

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар
кафедрасы

Ауғанбай Сандуғаш

«Радиобекітпелік құрылғыларды зерттеу модельдеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және телекоммуникациялық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Радиобекітпелік құрылғыларды зерттеу модельдеу»

6B06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған: Ауғанбай Сандуғаш

Рецензент
ҚазҰАЗУ, доктор PhD.,
қауымд. профессоры

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессор
PhD., докторы

Тайсариева К.Н.
« 12 » 05 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

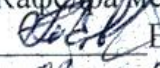
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

 Е. Таштай

« 03 » 02 2025 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Ауғанбай Сандуғаш

Тақырыбы «Радиобекітпелік құрылғыларды зерттеу модельдеу»

Университет ректорының «26» 01. 2025 ж. 1977/0 бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Бекітпелік құрылғы көмегімен жасалатын арнадағы ақпараттар ағыны:

а) акустикалық каналдар: 20000Гц;

б) радиотехникалық каналдар: 30 ГГц;

в) электрикалық каналдар 50Гц;

2) Дайындау технологиясы: дискретті, интегралды, гибриді.

3) Толқын ұзындығының қолданылатын диапазоны:

- LF (НЧ)-диапазон (километрлік толқындар);

- MF (СЧ)-диапазон (гектометрлік толқындар);

- HF (ВЧ)-диапазон (декаметрлік толқындар);

- VHF (ОВЧ)-диапазон (метрлік толқындар);

- UHF (УВЧ)-диапазон (дециметрлік толқындар);

- SHF (GHz)-ГГц, диапазон (сантиметрлік толқындар).;

4) модуляциялану әдістері: жиіліктің тікелей модуляциясы, аралық жиіліктің модуляциясы (екі қайтара модуляциясымен)

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

1) Радиобекітпелік құрылғыларды талдау;

2) Радиобекітпелік құрылғыларының жіктелуі, радио толқындардың өтуін есептеу;

3) Техникалық барлаудың автоматты құрылғыларының құрылымдары;

4) Радио салынбалы құрылғыларды анықтау кешенінің өлшемдерін бағалау алгоритмі; Құрастыру кезеңі. Радиомикрофонның жұмыс істеу принципі.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1) **Chen, L., & Zhao, Q.** (2023). A Novel Approach to Speech Signal Classification with Hopfield Neural Networks. *Neurocomputing*, 450, 276-285.

2) **Patel, N.** (2022). Hopfield Network Models for Robust Speech Recognition Systems. Master's Thesis, Institute of Computational Sciences.

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Ақпаратты алу арналары және классификациясы	04.01.2025 - 01.02.2025	Әдебиеттік шолу бойынша 2 беттік слайд
Ақпаратты жинақтап және ақпаратты жылдамдатып беру режимінде жұмыс істейтін радио салынбалы құрылғысының құрылымдық схемасы	01.02.2025 - 01.03.2025	Өткізу қабілеттілігі мен кідірісті есептеулер бойынша 3- 4 беттік слайд
Радиомикрофонды құрастыру кезеңі және жұмыс барысындағы есептеулер	01.03.2025- 30.05.2025	Құрылғылар немесе бағдарламалау бойынша зерттеуді ұсыну. 3-4 беттік слайд

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
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Тайсариева К.Н., PhD., қауымдастырылған профессор.	13.03.25	
Теориялық ақпарат	Тайсариева К.Н., PhD., қауымдастырылған профессор.	29.04.25	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М., PhD., каф.аға оқытушысы	23.05.25	

Ғылыми жетекшісі



Тайсариева К.Н.

Тапсырманы орындауға алған білім
алушы



Ауғанбай С.

Күні «2» ақпан 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста радиобекітпелік құрылғылардың құрамына кіретін радиотаратқыш, радиоқабылдағыш және радиомикрофон сияқты негізгі элементтердің жұмыс істеу қағидалары жан-жақты талданды. Сонымен қатар, олардың физикалық және математикалық модельдері қарастырылды. MATLAB/Simulink платформасында жүргізілген модельдеу тәжірибелері арқылы сигналдардың өңделу үдерістері мен байланыс арнасында пайда болатын кедергілердің (мысалы, шу, жиіліктің ығысуы, синхронизацияның бұзылуы) әсері толық зерттелді.

Модельдеу барысында модуляция мен демодуляция тәсілдері, синхронизация алгоритмдері, кадрлардың шекарасын анықтау, жиіліктік және фазалық ауытқуларды түзету секілді маңызды процестер тәжірибе жүзінде жүзеге асырылды. Сонымен қатар, QPSK модуляциясы және қабылдағыштағы символдарды қалпына келтіру механизмдері нақты модель арқылы бейнеленді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе всесторонне рассмотрены принципы работы основных элементов радиосвязных устройств, таких как радиопередатчик, радиоприемник и радиомикрофон. Кроме того, были изучены их физические и математические модели. С помощью моделирования в среде MATLAB/Simulink были детально проанализированы процессы обработки сигналов, а также влияние помех, возникающих в канале связи (таких как шум, частотный сдвиг и нарушение синхронизации).

В ходе моделирования реализованы методы модуляции и демодуляции, алгоритмы синхронизации, определение границ кадров, компенсация частотных и фазовых искажений. Также в модели была наглядно продемонстрирована модуляция QPSK и механизмы восстановления символов на стороне приемника.

ANNOTATION

This thesis provides a comprehensive analysis of the operating principles of key components in radio communication systems, such as the radio transmitter, radio receiver, and radio microphone. In addition, their physical and mathematical models were examined. Using MATLAB/Simulink simulation, signal processing procedures and the impact of disturbances in the communication channel (such as noise, frequency offset, and synchronization errors) were thoroughly analyzed.

During the modeling process, methods of modulation and demodulation, synchronization algorithms, frame boundary detection, and compensation for frequency and phase distortions were implemented. The model also clearly demonstrated QPSK modulation and symbol recovery mechanisms on the receiver side.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Ақпаратты алу	8
1.1 Ақпаратты алу арналары және классификациясы	8
1.2 Ақпарат және ақпаратты жаулау түрлері	10
1.3 Ақпараттық қауіптіліктің жасырылуы	11
1.4 Бекітпелік құрылғы көмегімен жасалтын арнадағы ақпараттар ағыны	12
2 Радиобекітпелік құрылғылар	19
2.1 Бекітпелік құрылғылардың жіктелуі	19
2.2 Техникалық барлаудың автоматты құрылғыларының құрылымының техникалық ерекшеліктері	24
2.3 Радиобекітпелік құрылғылардың құрылымының ерекшеліктері және олардың сипаттамалары	26
3 Радиомикрофонды құрастыру кезеңі және жұмыс барысындағы есептеулер	34
3.1 Жібергіш және қабылдағыш антенналардың негізгі сипаттамалары	34
3.2 Радиоарналардың энергетикалық балансының теңелуі	35
3.3 Радиобөдет деңгейлері	38
3.4 Электромагниттік қолжетімділіктің энергетикалық есебі	40
3.5 Радиотолқындардың ақпарат жіберу жолындағы әлсіреу есебі	45
3.6 Радио салынбалы құрылғыларды анықтау кешенініңөлшемдерін бағалау алгоритмі	52
3.7 Құрастыру кезеңі. Радиомикрофонның жұмыс істеу принципі.	58
4 Simulink бағдарламасындағы QPSK модуляциясын қолданатын	62
Қорытынды	67
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	68

КІРІСПЕ

Қазіргі кезде құпия ақпараттарды заңсыз жолмен алу немесе қауіпті сигналдарды тарату мақсатында радиоарналар жиі қолданылады. Бастапқыда деректерді беру тәсілдерінің ішінде кеңінен таралғаны-акустикалық бекітпелік құрылғылар, яғни радиобекітпелер болды. Тыңшылық бағыттағы құрылғылар арасында ең көп қолданылатын түр-радиомикрофондар, оларды кейде "бекітпе" немесе "радиобағ" деп те атайды.

Радиобекітпелік құрылғыларды жасырын ақпарат жинау үшін қозғалмайтын (статикалық) және қозғалмалы (динамикалық) объектілерге орналастырады. Бұл құрылғылар көбіне жеке меншік нысандарда, түрлі мекемелер мен ұйымдардың ішкі кеңістіктерінде қолданылады. Мұндай құрылғыларды бейтараптандыру және залалсыздандыру-ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету жүйесіндегі ең күрделі және маңызды міндеттердің бірі болып табылады.

Сонымен қатар, заманауи радиобекітпелердің көбінесе өнеркәсіптік нысандардың шеңберінде пайдаланылатынын да ескеру қажет. Бұл жағдай қауіпті сигналдарды анықтау мен іздеу топтарының тиімділігіне кері әсер етіп, іздеу процесін күрделендіреді [1].

Қазіргі заманда сымсыз байланыс жүйелері адам өмірінің барлық саласында кеңінен қолданылуда. Радиобайланыс технологиялары телекоммуникация, телехабар тарату, қауіпсіздік жүйелері, білім беру, медицина және өнеркәсіп салаларында маңызды рөл атқарады. Осындай жүйелердің негізінде жұмыс істейтін радиобекітпелік құрылғылар-радиопередатқыштар, радиоқабылдағыштар және радиомикрофондар-ақпаратты сымсыз тасымалдауды қамтамасыз ететін негізгі техникалық элементтер болып табылады.

Бұл құрылғылардың тиімді жұмыс істеуі үшін олардың ішкі құрылымын, жұмыс істеу принциптерін және сигналдарды өңдеу әдістерін терең зерттеу қажет. Жоғары жиілікті сигналдардың арнада таралу кезінде әртүрлі кедергілерге ұшырауы (мысалы, аддитивті шу, жиіліктің ығысуы, уақыттық кешігулер) сигнал сапасына әсер етеді. Сондықтан осындай әсерлерді ескеретін модельдер құру және оларды MATLAB/Simulink сияқты заманауи инженерлік ортада модельдеу маңызды міндет болып саналады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты-радиобекітпелік құрылғылардың құрылымын зерттеу, олардың жұмыс істеу логикасын талдау және жүйенің математикалық моделін құрып, нақты сигналдардың өту процесін модельдеу арқылы оның тиімділігін бағалау. Бұл зерттеу болашақта телекоммуникациялық жүйелерді жобалау мен оңтайландыру үшін теориялық және практикалық негіз бола алады.

1 Ақпаратты алу

1.1 Ақпаратты алу арналары және классификациясы

Ақпараттың энергия немесе зат арқылы берілетіні белгілі. Ол акустикалық толқындар (дыбыс), электромагниттік сәулелену немесе қатты ақпарат тасымалдаушы заттар (мысалы, мәтін жазылған қағаз, дискета және т.б.) арқылы жеткізілуі мүмкін.

Осыған байланысты, ақпаратты тасымалдаудың физикалық табиғатына сәйкес келесі түрлері ерекшеленеді:

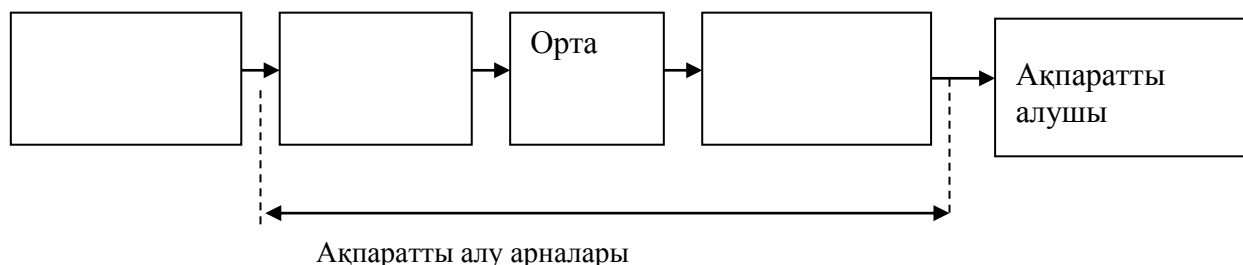
- жарық сәулелері,
- акустикалық толқындар,
- электр тізбектері,
- радиожілік диапазонындағы толқындар,
- материалдар мен заттар.

Адам өз қажеттілігі мен қызығушылығына қарай әртүрлі физикалық өрістерді пайдалана отырып, ақпаратты бір нүктеден екінші нүктеге жеткізетін жүйелерді құрады. Мұндай жүйелер байланыс жүйелері деп аталады. Кез келген байланыс жүйесі міндетті түрде ақпаратты жіберуші мен қабылдаушыдан тұрады.

Практикада бұл жүйелер түрлі мақсаттарда қолданылады және олар арқылы ақпаратты жеткізу ресми тәсіл болып саналады. Байланыс жүйесінің тиімді жұмысы-үшінші тұлғалардың рұқсатсыз кіруінен қорғау, ақпараттың сенімді әрі қауіпсіз түрде берілуі сияқты талаптарға негізделген.

Алайда, кей жағдайда объект иесінің еркінен тыс ақпараттың бір орыннан екіншісіне тасымалдануы мүмкін. Мұндай құбылыс қауіпті сигнал көздері арқылы жүзеге асады. Бұл жағдайда физикалық таралу аймағында орналасқан қабылдау аппаратурасы қаскөйлердің жағында орналасады.

Қауіпті сигнал-бұл бақыланатын объектілерге немесе жеке тұлғаларға қатысты құпия ақпараттарды қамтитын сигнал. Мұндай арнада ақпарат бір бағытта ғана таралады және көбіне заңсыз мақсаттарда пайдаланылады. [2].



1.1-сурет – Ақпарат алу арналарының құрылымы

Ақпарат ағыны ретінде - қорғалатын мәліметтерді ала алатын, құпия ақпарат көзінен айлакерге дейінгі жолды айтамыз. Ақпарат ағыны туындау үшін белгілі бір кеңістік, энергетикалық және уақыттық жағдайлар, сәйкес

келетін құралдар мен айлакердің ақпаратты тіркеу құралдары қажет. Ақпарат арналарының ағынын табиғи физикалық қалыптасуды ескере отыра, келесі топтарға жіктесек болады:

- визуалды-оптикалық
- акустикалық (акустикалық түрлендіргішті есепке ала отыра)
- электрикалық
- радиотехникалық
- материалды-заттық (қағаз, фото, магниттік тасығыштар)

Әрбір арна ағынының өзіне тән спецификалық ерекшелігі бар. Визуалды-оптикалық арналар бұл - шарт бойынша бұл бақылау. Ақпарат тасығыш ретінде жарық қолданылады. Инфрақызыл немесе ультракүлгін диапазондардағы құпия ақпараттан шығатын немесе шағылысқан жарық қолданылады.

Акустикалық арналар. Адам үшін ақпараттылық жағынан есту, көруден кейін екінші орында екенін ескере кеткен жөн. Акустикалық арналарда ақпарат тасығыш ретінде естілетін және инфрадыбыстық диапазондардағы 20000 Гц асатын (әңгімелер, шу) дыбыс жатады. Адам еститін диапазон 16 Гц тен 200000 Гц, адам әңгімелеріне кіретін ол – 100 ден 6000 Гц. Тарау кеңістігі ретінде ауа, жер, құрылыс бұйымдары (кірпіш, бетон, маталдан жасалған арматуралар т.б) жатады [3].

