның қалай жұмыс істейтіні және Қазақстан Республикасының барлық аумағында байланысты ұйымдастырудың сұлбасы көрсетілген.

Екінші бөлімде түрлі жерсеріктерін ұшыру үшін арналған бірнеше рет пайдаланылатын американдық жеке зымыран Falcon 9 және кемелер мен ұшақтарда кездесетін фазаланған торы бар антенналарды таңдау жүзеге асырылған. Falcon 9 орбитаға әр түрлі биіктіктерді басқару және коммерциялық жүктерді жеткізу үшін белсенді қолданылады. Сонымен қатар, NASA келісімдердің шеңберінде SpaceX Халықаралық ғарыш станциясына жүктерді жеткізу үшін Falcon 9 және Dragon ұшқышсыз кемелерін пайдаланады. Фазалы антенна торлары адам өмірінің түрлі аспектілерінде кеңінен қолданылады. Оларды ұялы байланыс операторлары қолданады, оларды қауіпсіздік және деректерді беру жүйелерінде қолданады. Сондай-ақ, мұндай құрылғылар спутниктік байланыстың көтерілетін желілерінде, әскери ұшақтардың радарларында, ШҚЖ және әуе-ғарыш қорғанысын анықтау жүйесінде қолданылады.

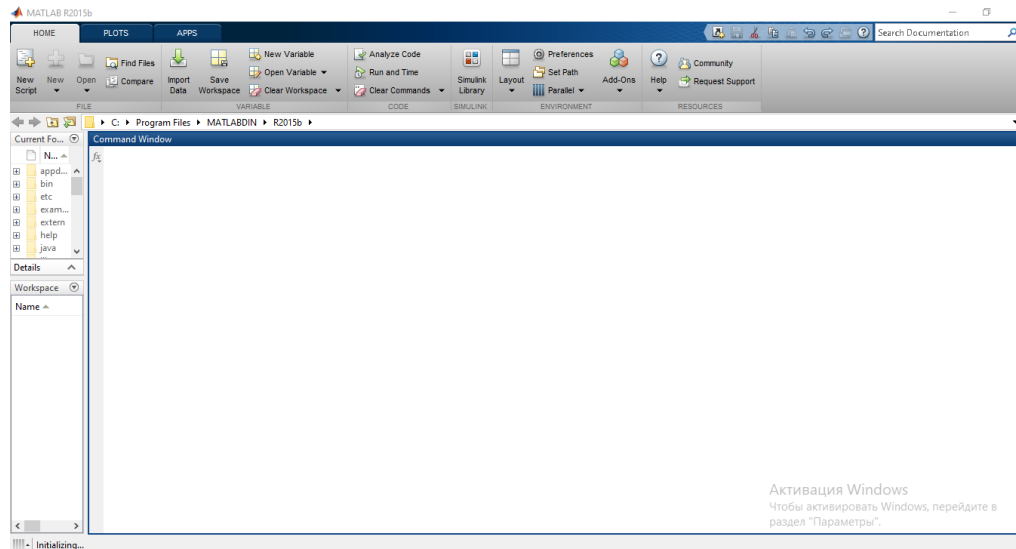
Сондай-ақ дипломдық жұмыстың есептеу бөлімінде жерсеріктік байланыс жүйелерінің негізгі перематрлеріне, энергияның шығындарына және қабылдау антеннаның күшейту коэффициентіне есептеулер жүргізілген.

ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1.Ерохин Г.А., Мандель В.И., Нестеркин Ю.А., Струков А.П. Методика расчета энергетического запаса радиолинии «космический аппарат – станция».Том 5, выпуск 1, 2018 – 71 с.
2. Спутниковые системы связи. Учебное пособие для вузов. Под ред. А.М. Сомова. Сомов А.М., Корнев С.Ф.2014 г.244 стр.
3. Сомов А.М. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи. Учебное пособие для вузов.- М.: Горячая линия - Телеком, 2015. — 456 с.
4. Савочкин, А.А. Спутниковые системы связи: Учебное пособие. Рекомендовано кафедрой радиотехники и телекоммуникаций. Севастополь: СевНТУ, 2012. – 113 с.
- 5.Расчет антенн земных станций спутниковой связи:учеб.пособие для вузов/А.М.Сомов.-М.:Горячая линия-Телеком, 2011.-303 с.
6. Системы спутниковой связи : лабораторный практикум / С. Н. Дмитриев. — Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та, 2019.— 76 с
7. Темиргалиев Т.К. Спутниковые сети связи: Учебное пособие. - Тараз: Тараз университет!, 2012. - 89 с.

Қосымша А

«MATLAB»бағдарламасы



а) Абоненттік қабылдағыштың шулы жиілік жолағын есептелу жолы

```
>> y=1.1;  
>> Fmax=6;  
>> mf=1.6;  
>> delFpic=mf*Fmax  
delFpic = 9.6000  
>> delFw=y*delFpic  
delFw = 10.5600
```

ә) Қабылдау антеннасының күшейту коэффициентін есептелу жолы

```
>> D=1.2;  
>> f=14.5;  
>> G=20*log10(D)+20*log10(f)+17.5  
G = 42.311
```