Радиотехникалық арналар. Ақпарат таратушы ретінде диапазондағы өте жоғарғы ұзындықтағы толқындар 1000 м (жиілігі 30 ГГц) субмиллиметрлі толқындар 1 - 0,1 мм (жиілігі 300 ден 3000 - ға дейінгі) электромагниттік толқындар жатады. Бұл электромагниттік толқындардың әрқайсысы кеңістікте тарауына байланысты өзіндік спецификалық ерешелікке ие. Мысалға ұзын толқындар жер бетінен айтарлықтай үлкен қашықтыққа тарайды, ал миллиметрлік - керісінше, түзу көрінетін бірнеше километрге ғана тарайды.

Электрикалық арналар. Байланыс жүйелерінің кез-келген электронды жүйелерінде немесе схемасында: элементтер, тізбектер, жолдар, жалғағыш сымдарөзінің (ішкі), бөгде(сыртқы) әртүрлі мақсаттағы электромагниттік өрістер әсерінде болады. Мұндай әсерді электромагниттік әсер немесе жай тізбекке элементіне әсер деп аталады. Бұлай әсер ету қарастырылмаған байланыстардың туындауына әкеледі. Басқа да ақпарат алу ағынына әкелетін паразитті (зиянды) байланыс пен бағыттар болуы мүмкін. Схемадағы басты паразиттік байланыстар болып: сыйымдылық, индуктивтілік, электромагниттік, электромеханикалық байланыстар, радиоэлектронды құрылғылардың қорек көзі немесе жерлеткіші арқылы байланыстарын айтамыз.

Материалды-заттық арналар ретінде әртүрлі қатты, сұйық және газ тектес материалдар жатады. Өте жиі кездесетін бұл: әртүрлі өндірістік, жарамсыз бұйымдар, жарамсыз материал қалдықтары.

Әрбір құпия ақпарат бірнеше ақпарат арналар ағыны арқылы берілген немесе басқа дәрежеде қолжетімді екені бізге белгілі.

1.2 Ақпарат және ақпаратты жаулау түрлері

Адам өзінің қызығушылығына байланысты физикалық өрісті пайдалана отыра, бір біріне жіберілетін белгілі бір ақпарат жүйесін қалыптастырады. Бұл жүйені байланыс желісі деп атау қалыптасқан. Кез келген ақпарат жіберу жүйесі: ақпарат көзінен, жібергіштен, ақпарат жіберу арналарынан, қабылдағыштан және мағұмат алушыдан тұрады. Бұл жүйелер күнделікті тәжірбиелерде өзінің мақсатына қарай қолданылады, және ақпарат жіберудің ресми құралдары болып табылады.

Арнайы тарихи мағлұматтарда жүйелік және құрылымдық қорғау бойынша, ақпараттық қорғауда жеткілікті номенклатуралар мен терминдер қолданылады. Бұлардың бәрі “Ақпараттық қауіпсіздікке” жатады. Адекватты түрде қауіпті тауып оған қарсы шара қолдану үшін: қауіптің түрлерімен, оған жетудің нақты жолын анықтап қарастырады. Ақпараттық қауіпсіздік деп – конфиденциалды ақпараттарды қысқартып немесе жоғалтып алу.

Қауіп көзі, мекеменің сыртқы бетінде, немесе, ішкі бетінде де болуы мүмкін. Соған байланысты бүкіл ақпараттарды екігше бөлуге болады олар: ішкі және сыртқы. Бұлай бөлінуі әртүрлі механизмдердің қарама-қайшылығына байланысты туындап отыр [4].

Ішкі қауіп көздеріне мыналар жатады: ұрлау, қысқарту және конфиденциалды ақпараттарды фирма жұмысшыларының көшіруі, коммерциялық құпияларды байқаусызда немесе қасақана ашу.

Ішкі қауіп болып: ішкі арналардағы және ішкі объектілік желілердегі ақпаратты жаулау, объектіге бөгде адамдардың кіруі арқылы арнайы ақпараттық басқаруға ие, техникалық құралдарды орнатуы. Сыртқы және ішкі болып бөлінуі шартты түрде ғана. Бұдан басқа да қауіп көздері бар, мысалға: жасанды өрт жасау және т.б. Ақпараттық қауіпті нақты бір жүйемен жүзеге асыруы - сценарий деп аталады.



1.2-сурет – Ақпараттық қауіптілік жүйесі

Сонымен, мекемедегі акустикалық бақылау шынайы және дыбыс нұсқаулығының көмегімен жүзеге асатын микрофон, стетоскоп, енгізілген

радиобекітпелік құрылғылардың және сымды беаіптелік құрылғылардың белгілі бір жаққа қаратылуымен орындалады. Бұл айланың бәрі рұқсатсыз телефон желілеріне қосылып енгізілген диктафон арқылы, әңгімелерді тыңдау арқылы жүзеге асады. Мұның бәрі - ақпарат алудың әртүрлі тәсілдері.

Басқа мысалдар келтірсек, болып жатқан жайтқа жасырын бейнебақылау орнату, сақтағыш құралдардағы құжаттарды көшіру немесе ұрлау, факсты хабарламаларды ұрлау және тағы да басқалары. Сигналды ақпараттың ұрлануы болып табылады. Сценарий ақпараттық қауіптілігі көрсетеді.

Ақпараттық қауіптер векторлы мінезге ие, яғни белгілі мақсатпен немесе жерге бағытталған. Шарт бойынша ол концентрациялы жасырын ақпараттар бар жер, яғни маңызды кездесулер өтетін мекемелер, құжаттарды сақтайтын архивтер, ақпаратты өңдеу жерлері, сонымен қатар электрлік есептегіш машина қолданылатын жерлер. Қауіп лауазымы жоғары жеке азаматтардың қатарына да төнуі мүмкін. Мақсаттары көрсетілген жағдайда ғана сценарий толық болып саналады. Бұл бөлікті қауіпсіздік зонасы деп атайды.

Ақпараттық қауіптің мақсатының кешенділігі, ақпараттық қауіпке кеңістік береді. Ол бүтін, бірақ оны ақпаратты өңдеу, сақтау жеріне шақыра отыра жасанды жекелеген бөліктерге бөледі.

Қауіпсіздік зонасының құрылуының негізіне ақпарат берілудің физикалық формасын кіргізеді. Нақтырақ айтсақ акустикалық зоналар қауіпсіздігі, сигналды ақпараттар қауіпсіздігі. Бұл зоналар бір-бірімен мүлде сәйкес келмейді [5].

1.3 Ақпараттық қауіптіліктің жасырылуы

Ақпараттық қауіптіліктің көп тараған түрінің ішінде ерекше орын алатын, ол оның жасырындылығын анықтау.

Ақпараттық қауіптің жасырындылығы дегеніміз – бұл оның қоршаған ортадан өзгешелік деңгейін анықтайтын белгілердің кешенділігі.

Бірнеше мысал келтіретін болсақ. Ақпараттық маңызы бар мекемеде жасырылған автономды радиобекітпелік құрылғы бар деп есептесек. Ақпаратты жіберу кезінде, белгілі бір қашықтыққа жіберілетіндей радиотолқындар бөлінеді.

Тағы бір мысал ретінде құрылыс конструкциясы арқылы ақпаратты тасымалдау арнасын қарастыруға болады. Бұл жағдайда құрылымның бөгет элементі механикалық әдіспен бұзылып, арнайы құрылғының көмегімен кішкентай диаметрлі, бір ұшы кеңсе ішіне бағытталған арна жасалады. Осы арна арқылы визуалды және акустикалық бақылау құралдары орнатылады.

Мұндай жүйенің кемінде екі ерекшелігі болады, олар оны қоршаған ортадағы кездейсоқ немесе кездейсоқ емес қауіп көздерінен ажыратуға мүмкіндік береді:

- Жұмыс кезінде пайда болатын құрылымдық (виброакустикалық) шу – бұл құрылғы жұмыс істеген кезде қоршау материалдарында пайда болатын діріл мен дыбыс толқындары;

- Қоршау бетінде микросанылаулардың болуы – бұл арнаның болуын сыртқы беттегі көзге көрінетін немесе арнайы құралмен анықталатын микрожарықтар арқылы анықтауға болады.

Осы сипаттамалар арқылы қауіп көзі ретінде жұмыс істеп тұрған құрылғыны арнайы техникалық құралдармен табуға болады. Мұндай арналар көбіне құпия ақпаратты жасырын жинауға бағытталған және олардан қорғау ақпараттық қауіпсіздік жүйесінің маңызды міндетіне жатады.

1.4 Бекітпелік құрылғы көмегімен жасалтын арнадағы ақпараттар ағыны

Құпия ақпарат алу үшін бұзақылар заманауи техникалық құралдарды қолданады. Жасанды ақпарат алу арналарын құрады. Қазіргі кездегі әдебиеттегі тізімдерде келесі техникалық құралдар қамтылған:

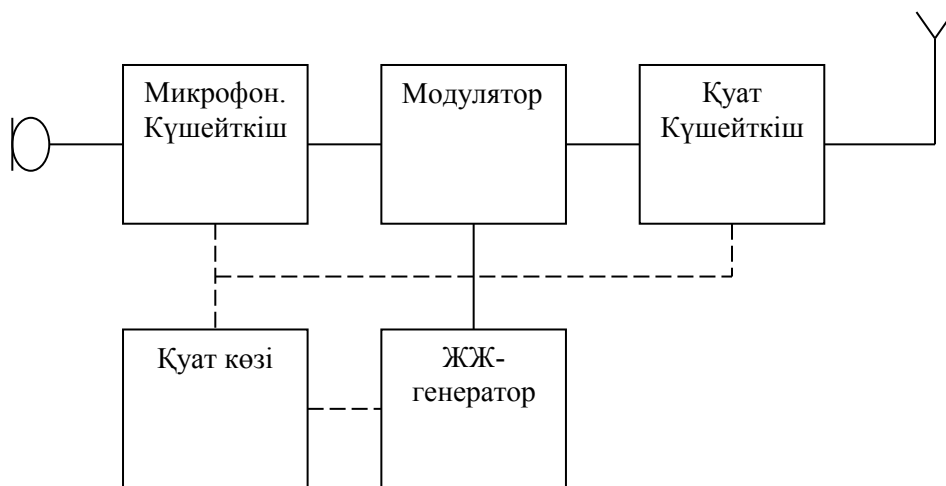
- акустикалық қадағалау құралы (радиобекітпелік құрылғы);
- терезеден ақпаратты алу аппаратурасы;
- арнайы дыбыс жазу аппаратурасы
- әртүрлі мақсатқа арналған микрофондар (жасырын, бағытталған және т.б.)

- байланыс арналарынан ақпарат алу құралдары
- арнайы видеосуреттер бақылағыш және жібергіш жүйелер
- арнайы фотоаппараттар

күндізгі және түнгі уақытта бақылауға арналған құралдар.

- құпия ақпараттарды алуға арналған басқа да құралдар.

Қазіргі кезде ақпаратты радиоарна арқылы жіберетін радиобекітпелік құрылғы атты акустикалық бақылау құралдары көбірек танымал. Бұйымдардың номенклатуралары жүздеген бірлікпен есептеледі. Шарт бойынша радиобекітпелер микрофон, күшейткіш, жоғарғы жиілікті генератор, антенна және қорек көзінен тұрады. Негіз бойынша бұл аз қуатты жібергіш және қорек көзі. Нақты айтатын болсақ, бұл аз қуатты жібергіш.



1.3-сурет – Акустикалық радиобекітпенің блок схемасы

Акустикалық ақпаратты мысалға (ақырын әңгімелесу барысын) 10 метр қашықтықтан алуға болады, ал жіберу аралығы 30-50 м ден 600-800 м ге дейін. Көптеген радиобекітпелік құрылғылар УҚТ – диапазонында жұмыс істейді (жиі кездесетін жиілік болып 88 ден 150 МГц аралығы болып саналады) алайда кәзіргі кезде жоғарғы жиілікке көшуде 450 МГц тен 900 МГц ке дейін. 88 – 150 МГц диапазонының артықшылығы, бұйымның қарапайымдылығында. Кемшілігі - сол маңайдағы қабылдағышы бар адамдардың қабылдай алу мүмкіндігінде. Мысалға сенімді түрде қабылдай алатын 10 шақты үй болуы мүмкін. Тағы бір кемшілігі – жеткілікті үлкен антенна. 400 – 470 МГц жиіліктегі радиобекітпелер кішкентай антеннаға ие, және олар бөгеттермен толы болуы мүмкін. Сол себепті желі де төзімді болып келеді.

Радиобекітпелер “жұмсақ” арнамен, кварцті жиілік реттегіш және кварцты реттегішпен болуы мүмкін. Біріншілері қарапайым және арзан, қоректену батареясын зарядтау кезінде, антенна орнын өзгерткен кезде, шашырау жиілігі температурадан (өтіп кетуі мүмкін). Нәтижесінде ыңғайсыз болса да жиілікті реттеп отыру қажет. Кварцты арнада бұл кемшіліктер жоқ. Шашырау алаңы тар болған себепті, қашықтықтық жағынан ұтамыз. Алайда, бүкіл артықшылықтар күрделі схемотехникалық есептердің арқасында. Бір жағынан қуатты қолдану уақыты артып, жұмыс істеп уақыты азаяды. Бірақ табу ықтималдылығы артады. Көлемдері, радиобекітпенің үздіксіз уақыт жұмыс істеуі тәрізді, қорек көзінің көмегімен анықталады. Энерго қуатты қуат көздерін қолдану кезінде жұмыс істеу уақыты апталарға, тіпті айларға жетуі мүмкін.

Ішкі өңдеу жұмыстарына келсек, онда ол өндірушінің қиялына байланысты. Олар бұйым түрінде немесе әртүрлі қаптамада болуы мүмкін. Әртүрлі заттарға орнатылған болуы мүмкін : жазба құралдарында, түтін тұтатқышта, автоқаламдарда, тұтандырғыштарда, темекі қорабында немесе темекінің өзінде, кітап қаптамасында және жұмыс папкаларында, қарапайым ағаш бұйымдарда және тағы басқа жерлерде.

Қаптаманың сапасы өте жоғары болуы мүмкін. Мысалға толықтай бөлшектеніп, бірақ радиобекітпені өте жоғары дәрежеде жасырған автоқаламдар

шығарылды. Бүкіл темекілері бірдей темекі қорабы, оны әдеттегідей шеге бересіз, алайда, ондағы радиобекітпелік құрылғыны байқамай да қаласыз. Түссіз темекі тұтатқыш, анықтап қарамасаңыз радиобекітпе байқалмайды.

Бұл жердегі барлық радиобекітпелік құрылғылардың айтарлықтай кемшіліктері бар. Олардың уақыт ұзақтығы қуат көзіне байланысты. Ал қуат көзін айырбастау қиындық туғызады. Өйткені, орнатқан жерге екінші рет орналсу, әрқашан қолдан келе бермейтін шаруа.

Сондықтан кең таралымға электр желісі арқылы қорек алатын, радиобекітпелік құрылғылар алынады. Олар электронды сағатқа орналасуы мүмкін, электр ұзартқыштарға, розеткалар және т.б., телефон арналары арқылы қорек алатын акустикалық радиобекітпе болуы мүмкін [6,7].

Қуат көзін үнемдеудің екінші әдісі ол - автоматты түрде қосылуы, немесе қашықтықтан қосу. Бұл екі құрылғыда сауда нарығында бар. Қашықтықтан басқарылатын радиобекітпелік құрылғы ұзақ уақыт бойы керекті мекемені бақылап отыруға мүмкіндік береді. Олар керек кезде ғана жұмыс істейді, мысалға, жиналыс кезінде, сондықтан да оны табу қиындық туғызады. Радиобекітпелік құрылғыларды табу үшін арналған, өріс индикаторын кездейсоқ қана таба аласыз.

Жасырын ақпаратты жіберу үшін байланыс арналары жабық радиобекітпелік құрылғылар қолданылуы мүмкін, радиоарналарды ұқсастыруға және қай мекеменің тыңдалып отырғанын білуге мүмкіндік бермейді.

Көп қолданылатын құралдардың ішіне, өндірістік тыңшылықта ірі топты байланыс арналарын бақылау құралдары жатады.

Ақпарат ағыны жағынан байланыс арналары ең әлсіз болып табылады. Акустикалық радиобекітпені қадағаланатын мекемелерде қолданылуы керек. Бұл айтарлықтай қиындық туғызады. Телефон арналары офис немесе мекеме сыртына шығып кетеді. Телефондағы әңгімелерді ғана емес, мекемедегі акустикалық ақпараттарды да бақылауға болады. Байланыс арналарының әлсіздігі болып ақпарат алудың түрлілігі де кіреді. Жүз пайыздық сенімділікпен байланыс арнасының қосылған немесе қосылмағанын анықтауға болмайды. Бірақ бұл оның іздестірудің тәсілдері жоқ дегенді білдірмейді, мұндай іздестіру нақты бір құрылғыға арналған, бұл арнаның “таза” ықтималдылығын көрсетеді.

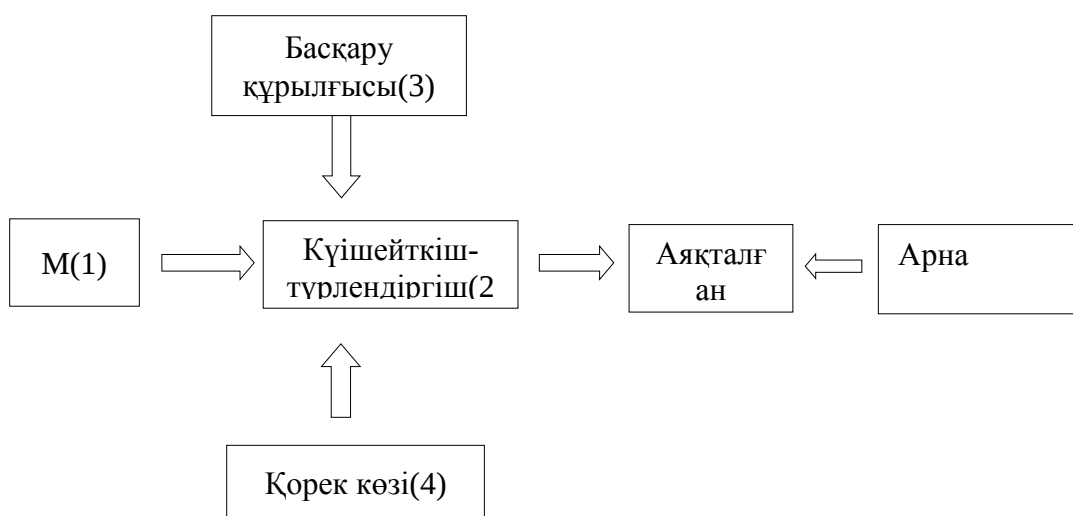
Бүгінгі күні ең танымал телефондық әңгімелерді бақылаушы болып арналарға радиобекітпелік құрылғыны орнату болып табылады. Қарапайым, айтарлықтай бұйымдар бір транзисторда құрылған, ол телефон арнасы арқылы қорек алады. Шарт бойынша, телефондық радиобекітпе арнаға рет бойынша орналасады және телефон тұтқасын көтерген кезде автоматты түрде қосылады. Мұндай шешім қарапайым әрі екі негізгі мәселені шешуге көмектеседі: біріншіден, қуат көзін (телефондық радиобекітпелік құрылғы “мәңгілік”, және телефон жұмыс істесе әрқашан жұмыс істеп тұрады), екіншіден, тұтқа қойылып тұрған кезде ол еш байқалмайды, телефон желісі еш қолданылмайды, эфирге ештенке таратпайды [7,8].

Телефондық жібергіштердің параметрлері телефон арналарымен және өзінің ПӘК - мен шектелген. Телефон арнасынан алынатын энергия көмегімен қуатты күшейтуге болады. Ал бұл радиобекітпенің жасырын түрде қалуына көмек. Сенімді телефон жібергішінің қабылдау радиусы, шарт бойынша 100-200 метрді құрайды. Ал телефон аппаратында 1-2 В қана.

Антенна орнына телефондық арна жиі орналасады. Тура өлшемі қиындатылған, алдына ла белгісіз болғандықтан, практика көрсеткендей, элементті дұрыс таңдау жақсы нәтиже көрсетеді. Телефондық радиобекітпелік құрылғының қаптамаларының көп түрлері бар.

1.4.1 Активті (шығарушы) бекітпелік құрылғылар

Келесі сүйретте активті бекітпелік құрылғының схемасы берілген.



1.4-сурет – Активті бекітпелік құрылғының схемасы

Барлық бекітпелік құрылғылардың міндетті түрде қолданылатын элементі-акустикалық түрлендіргіш болып саналады. Егер мәселе ауадағы дауыстық тербелістері жайлы болса, онда ол әуе микрофоны, көбінесе электретты.

Төменгі жиілікті сигнал, ары қарай күшейткіш – түрлендіргішке түседі. Бұл жерде кіріс сигналды күшейту жүзеге асады. Кезектегі келесі ақпаратты жіберудегі ыңғайлы формаға түрлендіреді. Форма аналогты немесе цифрлы болуы мүмкін. Қолданылатын шағылысу, сигналдың сол немесе басқа бір түрін, дәл осы модуль керек жағдайда түрлендіреді.

Бекітпелік құрылғылардың құрамына басқару блогы кіруі мүмкін. Оның ең қарапайым функциясы – бекітпенің шашыратқышын өшіру немесе қосу. Команда ол үшін сырттату мүмкін (қашықтықтан бекітпелік құрылғыларды басқару) немесе ол автоматты түрде дыбыс сигналы бойынша жұмыс істеуі мүмкін (акустикалық бастағыш нұсқасы бойынша). Мұндай басқару блогы жасрынуды арттырады, қорек көзіне келетін энергияны қорын сақтайды.

Бекітпелі құрылғылардың қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыздандырудың, екі түрлі тәсілі бар [9].

Олардың біреуі баратаяның тоқ көзі немесе аккумулятормен байланысты. Мұндай бекітпелік құрылғыларды автаномды деп атайды. Энергожеліге қосудың басқа да түрі бар мысалға: электронды және телефондық. Бұл жағдайда ақпараттың ұрлану арнаның функциялануы ұзақ уақытқа жұмыс істейтіндей жағдай жасалынатыны белгілі.

Күшейткіштің шығысынан шығатын күшейтілген және түрленген сигнал, шашырату генераторы болып табылатын, соңғы модульдың кірісіне түседі.

Қауіп сценариінің классификациясы шашыратудың және ақпарат жіберу арналарының физикалық табиғатын көрсетеді.

Егер жіберу арнасын сым деп алсақ, онда, модуль электрлік толқындардың күшейткіші немесе генератор болуы тиіс. Ақпаратты жіберу сол сым арқылы жүзеге асады. Ол электр желісі немесе телефон желілері арқылы. Мұндай бекітпелік құрылғылар сымдық деп аталады.

Егер дауыстық ақпарат ағыны сымсыз болатын болса, онда модуль жоғарғы жиілікті толқындар генераторы болып табылады. Олар: радиотолқындар немесе оптикалық (инфрақызыл) жиілік диапазондарының толқындары болуы мүмкін.

Радиотолқындарды қолданатын активті бекітпелі құрылғыларды - радиобекітпе деп атайды (басқаша атауы – радиомикрофон немесе “жучок”)

Оптикалық жиілік диапазондарында қолданатын активті бекітпе түрі - оптоэлектронды бекітпе деп аталады.

1.4.2 Пассивті бекітпелік құрылғылар (В)

Бұл құрылғылар энергияны өздері бөлмейді, тиісінше, жоғарғы энергетикалық жасырындылыққа ие. Мысалға: терезе әйнектерінің микровибрациясын лазерлік қадағалау жүйесі, мекемеге кіргізілген оптикалық шағылысқыш қайтарғыштардың микровибрациясының лазерлі жүйесінің қадағалағышы. Пассивті радиотехникалық құрылғыларын қолданылған жағдайлар белгілі.

Электромагниттік ағынның әртүрлі жиілік диапазондарында жұмыс істегеніне қарамастан, олардағы бақылау мекемелері бірдей. Нысан аймағынан басқа жерде орналасқан, өшірілген бақылау пункты (БП) жағынан жеткілікті қуатты оптикалық немесе микротолқын сәулелері бағытталады. Бекітпелік құрылғыға жеткен соң толқын өрісі одан және басқа да заттардан шағылысып, ақырындап бақылау пунктіне қайта оралады.

Бекітпелік құрылғылардың жасырындылығы қымбатқа түсетінін айта кету керек. Жалпы айтқанда, бұл - үлкен қаражатты талап ететін профессионалды қауіп болып саналады. Бұл жүйелерге белгілі шектелген түбегейлі мінездер тән. Атмосфераның түссіздігі, жақсы көрініс қажетті болып табылады. Бақылау орнын таңдау кезінде шектелген (геометриялық оптикалар) сезілуі мүмкін.

Осы көп кемшілікке байланысты сым типті пассивты бекітпелік құрылғылар бос қалып отыр. Дауыстық ақпарат жіберу үшін телефондық немесе электрлі сым қолданылалды [10].

1.4.3 Тыңшылық құралдардың түрлері

Жаңа технологиялардың енуімен дамуына байланысты тыңшылық тыңдау құрылғылары ақпарат алуға құзырлы әрбір қарапайым азаматқа қол жетімді бола бастады. Тыңдау құрылғыларының кәзіргі кезде түрлері өте көп. Енді олардың ақпаратты ұстап алып, қабылдауына қарай жұмыс істеу принциптерімен танысамыз:

Ең көп тараған түрлерін жіктесек:

- 1) акустикалық;
- 2) инфрақызыл;
- 3) вибрациялы;
- 4) телефондық;
- 5) лазерлі;
- 6) желілік.

Акустикалық. Егерде сізге өзіңізге керекті әңгімелерді тыңдайтын жерге бару керек болса онда бұл құрылғы сіз үшін. Өйткені бұл құрылғымен тыңдалатын аймақтың маңында болу керек. Құрылғы 3 негізгі бөліктен тұрады: микроаон, радиожібергіш, көрек көзі. Тұзаққа түскен әңгімелер, шарт бойынша FM-диапазонда таратылады. Оның үлкендігі кішігірім болғандықтан, қамту аймағы кішігірім. Сол себепті тыңдалатын аймақтың маңында болуыңыз керек. Бұл құрылғының кемшілігі осында. Бірақ артықшылығы өте көп. Біріншіден, бағасы қол жетімді. Екіншіден, құрылғы түсінікті, және жұмыс істеу принципі қарапайым. Үшіншіден, бұл безендірілген жасырын құрылғы (қаламсап, тұтандырғыш, компьютерлік тышқан түрінде болуы мүмкін), яғни бұл құрылғыны жасыру оңайға түседі.

Инфрақызыл тыңдағыш құралдар. Бұл құрылғының жұмыс істеу принципі, тыңдалатын жердегі терезелердің сойлесулермен, дауыстардың әсерінен болатын фикцияланған вибрациялардың негізінде. Құрылғы терезенің әйнектеріне инфрақызыл сәулелер жібереді. Сәулелердің жартысы әйнекке шағылысып, өте сезімтал ИК-қабылдағыш қалыптастырады. Ол өз кезегінде инфрақызыл спектрдегі толқын тербелістерін тоқ тербелістеріне ауыстырады. Дауыстық тербеліске түрлендіретін динамик арқылы тоқ өтеді. Инфрақызыл тыңдағыш құрылғылар бағытталған принциппен жұмыс істейді. Ол әйнектегі тербелістерді бірнеше жүздеген метрден ұстауға мүмкіндік береді. Бұл құрылғының кемшілігі: жолдағы бөгеттермен, жұмыс істеу принципінің күрделілігі болып табылады. Артықшылықтарына: алыс қашықтықтан жұмыс істеу, мекемеге кірмей-ақ тыңдауға мүмкіндік беруі болып табылады.

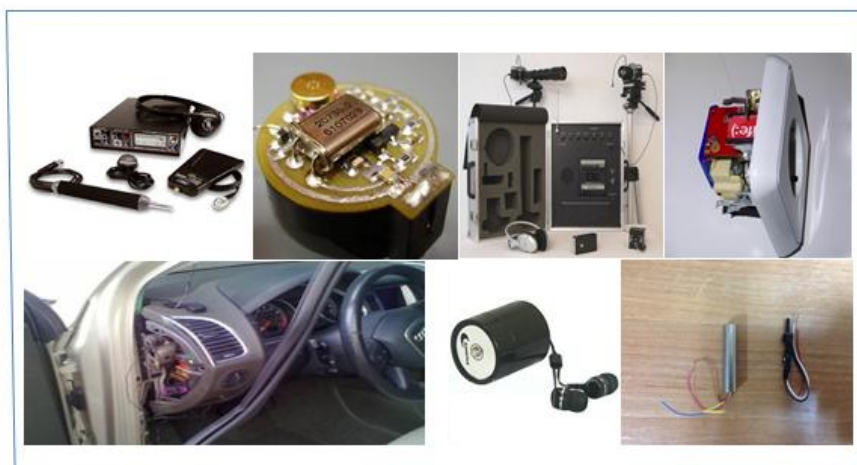
Вибрациялы тыңдағыш құрылғы. Құрылғы мекемелерді тыңдауға арналған. Дұрыс атауы “радиостетоскоп”. Жұмыс істеу принципі өте

қарапайым. Ол дыбыстың вибрациясын қайта дыбысқа айналдырады. Вибрацияны қабырғадан алуға болады, егер қабырға қалыңдығы бір метрден аспаған жағдайда. Құрылғы артықшылығы мінсіз білінеді. Олар: жұмыс істеу қарапайымдылығы, тыңдалатын жерге кірудің қажет етпеулігі. Басты кемшілігі: құрылғыны сатып алу қиындыққа түседі.

Телефондық тыңдауыш құралдар. Телефонды тыңдағыш құралдар сауда нарғында ең бірінші болып пайда болды. Олар екі артықшылығына байланысты тез тарала бастады. Ол құрылғымен мекемені, кеңсені тыңдау мүмкіндігімен қатар, телефонды тыңдауға болады. Көбінесе ол телефонның тұтқасына жасырылынады. Ешқандай кедергі және бөгде дыбыстар болмайды. Егерде сізге ұялы телефонды тыңдау керек болса, онда, бұл құрылғы сізге еш көмектесе алмайды [7,8].

Лазерлі тыңдау құрылғысы. Бұл құрылғылар жиынтығы өте қымбат болып табылады. Жұмыс істеу принципі лазер сәулелерінің терезе әйнектеріне шағылысуы арқылы жұмыс істейді. Терезе әйнектерінде дыбыс әсерінен пайда болатын вибрациядан ақпарат алынады. Басты қиыншылық болып тыңдалатын жердегі әйнекке арнайы түссіз сұйықтық жағу болып табылады. Соның нәтижесінде лазерлік сәуле толықтай шағылысуына мүмкіндік береді.

Желілік тыңдағыш құрылғы. Қабырғаға құлағыңызды төсеп, көрші бөлмеде не болып жатқанын естуге болатынын кез-келген адам біледі. Дәл осы білімді желілік тыңдауыш құрылғының жасаушылары қолданды. Бұл кез-келген желіге байланысты жерге орнатуға болатын, қарапайым радио бекітпе. Яғни: желілік фильтрлер, розеткалар сияқты тағы да басқа. Берілген құрылғы қаншалықты қажет болса, соншалықты жұмыс істеуге дайын. Ақпараттар радиоарна бойынша жіберіледі. Оны сезімтал радиоқабылдағыштар қабылдайды. Радиожучоктар, радиобекітпелерден өзгешелігі, бұл құрылғыда антенна болмайды. Антенна орнына күштік кабель қолданылады.



1.5-сурет – Тыңшылық құралдарының түрлері

2 Радиобекітпелік құрылғылар

2.1 Бекітпелік құрылғылардың жіктелуі

Орналасуына, ақпаратты ұстау құралына байланысты тұрақты, мобильді, тасымалы (портативті) және салынбалы деп бөлінеді. Ақпаратты ұстайтын тұрақты құралдар, ереже бойынша, шетелдік елшіліктердің және өкілдіктердің ғимараттарына орналастырылады. Мобильді құрылғыларға жататындар - жеңіл көліктерде, сондай-ақ көлікті және темір жол контейнерлерінде және транзиттік тасымалдауларда орнатылатын құрылғылар жатады. Тасымалы (портативті) құрылғылар агентурамен жабдықталады.

Ақпаратты ұстайтын салынбалы құралдар деп, барлау объектісі ішіндегі немесе оған жақын жерде жасырын орнатылған құралдарды атайды. Барлау жасалатын объектіге жақын жерде жасырын орналасқан ақпаратты ұстайтын аппаратуралар техникалық барлаудың автоматты құрылғысы (ТБАҚ) деп аталады. Техникалық барлаудың автоматты құрылғысының қысқаша сипаттамасы. "Объекті ішіне жасырын орнатылған құрылғылар салынбалы құрылғы немесе жай салынбалы деп аталады" бөлімінде көрсетілген.

Тыңдау салынбалы құрылғылары, зерттеу объектісі ретінде, өте көп және алуан түрлі. Бұл объектілерді жіктеу - зерттеуді ары қарай жүргізу үшін қажетті, салынбалы құрылғыларды жіктеуге мүмкіндік жасайды.

Жіктеу - көптеген объектілерді жіктеу белгілеріне және орнатылған ережелеріне сәйкес топтар қатарына бөлу процесі.

Жіктелу белгісі - қарастырылып жатқан объектіні қандайда бір қатынасқа толық немесе ішінара сәйкестендіруге мүмкіндік тудыратын қасиет немесе қасиеттің сипаттамасы, яғни объектілердің ұқсастығын немесе айырмашылығын анықтау және оны анықталған топқа жатқызу.

Алайда, жіктеу жасалатын қасиеттерді (немесе жіктеу белгілерін) анықтамас бұрын, қолданылып жүрген жіктеу жүйесін анықтау қажет.

Бекітпелік құрылғылардың түрлерінің сан алуандығын, олардың жұмыс істеу принципіндегі айырмашылығын, дайындалу технологиясын ескере отырып, жіктеудің фасетті жүйесін қолданған орынды. Жіктеудің фасетті жүйесі деп, көптеген объектілердің жіктелуі кезінде жіктеу белгілері мәндерінің әртүрлі үйлесімдігі бойынша тәуелсіз топталуды тудырғанын атайды.

Негізгі жіктелу белгілері көптеген фасеттерді туындатады, олардың әрқайсысы өз кезегінде бірнеше фокустардан (белгі мәндерінен) тұрады. Салынбалы құрылғыларды әртүрлі белгілері бойынша жіктеуге болады. Жасырын тыңдау салынбалы құрылғыларының сан алуандығын көрсететін және оларды толық сипаттайтын, олардың негізгілерін ажыратып алайық.

Бекітпелік құрылғылармен ұсталатын ақпараттардың түріне байланысты, салынбалы құрылғыларды акустикалық, телефонды және аппаратты салынбалылар, сондай-ақ салынбалы видео жүйелер деп бөлуге болады.

Алдында айтылғандай, акустикалық салынбалы құрылғылар акустикалық (сөз) ақпаратты ұстауға арналған және радио арна бойынша ақпаратты тарататын салынбалы акустикалық құрылғылар кең қолданылады.

Олардан басқа, телефон линиясының байланысы бойынша берілетін ақпаратты ұстауға арналған радио арна арқылы телефондық салынбалы құрылғылар ақпаратты бере алады. Телефондық және акустикалық салынбалы құрылғылармен қоса, аралас салынбалы құрылғылар да қолданылады, олар телефондық әңгіме кезінде ақпаратты ұстап алып отырады, ал әңгіме соңында - акустикалық ақпаратты ұстауға автоматты түрде қосылады.

Аппаратты салынбалы құрылғылар деп, әдетте техникалық құралға рұқсатсыз және жасырын орнатылған электрондық құрылғыны атайды, ол ақпаратты жіберіп және өңдеп отыру үшін арналған, ақпараттың бүтіндігін немесе тұйықталуының бұзылуын, басқа жаққа берілу уақытын дер кезінде анықтауын қамтамасыз етеді. Аппаратты салынбалы құрылғылар көмегімен алынған ақпарат белгі бойынша арнайы құрылғыға беріліп отырады. Бұл белгі автокөлік, ұшақ немесе арнайы байланыс серігі арқылы жердегі орталық арқылы беріле алады. Белгі бойынша берілген ақпарат, ереже бойынша, жылдам әрекет жасайтын аппаратура көмегімен беріледі. Ұсталған ақпаратты өңдеу орталығында ақпарат қалпына келтіріліп, талданады. Аппаратты салынбалы құрылғылар ЭЕМ-да қолданылатын стандартты үлгілерден жинақталады, шамалы өзгертіліп, кіру және шығу ақпараты алынатындай етіп (мысалы ЭЕМ монитормының экранына шығатындай) орнатылады.

Акустикалық, телефондық және аппаратты салынбалы құрылғылардан басқа, ақпаратты рұқсатсыз алу үшін портативті жасырын орнатылған бейне жазба құрылғылары да қолданылады. Теледидар камерасы арқылы бейне суреттер немесе бейне магнитофонына жазылады, немесе радио арна бойынша арнайы бейне таратқыш көмегімен жіберіледі. Берілетін белгінің жиілігін қысқарту мақсатында, әдетте тек бір жақтық таспа берілетін бейне белгісін бергіштің жиілігінің амплитудалы модуляциясын қолданады.

Акустикалық салынбалы құрылғыларды орындалу түріне, орнатылу орнына, қорек көзіне, ақпаратты беру әдісіне және ақпаратты кодтауына, басқару әдісіне және тағы басқасына қарай жіктеуге болады. Мүмкін болатын жіктеулер 2.1-кестесінде көрсетілген [11].

Кесте 2.1 – Акустикалық жасырын тыңдау салынбалы құрылғыларының жіктелуі.

Жіктелу белгісінің атауы	Жіктеу белгісінің мәні
Дайындау технологиясы	- дискретті; - интегралды; - гибриді және т.б.
Күрделілік дәрежесі	- қарапайым; - күрделі.

Пайдаланушы түрі (тапсырыс беруші)	- әуесқойлық(жартылай кәсіби); - кәсіби (арнайы).
Орнатылу орны	- бөлме интерьерінде, жиһазда, күнделікті қолданыстағы заттарда; - ғимарат құрастырылымында; - электр желісінде, электр құралдар мен радио құралдарында; - телефон аппараттарында, КТҚЖ, қосылыс желілерінде.
Қорек көзінің түрі	- автономды; - электр желісі; - телефон желісі; - радио сәулеленудің сыртқы көздері.
Ақпаратты ұстау әдістері	- радио арнасы бойынша; - салынған желілер бойынша; - ғимаратта (бөлмеде) бар қосылысты линиялар бойынша; - электр желісі бойынша; - телефондық желілер бойынша және КТҚЖ-тің қосылысты желілері бойынша; - құбырлар бойынша, ғимараттың құрастырылым элементтері бойынша және т.б.; - жіберілуісіз ақпараттың жиналуы.
Құрастырылымдық орындалуы	- камуфляжды; - кәдімгі (жеке үлгілері).
Дыбыс бергіш қосуын басқару әдісі	- басқарылмайтын; - VOX типтес жүйесі бар (акустоматы бар); - қашықтан басқарылатын; - бағдарлама бойынша (берілген алгоритм бойынша).
Пайдаланылатын құрылғы түрі	- микрофонды; - діріл жанаспалы.
Берілетін белгінің үлгісінің түрі	- ұқсас; - импульсті; - сандық; - күрделі (аралас).
Ақпараттың берілу алыстығы	- локалды; - шектелмеген.

2.1-кестесіндегі жіктеу белгілерінің жеке мәндеріне қысқаша түсініктеме беру қажет. Күрделілік дәрежесіне байланысты салынбалы құрылғыларды қарапайым және күрделі деп бөлуге болады.

Жасырын тыңдайдың салынбалы құрылғыларының күрделілігі орындалған қызметіне, қашықтан басқару блогына, берілген ақпаратты жабу бойынша техникалық шешімдерді қолдануына қарай анықталады. Сондай-ақ, құрылғының күрделілігіне - ақпараттың берілу әдісі, құрастырылымдық орындалуы және дайындалу технологиясы да әсер етеді.

Тұтынушыға ақпаратты беру әдісіне келетін болсақ, онда жасырын тыңдау салынбалы құрылғылары ғимаратта (бөлмеде) бар желілерді қолдану арқылы ақпаратты физикалық желілер бойынша бере алады: электр желісінің өткізгіші, телефондық желілер, өрт және күзет дабылдағышы, құбырлар,

ғимараттың металл құрастырулары және т.б., немесе объектіге арнайы салынған желілер арқылы. Бұдан басқа, салынбалы құрылғылар ақпаратты радио арнасы бойынша бере алады, сондай-ақ ИК-диапазонында. Сонымен қатар, ақпараттың қарапайым жиналуы да болуы мүмкін (магнитофон, диктофон).

Кейінгі уақыттарға дейін салынбалы құрылғылардың әсер ету алыстығы бірнеше қала кварталымен ғана шектелетін. Қазіргі кезде жасырын тыңдаудың салынбалы құрылғыларының әсер ету радиусы шексіз, олар жалпы қолданыстағы телефон желісі арқылы немесе байланыстың ғаламдық желісі арқылы тұтынушыға ақпаратты мемлекет сыртына, тіпті басқа континентке де бере алады. Жасырын тыңдаудың салынбалы құрылғыларының топшасы ретінде радио салынбалы құрылғылары радио арнаның ақпаратты беру ортасы ретінде қолданылады да, 2.2-кестесінде көрсетілген бірқатар ерекшеліктерге ие. Бұл ерекшеліктер, ең алдымен, сәулеленетін белгінің (жиілік диапазоны, белгі қуаты, белгі беруге қажетті қолданылатын түрі, белгіні модуляциялау әдісі) сипаттамасымен байланысты, бұлардың әрқайсысы жіктеу белгісі ретінде есептеледі.

Радиобекітпелік құрылғылар құрылымы бойынша бергіш жұмысының режиміне қарай ажыратылады. Салынбалы құрылғылар ақпаратты үздіксіз беріп отыра алады, немесе ақпаратты жинақтап, сосын нақты бір уақытты ақпаратты бақылау пунктіне лезде жібере алады, яғни ақпаратты өте жылдам режиммен бере алады. сондай-ақ берілген алгоритм бойынша жұмыс істеуі мүмкін, мысалы, ақпаратты күндізгі уақытта жинап, ал кешкі уақытта ақпаратты беру және т.б. Ақпаратты беру кезінде радио салынбалы құрылғылар белгінің кез-келген түрін қолдана алады: аналогтық (АМ, ЖМ, ФМ, БЖМ), импульстік (АИМ, ЕИМ, ФИМ, ЖИМ) немесе сандық. Бұдан оны жүзеге асырудың күрделілігі де байланысты болады. Радио салынбалы құрылғылар жұмыс істеп тұрғанда берілетін ақпарат ашық түрде болуы мүмкін (бұл кезде оңай модульденеді және қалпына келеді) немесе шифрлеу және кодтаудың арнайы процедурасы болатын, жабық түрде болады, алайда бұл салынбалы құрылғының құрылымын күрделендіреді [12].

Кесте 2.2 – Радиобекітпелік құрылғыларының жіктелуі

Жіктеу белгісінің атауы	Жіктеу белгілерінің мәні
Толқын ұзындығының қолданылатын диапазоны	- LF (НЧ)-диапазон (километрлік толқындар); - MF (СЧ)-диапазон (гектометрлік толқындар); - HF (ВЧ)-диапазон (декаметрлік толқындар); - VHF (ОВЧ)-диапазон (метрлік толқындар); - UHF (УВЧ)-диапазон (дециметрлік толқындар); - SHF (GHz)-ГГц, диапазон (сантиметрлік толқындар).
Сәулелену қуаты	- Аз қуатты (10 мВт-қа дейін); - Орташа қуатты (10-нан 100 мВт-қа дейін); - Үлкен қуатты (100 мВт-тан артық).

Белгіні беру үшін қолданылатын түрі	- Қарапайым белгілер (AM, NFM, WFM); - Импульсті белгілер (ВИМ, ФИМ, ШИМ); - Сандық белгілер (дельта-модуляция); - Күрделі белгілер (модуляциясы псевдо-кездейсоқ фазалы шу тектес (М-тізбектік, Рид-Мюллер коды және т.б.), жиіліктің псевдо-кездейсоқ қайта құрылуы және т.б.).
Белгінің модуляциялану әдісі	- Жиіліктің тікелей модуляциясы; - Аралық жиіліктің модуляциясы (екі қайтара модуляциясымен).
Жиіліктің тұрақтануы	- Тұрақтанбаған; - Жиіліктің схема-техникалық тұрақтануы; - Жиіліктің кварцтық тұрақтануы.
Бергіштің жұмыс істеу режимі	- Үздіксіз жұмыс істеу; - Қысқа уақытша интервалмен жұмыс істеу (жылдам әрекет режимде); - Берілген алгоритммен жұмыс істеу.
Қашықтан басқару	- Қашықтан басқару арқылы; - Қашықтан басқарусыз.
Бергіштің белгісін жасыру	- Жасырусыз; - Әртүрлі радио толқын стансаларының белгісін жасыру; - Радио навигациялық жүйесінің және РЛС белгісі бойынша жасыру.
Берілген ақпаратты жабу	- Жабылусыз; - Аналогтық скремблеу; - Сандық шифрлау; - Модуляцияның күрделі түрлерін қолдану

Бекітпелік құрылғының қоректенуі өзінің қорек көздері (автономды қорек) арқылы немесе сыртқы қорек көздері арқылы жүзеге асады. Сырттан келген энергия физикалық тізбек бойынша немесе ЖЖ-сәулелену әдісімен келеді.

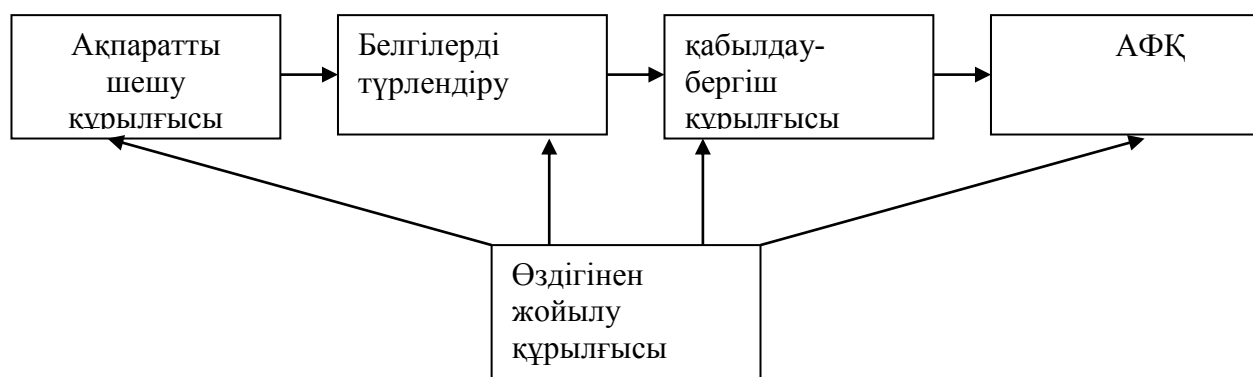
Бекітпелі құрылғылар бақыланатын объектіде ақпаратты акустикалық тербеліс (акустикалық электр түрлендіргіші - микрофон арқылы) ретінде қабылдайды немесе бөлме құрылымының бетіндегі механикалық тербеліс (діріл бергіштер арқылы) ретінде қабылдайды

Радиобекітпелі құрылғылардың белгісінің сәулеленуі кейде жасырылады. Бұл кезде белгінің жасырылуы радио толқынды және теледидарлық стансаларадың жиілігіне жақын жерге радио салынбалы құрылғының жиілігін орналастыру әдісі арқылы жүзеге асады. Немесе радио локаторлы және радио навигацияонды белгілерден аса ажыратылмайтын белгі құрылымы мен жиілік диапазонын таңдау арқылы жүзеге асады.

Қорытындылап келгенде, 2.1 және 2.2-кестелерінде келтірілген кейбір жіктеу белгілерінің мәндері бөлшектеледі де (яғни, бірнеше топшаға бөлінеді), ары қарай неғұрлым терең жіктеуге қажетті жіктеу белгілерінің атауына себін тигізеді.

2.2 Техникалық барлаудың автоматты құрылғыларының құрылымының техникалық ерекшеліктері

Техникалық барлаудың автоматты құрылғылары ақпаратты кабельден шешуін, барлау объектісіне жақын жерде электромагнитті немесе оптикалық белгілердің тіркелуін қамтамасыз етеді, ұсталған белгілерді радио арна бойынша немесе телефон желісі бойынша беруге жалпы қолданысқа ыңғайлы етіп (PSTN, GSM, NMT-450 және т.б.) түрлендіреді де, белгіні алмасу протоқлы мен басқару командасын қабылдауға сәйкес белгінің берілуін жүзеге асырады, сондай-ақ техникалық барлаудың автоматты құрылғысына рұқсатсыз қол салу жағдайы кезінде өздігінен жойылуды қамтамасыз етеді.



2.1-сурет – Техникалық барлаудың автоматты құрылғысының құрамы

Техникалық барлаудың автоматты құрылғысының құрамы сияқты құрылғылар, негізінен, барлау жасалатын объектілерге жақын жерге жасырын орнатылады да, әуеліу қарсылықта радио электронды құралдарын, нысанаға көздеу мақсатын, жұмысшы жиіліктердің диапазоны туралы ақпаратты тіркеуді, белгі құрылымын және басқа да радио электронды құралдардың сипаттамасын тіркеуді қамтамасыз етеді. Осылай алынған барлық ақпарат жинағышта шоғырланады да, ал одан автоматты түрде немесе тапсырма бойынша ұшаққа немесе жердегі стансаларға (мысалы, ТБАҚ, "Луч", "Электрон" және басқаларына) беріледі.

Техникалық барлаудың автоматты құрылғысының басқа түрі магистралді кабельдерден ақпаратты ұстауға қолданылады. Бұл жағдайда, техникалық барлаудың автоматты құрылғысы (мысалы, ТБАҚ, "Камбала", "Крот" және т.б.) ақпаратты шешудің гальваникалық немесе индуктивті құрылғысынан, тізбекті сұрау блогынан, белгіні түрлендіру блогынан, бергіш-қабылдағыштан, сейсмика-акустикалық құрылғылар мен жарылғыш зарядтардан жасалған - өздігінен жойылу құрылғысынан тұрады.

Ақпаратты кабельден гальваникалық әдісімен шешу кезінде техникалық барлаудың автоматты құрылғысының кабельмен гальваникалық байланысы қамтамасыз етіледі.

Техникалық барлаудың автоматты құрылғысын кабельге индуктивті әдіспен қосу - ақпаратты беру кезінде кабельдің айналасында магнит өрісі туады да, ол кабель жанынадағы индуктивті катушкамен ұсталады.

Ақпаратты гальваникалық әдіспен шешу құрылғысы байланыстың кабельді желісінің өзгеріссіз өлшемдері мен кабель тізбегінің симметриясын бұзбай кең диапазонда ақпаратты шешу мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Тізбекті сұрау блогы команда бойынша барлау пунктiнен немесе автоматты түрде тізбек сұрауын тудырады. 0,05...0,1 сек арасында тізбек сұрау блогы қайсы тізбекте әңгіме жүріп жатқанын анықтайды да, олардың 2-3-ін бір уақытта белгіні түрлендіру блогына қоса алады. Егерде командалық режим қолданылса, онда коммутация радио белгі бойынша электронды тыңдау пунктiнен шығады. Белгілерді түрлендіру блоктарына белгілер радио арқылы беруге ыңғайлы болып түрленеді. Өңделіп шыққан белгілер радио бергіш құрылғылар арқылы толқындарының ұзындығы дециметрлік, сантиметрлік немесе миллиметрлік диапазонда беріледі.

Бергіш антеннамен қоса кабель үстіне тікелей орнатылады немесе одан 20 метр қашықтыққа шығарылады. Бергіш блогы астына жарылғыш құрылғы орнатылады. Бергіш антеннамен қоса жердің бетіне орналастырылады да, жергілікті заттармен, мысалы, таспен, ағаштармен және т.б. жасырылады.

Техникалық барлаудың автоматты құрылғысын кабельден шешіп алып тастауды болдырмас үшін оның құрамына өздігінен жойылу жүйесі кіреді. Бұл жүйе, жоғарыда айтылғандай, сейсмика акустикалық құрылғылардан (барлау-белгі аппаратурасындағыға ұқсас) және жарылғыш құрылғыдан тұрады. Екі - үш сейсмика акустикалық құрылғылар күзет дабылдағышы қызметін атқарады. Техникалық барлаудың автоматты құрылғысының барлық элементтері жерге 1-1,5 метр тереңдікке көміліп тасталады.

Техникалық барлаудың автоматты құрылғысын жерден алып шығу үшін, әдетте жер жұмыстары жүргізіледі. Топырақты ашу шамасына қарай жер қазу құралдарынан шығатын шу мен діріл деңгейі өсе бастайды. Егерде сейсмика акустикалық құрылғының деңгейі жоғарыласа, онда жарылыс болады. Басқа жолы - бұл шудың шектеуші деңгейінің белгісі алынған белгіден артық болады да, ақпарат эфирге шығады. Егерде агент бұл белгіні алған соң, техникалық барлаудың автоматты құрылғысына рұқсатсыз қол салынғанын білсе, онда агенттің командасы бойынша жарылғыш құрылғыда заряд жарылады.

Техникалық барлаудың автоматты құрылғысы мен қоректену блогының беріктігінің үлкен мәні бар. Сондықтан, тізбек сұрау блогы, белгінің түрлену блогы мен бергіш-қабылдағыштар микросхемалармен (жоғары беріктілік, қуатты аз тұтынуы мен көлемінің аздығы) орындалады. Аккумуляторлы батареяның сыйымдылығы бір жыл бойы үздіксіз жұмыс істеуді қамтамасыз етуі керек.

Техникалық барлаудың автоматты құрылғыларының жұмысы мен құрылымдық ерекшеліктерін талдай отырып, сондай-ақ шетелдік баспалардың ашық материалдарына қарай, ақпаратты ұстайтын осы құрылғыларды ары қарай дамыту дұрыс деген тұжырымдама жасауға болады.

Техникалық барлаудың автоматты құрылғысын дамытуыдың негізгі тенденциялары келесідей деуге болады:

- а) жиналған ақпаратты берудің жасырындығын жоғарылату (жалпы қолданыстағы желі, радио арна арқылы);
- б) қашықтан басқару жүйесінің дамуы мен жетілуі;
- в) аппаратураның өлшемдерін әлі де кішірейту, оны минитюрзациялау;
- г) техникалық барлаудың автоматты құрылғысын орнату орнына дейін қашықтан басқару арқылы жеткізу құралдарын жасау;
- д) бір құрылғыда ақпаратты шешудің әртүрлі құрылғыларының аралас болуы - ақпаратты шешу бойынша мүмкіндіктерін кеңейту (мысалы, кабельмен бірге белгі + радио белгілер + оптикалық құрылғылар).

2.3 Радиобекітпелік құрылғылардың құрылымының ерекшеліктері және олардың сипаттамалары

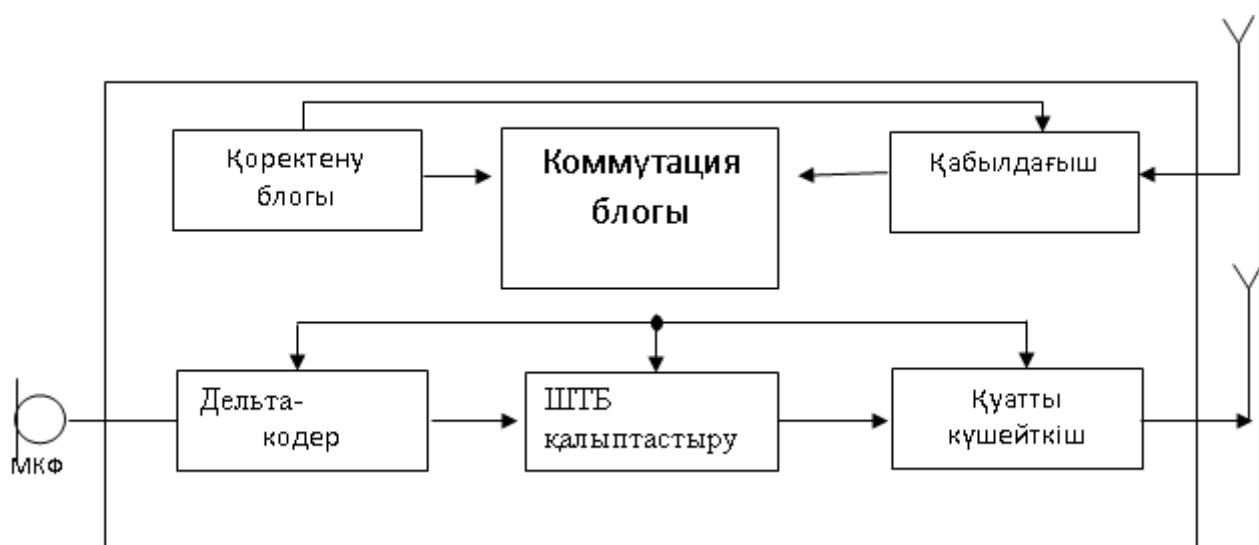
Акустикалық радио салынбалы құрылғылар шамалы радио электронды құрылғы сияқты, ол барлау объектісінен рұқсатсыз акустикалық ақпаратты алып, нақты уақыт масштабында тұтынушыға радио арна бойынша беруге арналған құрылғы. Осы анықтамадан, радио салынбалы құрылғыны байланыс аппаратурасының ерекше түрі ретінде қарастыруға болады. Егерде радио салынбалы құрылғыны байланыс аппаратурасына жатқызса, онда радио салынбалы құрылғы бірнеше ерекшеліктерден тұрады. Бұл ерекшеліктер санына, ереже бойынша:

- кішігірімдігін;
- берілетін белгінің аз қуаттылығы, соның салдарынан әрекеттің шектеулі алыстығын;
- ақпарат көзінен тұтынушыға бір жақты (симплексті) жұмыс істеу режимін;
- қолданылатын белгі түрінің тұрақтылығын;
- арнасының аздығын (ақпаратты беру, әдетте бір арна бойынша ақпарат көзінен беріледі, алайда соңғы кездері екі немесе одан көп ақпарат көздерінен бір уақытта ақпаратты жіберетін радио салынбалы құрылғылар пайда бола бастады);
- байланысқа кіру протоколы мен ақпаратты беруінің қарапайымдығын;
- бір жиілікте, кей кездері ғана екі жиілікте жұмыс істеуін, бірақ бұл жағдайда да жиіліктер жақын орналасуы (айырмашылығы 10 мГц-тен аспайды);
- құрылымдық жасырылуының (камуфляжының) болуын жатқызады.

Радио салынбалы құрылғылары байланыс аппаратураларымен салыстырғанда қарапайым құрылғы болып саналады, және соған сәйкес атқаратын қызметі де біршама шектеулі. Осыған байланысты, радио салынбалы құрылғыларында бергіш-қабылдау байланыс аппаратураларына тән қызметтік

блоктары (белгіні қалыптастыру трактісі мен антенна құрылғысын сәйкестендіретін жиілік синтезаторы, автоматика жүйесі және т.б.) болмайды.

Заманауи радио салынбалы құрылғыларды жасаушыларға бір қатар талаптар қойылады, олардың негізгілері: беріктік, жұмыстың жасырындығының жоғарылығы, беру арнасының кедергіден қорғанысының қамтамасыз етілуі, беру ақпараттарында белгінің сәулеленуінің болмауы. Неғұрлым талаптарға сай келетіні - ақпаратты беруге арналған шу тектес белгілері қолданылатын радио салынбалы құрылғылар. Шу тектес белгісі бар радио салынбалы құрылғылардың құрылымдық схемасы 2.1- суретінде келтірілген.

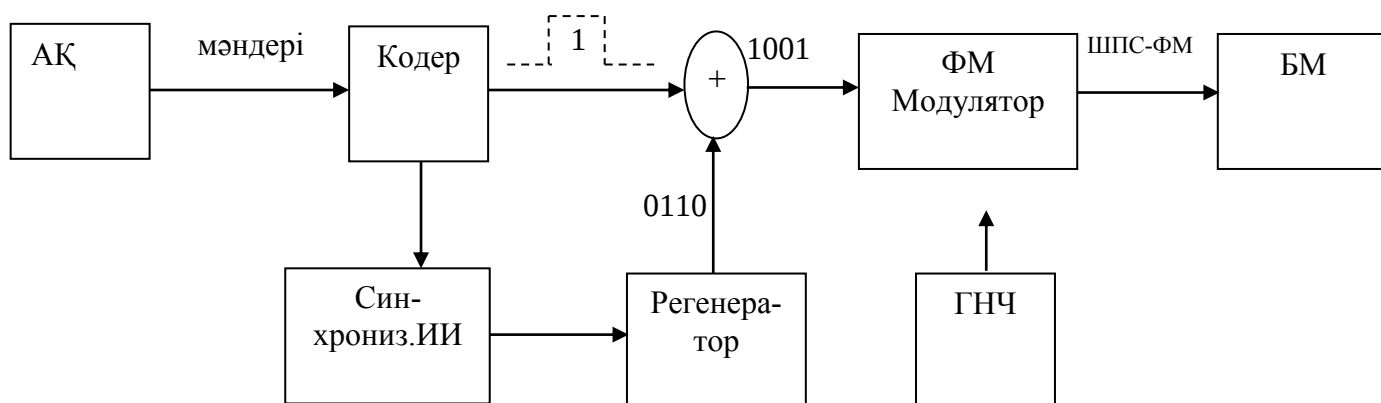


2.2-сурет – Ақпаратты беруге арналған шу тектес белгісі бар радио салынбалы құрылғының құрылымдық схемасы

Радио салынбалы құрылғылардың белгілі түрлерін талдау оларда әртүрлі белгілердің қолданылуына қарай, бірнеше топқа жинауына мүмкіндік жасайды, - ФМ-ЖҚР түрінің шу тектес белгісін пайдалануатын радио салынбалы құрылғы РБҚ тобы, ЖМ - ЖҚР түрінің шу тектес белгісін пайдалануатын радио салынбалы құрылғы РБҚ тобы, және басқа да күрделі белгілерді қолданатын радио салынбалы құрылғы РБҚ тобы.

Шу тектес белгісін қолданатын радио салынбалы құрылғылардың көбі спектрді кеңейту үшін псевдо-кездейсоқ тербеліс тізбегінің модуляциясын қолданады. ЖҚР ретінде көбінесе ұзындығы 150-200 екі қайтара белгісі бар М-тізбегі қолданылады

Радио салынбалы құрылғылардың ШТБ-ФМ белгісін қалыптастыруға арналған ең кең тараған түрі тура тізбектемелі схемасы (direct-sequence - DS), фазалық манипулятордан бұрын ЖҚР элементтері бар 2 кодталған белгілі үлгі бойынша жүзеге асады. ЖҚР элементтерінің тізбектелу жиілігі кодер шығысындағы беру жылдамдығынан үлкен болады (2.3 - сурет).



2.3-сурет – ШТБ қалыптасуының тура тізбектік схемасы

Радио салынбалы құрылғыларының техникалық сипаттамалары жалпы жағдайда қолданудың нақты шарттары мен белгіні беруге қажет қолданылғантүріне байланысты болады. ШТБ пайдаланылатын радио салынбалы құрылғылардың техникалық сипаттамалары 2.3-кестесінде келтірілген.

2.2 - суретіндегі радио салынбалы құрылғысында ақпарат көзінен (ИИ), АЦП шығысынан, 1 және 0 бірліктерінің тізбектігі кодер кірісіне түседі де, онда $R=1/T$ жылдамдықпен сандық ағынға түрленеді.

Акустикалық бақылау жүйесінде аудио ақпаратты сапалы беру үшін бүгінгі таңда қажетті жылдамдық $R80-100$ кбит/с құрайды. Бұл сандық ағын 2 модуль бойынша қосынды кірісіне түседі. Қосындының екінші кірісіне ПСП фазалық манипулятор кіреді - псевдо-кездейсоқ тізбектік генераторынан белгі береді. Псевдо-кездейсоқ фазасы бойынша манипуляторланған белгінің ұзындығы T болады да, T/N ұзындығы бар «1» және «0» бейне импульстерге ие болады, мұндағы N - *импульстер саны*. Әдетте, ФМ-белгі базасы шамамен импульстер санына тең болады, яғни $B \approx N$. ФМ секторының ені – $F \approx 1/\tau_0$. белгісі.

2.3-кесте – ШТБ-сы бар РСК сипаттамалары

Жеткізуші-Фирма	COFREXPO RT	FUGON	WAID	SIM	SIM	ЭЛЬВИР А
Радио салынбалы құрылғы түрі	COF-335	TSS-500	Unitel-800/850	DSS-2000	PR-9000P	Дельта-ШПС
Диапазоны, МГц	890-980	435(355-500)	806-821/902-928	850-950	400-500	800-1000
ШТБ жағы, МГц	8	8	1,4	20	5	12

2.3-кестенің жалғасы

Модуляция түрі	BPSK	BPSK	BPSK	BPSK	BPSK	BPSK
ЖКР түрі	М-посл.	М-посл.	М-посл.	М-посл.	М-посл.	М-посл.
Өңдеу кезіндегі ұтымы, Дб	10-20	20-25	10	15	15-20	18
Жүйедегі арна саны	1	4 (код бойынша)	8 (жиілік бойынша)	100 (код және жиілік бойынша)	1	1
ДУ болуы	Жоқ	Жоқ	Жоқ	Бар	Бар	Бар
НЧ жағы (микрофон), Гц	40-16000	300-3400	200-6000	200-7000	200-7000	200-5500
Қуаты, МВт	10/100	10/100	100/750	10/20/50 / 100/400 (по ДУ)	100	0,6/6/60 (по ДУ)
Тұтынылатын ток, мА	60/75	-/90	250/600	-	-	150/160/180
Кернеу, В	9/9	-/9	6/6	-	6-10	6
Сыртқы қорек, В	6-10	6-12	Жоқ	6	6-10	6-10
Ішінде орнатылған қорек	Жоқ	Жоқ	4AAA/4AA	Жоқ	Ni-Cd	Жоқ
Жұмыс уақыты, сағ	-	-	3/3	-	-	-
Өлшемі, мм	78x48x11	70x47x10	110x52x14	-	-	110x45x8

Кең таралған ЖМ-белгілерімен салыстырғанда радио салынбалы құрылғыларының ШТБ-ның күрделігін табу модуляция түрімен, құрылымымен және ПСП код түрлендірудің базалық мәнімен B анықталады.

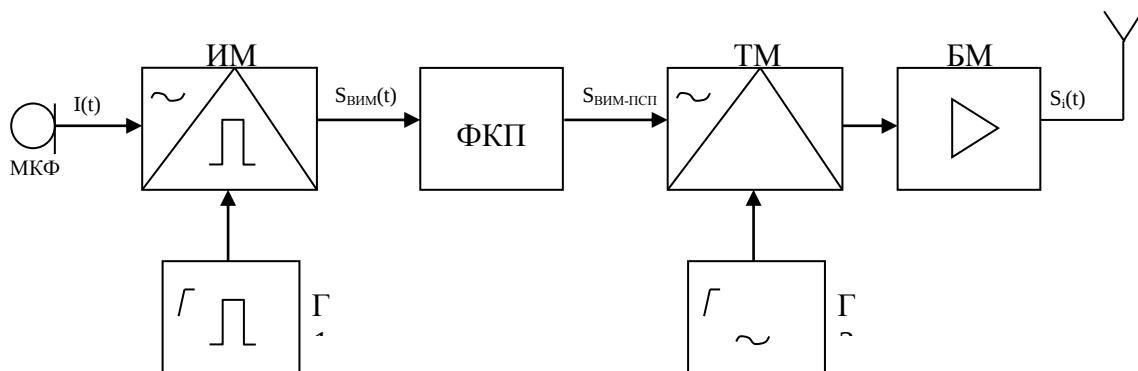
База B мәні 100 болған кезде (қазіргі радио салынбалы құрылғыларда кең тараған) ШТБ бергішіне жақын (10 метрге дейінгі қашықтықта) энергетикалық жасырындық туралы айтудың қажеті жоқ, алайда табу радиусының нақты төмендеуі дәстүрлі WFM радио желілерінен қарағанда шамалы.

Екі фазалық манипуляция кезінде фазаны 180° бұрғанда, радио белгісі түзіледі. ШТБ-ның қуат спектрі спектрдің негізгі жаймасының еніндей түрге енеді. ШТБ спектрінің негізгі жаймасында белгінің барлық қуатының 90% болады. Бұл жайманың ені 3 дБ деңгейінде болып, $1,2F_m$ шамасына сәйкес келеді, бұнда қуаттың 50% болады.

Мысалы, 6 мГц -ке тең ЖКР тактілік жиілігінде, 6мГц жаймасында радио қабылдағыш қуатының 70%-на тең келеді. Белгінің спектрлік тығыздығының қуаты 1 Гц-ке 10 нВт немесе 100 кГц-ке 1 мВт келеді.

Акустикалық бақылау жүйесінің нақты қашықы өлшеу тәжірибесінен алынғандай, байланыс қашықтығын екі еселеу үшін бергіштің белгі қуатын 10-12 дБ-ға ұлғайту қажет, бұл ЖМ модуляциясы кезінде сәулеленген қуаттың шамалы бөлігі 100...200 кГц жиілігіне тең келеді. ШТБ радио бергішті табу радиусы қуаты бірдей ЧМ бергішімен салыстырғанда 3-4 есе төмен болады. SIM, COF-335, ЭЛВИРА типтес радио салынбалы құрылғыда пайдаланылатын ақпаратты протоکلдың құрылымы 2.3-суретінде көрсетілген.

"РСҚ-қабылдағыш" радио бағытында ақпарат хабарламасы бір ақпарат хабарламасымен үздіксіз беріліп отырады. Әр хабарлама басында преамбула (кодталған сөз) болады, оның ұзындығы 400-ден 600 бит-ке дейін, 101010...т.с.с. бір мен нөлден құралады. Преамбуланы жіберу кезінде қабылдағыш тактілі синхронизацияны жүзеге асырады. Осыдан кейін ақпаратты жіберу болады.



2.4-сурет – УИМ-ШТБ бар радио салынбалы құрылғының функционалды схемасы.

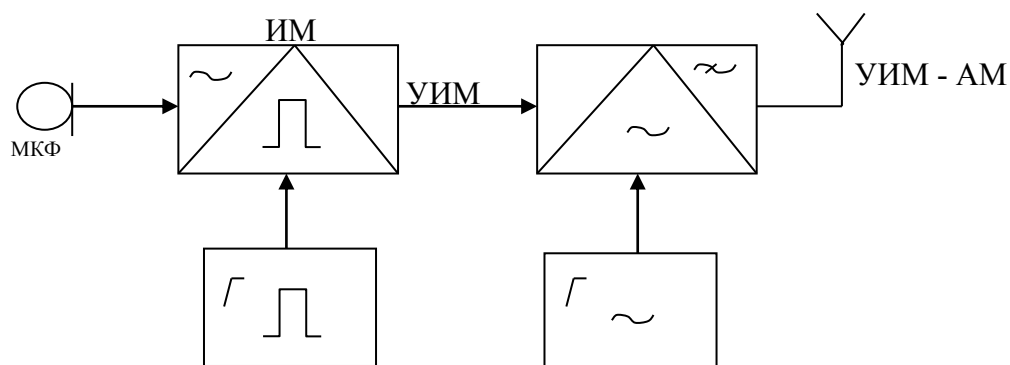
Ары қарай дискретті техника дамуы, сондай-ақ бақыланатын бөлмеден берілетін хабарламаның жасырындығын жоғарылату мен "РСҚ-қабылдағыш" радио желісінің кедергіге тұрақтылығын жоғарылату болады. Бұдан басқа, УИМ-ШТБ дискретті (сандық) техника әдісімен жүзеге асады, бұның да маңызы зор. Радио салынбалы құрылғылардағы УИМ-ШТБ белгісін қалыптастыру схемасы 2.4-суретінде көрсетілген.

УИМ-АМ сәулелену белгісін беретін радио салынбалы құрылғының құрылымдық схемасы 2.5-суретінде көрсетілген. Алайда, белгінің орташа қуаты келесі шамамен анықталады:

$$P_{CP} = (\tau/T_D) = \frac{P_n}{2T_{DF}} = P_n/B \quad (2.1)$$

мұндағы P_n – ең шектік қуат.

$T_d F$ жоғары болған кезде,
 P_{cp} шамасы P_n -нің тек аз бөлігін ғана құрайды.

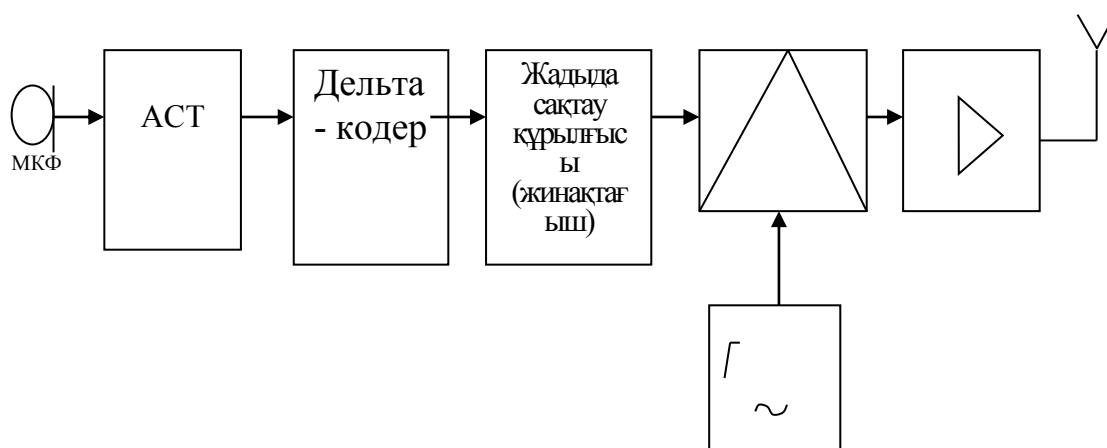


2.5-сурет – УИМ-АМ бар РСҚ құрылғысының функционалдық схемасы.

Энергетикалық және құрылымдық жасырындыққа ие, шу тектес белгілерін қолданатын радио салынбалы құрылғыларына қарағанда, ақпаратты жинақтаушы және беруші радио салынбалы құрылғылар негізінен, уақытша жасырындыққа ие, өйткені оларда ақпаратты беру уақыты аз және оның шамасы - секунд бөлігінен бірнеше минутқа дейін ғана. Осындай жеке құрылғылардың болжамды сипаттамалары 2.4-кестесінде көрсетілген.

Кесте 2.4 – Ақпаратты жинақтаушы және жылдам беруші режимде жұмыс істейтін радио салынбалы құрылғысының сипаттамасы

Сипаттама	РБҚ-1	РБҚ-2	РБҚ-3
Жиілік диапазоны, МГц	300-1000	250-500	300-400
Сәулелену қуаты, Вт	0,2-0,3	0,5	0,2-0,5
Модуляция түрі	Импульстік сандық ағыны (ЧМн.)	Импульстік сандық ағыны (ЧМн.)	Импульстік сандық ағыны (ЧМн.)
НЧ-тракт жолағы, кГц	0,3-6	0,2-5	0,3-6
НЧ бойынша динамикалық диапазоны, Дб	70	74	70
Ақпаратты жинақтаушыға жазу уақыты, сағ	6 сағ.	3-тен 6-сағ дейін 7ден 14сағ дейін	30 сек
Ақпараттың жылдам оқылу уақыты	10 мин	7 мин көп емес 15 мин көп емес	1,5 сек
Әрекеттің қашығы, м	100-200	400-500	300
РСҚ өлшемдері, мм	220x62x18	150x60x18	-
Токтың тұтынылуы	15mA/160мкА	10mA/160мкА	-
Қашықтан басқарудың болуы	Бар	бар	бар



2.6-сурет – Ақпаратты жинақтап және ақпаратты жылдамдатып беру режимінде жұмыс істейтін радио салынбалы құрылғысының құрылымдық схемасы

Жылдамдатылған режимде жұмыс істеп тұрған радио салынбалы құрылғының құрылымдық схемасы 2.6 - суретте келтірілген.

Ақпаратты жинақтап және ақпаратты жылдамдатып беру режимінде жұмыс істейтін радио салынбалы құрылғысы өз құрамында, ереже бойынша, келесілерден тұрады:

- аналогты-сандық түрлендіргіштен (АСТ)
- микрофоннан шыққан белгіні сандық формаға түрлендіреді, келесі барлық ақпарат пен сөзді беру белгісі сандық формада жүзеге асады;

дельта– кодер сөздің белгісін кодтауды жүзеге асырады - сандық формадағы белгіні түрлендіреді, дельта заңы бойынша - артығын қысқарту мақсатында;

ақпаратты жинақтаушы кодталған бейне белгісін оны беруге дейін жадыда сақтайды;

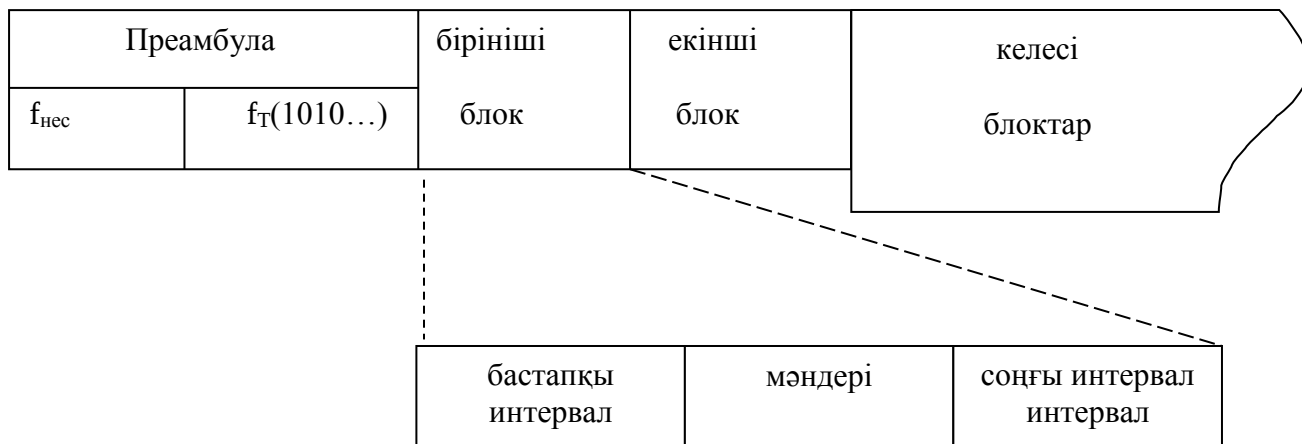
модулятор кодталған бейне белгісінің ақпаратын жиілікке тасымалдау үшін арналған;

қуатты күшейткіш ақпаратты беру кезінде радио белгісін радио желісінің тұрақты жұмысына қажетті деңгейге дейін күшейтеді

Алдынала қойылған бағаларға сәйкес, ақпаратты жинақтаушы және ақпаратты жылдамдатып беру қызметі бар радио салынбалы құрылғыларындағы хабарламалар пакетпен беріледі. Ақпаратты беру протоколының неғұрлым ықтимал құрылымы 2.7-суретінде көрсетілген. Әр ақпараттық пакет басында преамбула беріледі, ол бірнеше миллисекунд ішінде сәулеленуден тұрады да, сосын тактілі жиілікке ауысады (бір мен нөлдің тізбектелуі: 101010...).

Преамбула беру кезінде қабылдағыш хабарлама қабылдау режиміне ауысады да, тактілі синхронизация жүзеге асады.

Пакеттегі ақпарат блоктармен беріледі. Ақпараттық блоктың уақыттық интервалы үш бөліктен тұрады: бастапқы және соңғы интервалдар мен берілетін мәндерден.



2.7-сурет – Ақпаратты протоколдың құрылымы

Хабарламаның екі еселенген элементінің ұзындығы ("0", "1"), беру жылдамдығына байланысты, жуыпен 0,1 мкс-тен 5-6 мкс-ке дейін болады, бұл жүйедегі беру жылдамдығының 200 Кбит-тен 10 Мбит-ке дейін анықтайды. Ақпаратты беру үшін жиіліктік модуляция немесе жиіліктік манипуляцияның әртүрлілігі қолданылады.

3 Радиомикрофонды құрастыру кезеңі және жұмыс барысындағы есептеулер

3.1 Жібергіш және қабылдағыш антенналардың негізгі сипаттамалары

Электромагнитті қолжетімділік (ЭҚ) радиосәулеленумен жиілік диапазоны анықталады, физика-географиялық жағдайдағы трассаның және техникалық құралдың параметрін, жіберілетін және қабылданатын дәрежесін анықтайды. (ЭҚ) дағы практикалық шешімдердің қабылдау аппаратурасына байласынты, алайда көптеген маңызды іздестіру топтамаларының сипаттамалары (радиосәулеленудің көзі бұрыштық координаталардың дәлдікпен табады, радиосәулеленудің қайнар көзі, сезімталдық, бөгеттен қорғағыш, максималды қашықтық (ЭҚ) радиотолқындардың таралу механизімі және антенналардың бағындыра алатын жеріне байланысты.

Қабылдағыш антенна өзіне түсетін бос электромагнитті толқындарды жоғарғы жиілікті тоққа айналдырады, ол фиддер бойынша қабылдағыш-іздегішке бағытталғын. Ол берілген электромагниттік толқындарды электромагниттік қуаттың және өткізгіштердің қызуынан, диэлектрикалық антенналар және қоршаған орта аз шығынмен түрлендіру керек. Әсіресе кіші үшін жоғары ПӘК, ұзын толқынды антенналармен салыстырғанда. Антеннаға қойылатын екінші маңызды талап – іс-әрекет бағыты өріске бағытталумен $f(\beta, \theta)$ болады. Қабылдағыш антенналар берілген бағыттан келетін сигнал бөле алады. Бөгеттен қорғауды қамтамасыз ететін және электромагниттік сәйкестіктен (ЭМС) антенналар шеттегі жапырақтардың кіші деңгейін қамтамасыз етеді. Диаграмманың жіңішке сәулесін құру кезінде антенна өлшемдері, толқынның жұмыстық ұзындығынан бірнеше есе асу керек. Сәулеленудің концентрация дәрежесі бағытталған іс-әрекет концентрациясымен (БІК) анықталады. Ол бағытталмаған антенна $P_{\Sigma 0}$ және берілген антенна P_{Σ} сәулеленудің қуат қатынастарымен анықталады. Бірдей қашықтықта ең жоғарғы сәулеленуді бірдей өріс қысымымен туғызылады.

$$D = P_{\Sigma 0} / P_{\Sigma} \quad r = \text{const}, \quad E_m = E_0 \quad (3.1)$$

Берілген бұрышты ерікті бағыттаумен β, θ аламыз

$$D(\beta, \theta) = D f^2(\beta, \theta) \quad (3.2)$$

Бір уақыттағы жоғалту есебімен және оның бағытталуында күшейту коэффициенті (КК) қолданылады.

$$G = D \eta_a, \quad (3.3)$$

Антенна (ПЭК) белгісі - η_a

Кеңістіктік таңдаудан басқа, қабылдағыш антенналар поляризациянды таңдағыш қасиетке ие, сипатталатын поляризациянды сипаттамалық бағытта, мысалға, өріс фахорасы, ортогоналды компоненттерге тең E_β және E_θ өріс $P(\beta, \theta) = E_\beta(\beta, \theta) / E_\theta(\beta, \theta)$.

Рационалды құрылым, кеңістіктік және поляризациялық фильтрлеуді ескере отырып, антенна фидерлі жүйелердің және олардың үйлесімді бағыттасуы (ЭМК) амалдарын шешуге өз үлесін қосады.

Дамыту кезінде антенналық техника күрделіленді, олардың істелетін функциясы үлкейді. Сымды вибраторлы антенналармен қоса, жылжымалы толқынды, айналы, линзалы антенналар көп таралған. Заманауи радиоэлектроникадағы амалдар шеңберін кеңітіп, және оның қиындатылуы соңғы он жылда антенна теориясымен техникасын және антенналық решеткалардың дамытуына өз үлесін қосты. Соңғы кезде антенналардың, қабылдағыш құрылғылардың және сигналдарды өңдеу жүйелерінің қосылу қарқынды түрде орындалуда.

3.2 Радиоарналардың энергетикалық балансының теңелуі

Радиоарнаның таралуының сипаттамасына қоршаған орта қатты әсер етеді. Бұл әсер ету радиоарнаның (РА) әлсіреуінде, бағытталуымен таралуындағы жылдамдықтың өзгеруіне байланысты, поляризация жазықтығының бұрылысында, берілетін сигналдың кішірейтілуінде. Таралу аймағы болып жер шарының жазықтығы тропосфера, иносфера және ғарыштық кеңістік кіреді. Радиоарналардағы таралу шарты РА(РАТ) көптеген факторлармен анықталады, алайда энергетикалық есептеудетек, маңызды және таралу механизміне ие анықталып кіреді. Қандай орта (РАТ) әсер ететініне байланысты, оларды: түзу, жерлік, тропосфералық және ионосфералық деп топтарға бөледі. Радиобекітпелік құрылғылардағы сигналды табу амалдарында, көбінесе кішкентай қашықтағы түзу толқын таралуы кіреді.

Түзу радиотолқын – бұл РА, түзу сызықты траекториямен жіберушіден алушыға келеді. Егерде, анықтағыш радиоқабылдағыш радиобекітпелік құрылғы орнатылған жерден жақын орналасса, тосқауылдардың, жабу және басқа факторлар есепке алмасақ, таралатын толқынды түзу деп алсақ та болады. Мұндай толықын ретінде: ЖИО және жерлік станция арасында орналасқан РА алсақ болады. Ол әсер ету атмосфераның жіңішке қабатын қараусыз қалған түрде, шексіз және жоғалтусыз болған жағдайда. Идеалданған ортада РА механизмінің таралуы, бос кеңістіктік атаулыда, өріс кернеуінің E азында және қуат ағынының қатаңдығында P , өткен қашықтықтың бірінші және екінші дәрежесіне байланысты

$$E_0 = \sqrt{60P_1G_1\eta_{\phi 1}} / r; \quad \Pi_0 = E_0^2 / 240\pi = P_1G_1\eta_{\phi 1} / 4\pi r^2, \quad (3.4)$$

Бұл жердегі P_1 - жібергіш қуаты, G_1 - жібергіш антенна КК бағытталған антенна, бағытталу диаграммасының (БД), $\eta_{\phi 1}$ - ПӘК жібергіш фиддер.

Бос кеңістіктегі РАТ кезінде негізгі бөлігін РТ түзу арна бойынша, қабылданатын және жіберілетін антенна бойымен таралады. Арна бойынша өшірілуіне байланысты, қоршаған ортаның әртүрлі зоналары қабылданатын сигналдың деңгейіне аз мөлшерде әсер етеді.

Радиотолқындардың әлсіреуіне байланысты таралуын бағалауда әлсіреу көбейткіші (ӘК) W_T , соған орай өріс кернеуінің E қабылдау жерінде, шынайы трассада өріске E_0 дәл сол нүктеде таралу кезінде, алайда таралу толқыны бос кеңістікте болу шартымен.

$$W_T = E / E_0 = \sqrt{\Pi / \Pi_0} \quad (3.5)$$

ӘК мағынасын біле отыра, қабылдау нүктесінде және РТ қуат ағынының қатаңдығында өріс мағынасын білуге болады:

$$E = E_0 W_T = \sqrt{60P_1G_1\eta_{\phi 1}} \cdot (W_T / r), \quad \Pi = \Pi_0 W_T^2 = \frac{P_1G_1\eta_{\phi 1}W_T^2}{4\pi r^2} \quad (3.6)$$

Қабылдағыш кірісіндегі қуат

$$P_0 = \Pi G_2 \eta_{\phi 2} \xi_c \xi_n \xi_{np} \cdot \lambda^2 / 4\pi, \quad (3.7)$$

Бұл жерде $G_2 = D_2 \eta_{A2}$ - күшейту коэффициенті (КК) бағытталу диаграммасының (БД), $\eta_{\phi 2}$ - жібергіш фиддер ПӘК-і, ξ_c - (фидер немесе қабылдағыш) антеннаның өзінің жүктемесінің келісу коэффициенті;

$$\xi_c = 4R_A R_H / [(R_A + R_H)^2 + (X_A + X_H)^2], \quad (3.8)$$

$Z_A = R_A + iX_A$, $Z_H = R_H + iX_H$ - антенна кірісіндегі қимадағы жүктемесі және бөгеті. Ол максималды мәнге ие $R_A = R_H$ болған жағдайда ($\xi = 1$) және $X_A = X_H$, ξ_n - қабылдағыш толқын өрісі мен келісім коэффициентінің поляризациясы.

Оны ψ поляризацияланған антенна үлкен жартыосьтік эллипстермен, толқын және эллипстік коэффициент e_a және e_e (жарты кіші осьтік эллипс жарты кіші осьтік эллипстің, үлкенге қатынасы) белгілеп алуға болады.

$$\xi_n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4e_a e_s}{(1+e_a^2)(1+e_s^2)} + \frac{(1-e_a^2)(1-e_s^2) \cos 2\psi}{(1+e_a^2)(1+e_s^2)} \right] \quad (3.9)$$

Толқыннан алынатын антенна қуаты максималды ($\xi_n=1$) сызықтық поляризация кезінде ($e_a = e_s = 0$) поляризация жазықтығы сәйкес келген жағдайда ($\psi = 0$) тең, ал шеңберлік поляризация кезінде ($e_a = e_s = 1$) – жазықтықтардың бір бағытта айналуы кезінде. Сызықты поляризацияланған антеннаның айналмалы поляризациясы кезіндегі немесе керісінше болған кездегі РТ қабылдау $\xi_n = 0.5$.

ξ_{np} – антеннаның кеңістіктік келісу коэффициенті, БД байланысты жібергіш $f_1(\beta, \theta)$ және қабылдағыш $f_2(\beta, \theta)$ радиоарналар соңында;

$$\xi_{np} = f_1^2(\beta_1 \theta_1) f_2^2(\beta_2 \theta_2), \quad (3.10)$$

мұндағы $\beta_1, \theta_1(\beta_2, \theta_2)$ – жібергіш (қабылдағыш) антенна және түзу, жіберетін және қабылдайтын антенналар қосылысындағы максимум БД арасындағы бұрыштар.

(5.6) және (5.7) қолдана отырып, радиожібергіштердің теңдеуін аламыз.

$$P_C = P_1 G_1 G_2 \eta_{\phi 1} \eta_{\phi 2} \xi_c \xi_n \xi_{np} \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 W_T^2, \quad (3.11)$$

немесе, децибелда көрсете отыра,

$$P_C [\text{дБ}] = P_1 + G_1 + G_2 + \eta_{\phi 1} + \eta_{\phi 2} + \xi_c + \xi_n + \xi_{np} + W_0 + W_T = P_{co} + W_T, \quad (3.12)$$

Бұл жердегі $W_0 = 20 \lg \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)$ – бос кеңістікте таралатын қашықтықтан толқынның әлсіреуін сипаттайды. Сол себепті шарты түрде бос кеңістіктегі көбейткіш деп атаймыз. P_{co} – бос кеңістікте таралу кезіндегі қабылдағыш кірісіндегі қуат;

$$P_{co} = \text{ЭИИМ} + G_2 + \eta_{\phi 2} + \xi_c + \xi_n + \xi_{np} + W_0. \quad (3.13)$$

мұнда $\text{ЭИИМ} = P_1 + G_1 + \eta_{\phi 1}$ – эквивалентті изотропты шашыратқыш қуат. Радиожібергіш теңдеуі (3.11) қабылданатын сигнал дәрежесіндегі антеннаның бағытталған, поляризацияланған, энергетикалық сандық түрде бағалауға мүмкіндік береді.

Сигналдың максималды дәрежесін және ЭҚ сапасы алу үшін, қабылдағыш антеннаның РТ поляризациялануының қарсыласуының ең жақсы

үйлесімділігін алу қажет. Толқын қабылдауында БД дұрыс бағытталуы, антеннаның бағыттаулық қасиетін дұрыс қолдану, антенналы фидердердік жүйедегі (АФЖ) мекенін дұрыс таңдау жолымен, күшейту және пайдалану кезіндегі берілген мөлшердегі ПӘК – ті іске асыру. Жібергіш антеннаға келетін қуат қатынасын ($P_{2A} = P_C / \eta_{\phi 2}$), таралу кезіндегі шығын деп атайды:

$$L = P_{1A} / P_{2A} = 1 / (W_0^2 W_T^2 G_1 G_2) = L_{осн} / G_1 G_2, \quad (3.14)$$

мұндағы $L_{осн} = 1 / (W_0 W_T)^2$ - таралу кезіндегі негізгі шығын

3.3 Радиобөгет деңгейлері

Радиоқабылдағыш кірісіне пайдалы сигналдан басқа ЭМҚ сапасын шектейтін ішкі және сыртқы кездейсоқ бөгеуілдер әсер етеді. Ішкі бөгеуілдер фидердің және қабылдағыш антеннаның жылулық шуылына байланысты. Сыртқы бөгеуілдерге: өндірісті атмосфералық, мақсатталмаған радиостанциялардың бөгеуілдері, ғарыштық, атмосферамен жердің жылулық шуылы, және де құмды және қарлы боранның электризациянды бөгеуіліктері.

Қандай сылтау екендігіне қарамастан өріс шуылын сипаттау үшін, оны туғызушы өріс жиілігіндегі B , шуыл қуаты $P_{ш}$, шуылдық температурада $T_{ш}$ немесе шуыл коэффициентінде $F_{ш}$, өзара қатынасына байланысты:

$$P_{ш} = k B T_{ш} = k B T_0 (F_{ш} - 1), \quad (3.15)$$

мұндағы $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Вт} / (\text{Гц} \cdot \text{К})$ - Больцман тұрақтысы, T_0 – стандартты абсолютты температура (әдетте 288 К° тең).

Ішкі бөгетке ұқсас $P_{ш}$, ПӘК – гі бар антенналы фидер арқылы саналған, $\eta_2 = \eta_{A2} \cdot \eta_{\phi 2}$ тең, қабылдағыш шуыл қуатын былай жазуға болады

$$P_{ш} = k B T_A \eta_2 = k B \eta_2 T_0 (F_A - 1), \quad P_{ш np} = k B T_{np} = k B (F_{np} - 1), \quad (3.16)$$

ондағы $F_A(T_A)$ және $F_{np}(T_{np})$ - ішкі бөгеттер және қабылдағыш шуыл коэффициенті (шуыл температурасы).

Көлемі $(1 - \eta_2 \xi_c)$ антенна және фидерге кететін жылулық шығынының қуат бөлігін сипаттайды, ал өзінің антенналы фидер жолы үшін

$$P_{ш np} = k B T_0 (1 - \eta_2 \xi_c) = k B T_{ш np}, \quad T_{ш np} = T_0 (1 - \eta_2 \xi_c), \quad (3.17)$$

Онда кіріс қабылдағыштағы бөгеуілдің толық қуаты

$$P_{ш} = P_n + P_{штр} + P_{шпр} = kBT_{\vartheta}, \quad (3.18)$$

мұндағы T_{ϑ} – шуылдың эффективті температурасы,

$$T_{\vartheta} = T_A \eta_2 \xi_C + T_0 (1 - \eta_2 \xi_C) + T_{нр}, \quad (3.19)$$

Антеннаның шуыл температурасын мына қосындымен есептеуге болады:

$$T_A = T_{A атм} + T_{AЭ} + T_{Aнр} + T_{Aсм} + T_{AK} + T_{Aa} + T_{Aз} + T_{A омп}, \quad (3.20)$$

Құраушыларға толығырақ тоқтала кетсек: $T_{A атм}, T_{AЭ}, T_{A нр}, T_{A см}, T_{AK}$ – атмосфералы, электрленген, өндірістік, бекеттік, ғарыштық бөгеуіл, $T_{Aa}, T_{Aз}$ – Жер атмосферасының жылулық сәулеленуі, $T_{A омп}$ – Жерден шағылысқан атмосфера сәулеленуі.

Бұл құрауыштарды анықтау кезінде антенна температурасының ішкі шуылы және жарықтық температурасының $T_{я}(\theta, \beta)$, кеңістіктегі бағытталу Ω белсенділік сипаттамалайды.

$$T_A = \frac{D_2}{4\pi} \int_{4\pi} T_{я}(\theta, \beta) f^2(\beta, \theta) d\Omega, \quad (3.21)$$

Егер сәулеленудің бұрыштық шамалары Ω_H антеннаның БД кеңдігі Ω_A салыстырғанда аз болған жағдайда, онда

$$T_A \cong T_{я} \Omega_H / \Omega_A, \quad (3.22)$$

Кеңістікте бөгет белсенділігі бірдей өлшемді және бірдей ықтималды кезде ($T_{я} = const$) $T_A = T_{я}$. Соған байланысты түрлі ішкі бөгеттердің кеңістіктік таралуы бойынша

$$T_{A атм} = T_{я атм}, \quad T_{Aнр} = T_{я нр}, \quad T_{AЭ} = T_{яЭ}, \quad T_{A см} = T_{я см}, \quad T_{AK} = T_{як}, \quad T_{Aa} = T_{яa}.$$

Декаметрлік толқын диапазонында және одан ұзын сыртқы бөгеттері ішкі бөгеттерін қамтып алады және оның деңгейі $y = 10 \lg P_n$ стабилді емес.

Оның өзгеруінің кездейсоқ процесс кәдімгі қалыңдық ықтималдылығымен айтылады.

$$\omega(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n} \exp \left[-\frac{(y - \bar{y})^2}{2\sigma_n^2} \right], \quad (3.23)$$

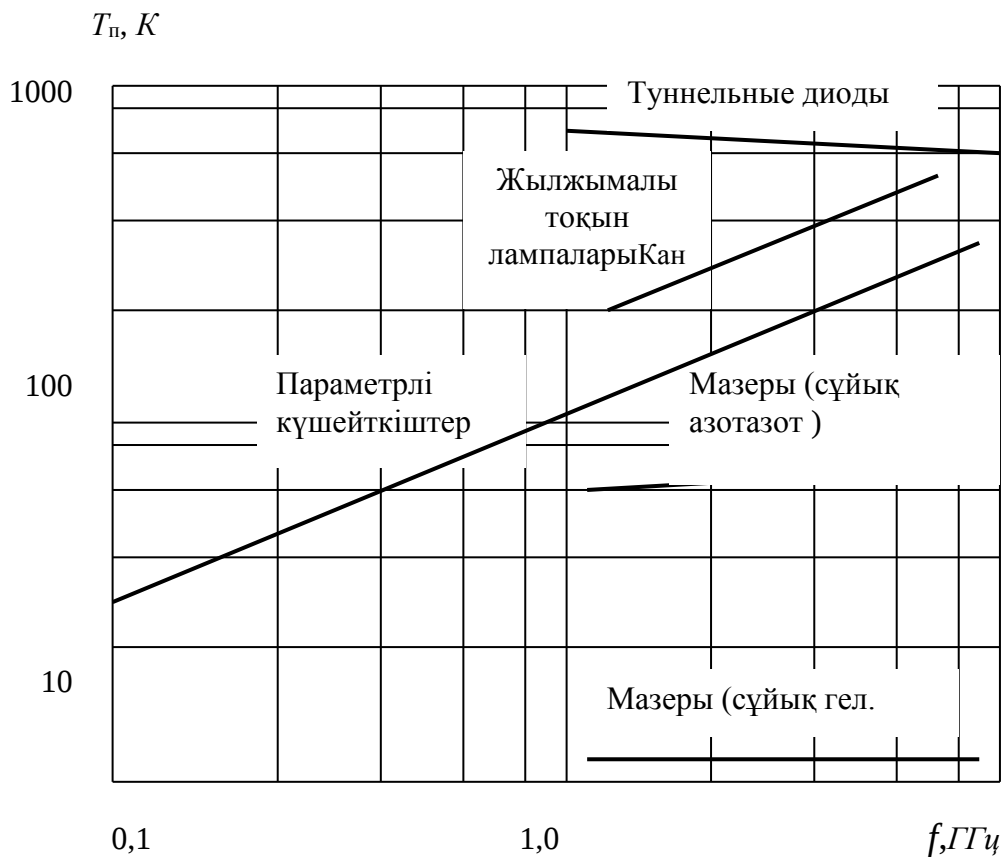
мұндағы $\bar{y} = 10 \lg \bar{P}_n$ - орташа (медианды) бөгет деңгейінің мағынасы, σ – ортаквадратты ауытқу (ОКА) бөгет деңгейінің өз медианасына байланысты.

Статистикалық зерттеулер бойынша, радиоарналарда тоқынның ионосфералық мағынасы (ОКА) бөгет деңгейі бір немесе екі сағаттық интервалдар қарау жағынан 8...12 дБ күндіз және 13...17 дБ түнде, ал радиоарналарда толқын бетінде $\sigma_n = 2...3$ дБ және $\sigma_n = 3...4$ дБ түнде.

Кейбір жағдайларда берілгін диапазонда сыртқы бөгет өрістің бірлік күші $E_n^{(1)}$ сипатттайды,

$$E_n^{(1)} = \sqrt{480\pi^2 P_n \lambda^2 B} = \sqrt{480\pi^2 k T_A / \lambda^2} . \quad (3.24)$$

УҚТ диапазонында сыртқы шулар ішкі мен салыстырмалы суытылмаған және суытылатын күшейткіштермен 3.1 - суретте көрсетілген [13].



3.1-сурет – Қабылдағыш құрылғылардың шуыл температурасы

3.4 Электромагниттік қолжетімділіктің энергетикалық есебі

ЭМҚ ықтималдылығы берілген $D_{гр\text{кем}}$ емес сенімді, қарым қатынасына збөгеттің толық қабылдағыш $P_{ш}$ кірісінің қуатты сигналына байланысты. Кейбір кезде кездейсоқ уақыт бойынша өзгеріп тұрады. Көлемді өлшеу ыңғайлығы

үшін P_C , P_{III} и z децибел түрінде белгілейміз ($z = P_C - P_{III}$). Аналитикалық ЭМҚ ықтималдылығының анықталуы

$$P_{ЭМД}(D > D_{TP}) = P(z \geq K_1) = \int_{K_1}^{\infty} \omega(z) dz, \quad (3.25)$$

Бұл жерде K_1 - бөгеулік қуатынан сигналдың артылу қуатының коэффициенті,

Зқатынасының жылдам қатып-қалуын, қабылдағыш кірісіндегі сенімділік сапасы байланысты, сигналды өңдеу және түріне байланысты, $\omega(z)$ - қабылдау элементі кірісіндегі таралу ықтималдылығының тығыздығы.

Дискретті сигналдар үшін АТ, ЧТ, ДЧТ, ОФТ сенімділігі үшін сигнал элементінің қате қабылдау ықтималдылығы (символдар, сілтемелер) аз уақыт аралығында жіберілген (бірнеше минут аралығында) жалпы элементтердің қысқартылған элементтер санына қатынасы, РТТ шарты өзгере қоймайтын. Үзіліссіз (телефондық) сигнал үшін БМ және ЖМ қабылдау сапасы сөздік артикуляцияға (А) байланысты, қабылданған сөздердің жіберілген жалпы сөздерге, $A = 98\%$ өте жақсы, $A = (95 \dots 98)\%$ жақсы және $A = (90 \dots 95)\%$ қанағаттандырылғы болып саналады.

3.1 - кестеде байланыс және радиобайланыс жалпы теориясы жұмыстарынан алынған мағынасы бөгет K_1 дБ түріндегі деңгейінен сигналдың деңгейінің артық болуы. Өртүрлі көлемдегі рұқсат етілген қателік ықтималдылығының $P_{ош доп}$ дискретті сигналдар үшін, радиоарна қалыпты (кідіріссіз) және ауыспалы (кідірісті) сипаттамаларымен сипатталады.

Кесте 3.1 – Байланыс және радиобайланыс жалпы теориясы

Сигнал түрі	Кідіріссіз радиоарна				Кідірісті радиоарна			
	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-2}$	10^{-1}	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-2}$	10^{-1}
ДЧТ (F6)	11	10,5	9,5	8,5	26	21	18	10
ЧТ (F1)	10,5	10	9	8	25	20	17	9
ОФТ (F9)	8	7	6	3	22	18	13	8

Айта кетсек, сигналдарды табу шарттары болып (әсіресе РБҚ сигналдары үшін) талап етілетін сигнал деңгейінің бөгет деңгейінен артықшылығы 4...5 дБ көлемінде, бұл дегеніңіз талап етілетін элемент сигналының қате қабылдау ықтималдылығы.

Радиоарналардағы үзіліссіз сигнал кезіндегі қатып қалу көлемі K_1 20, 14 және 7 дБ өте жақсы кезінде, жақсы және қанағаттанатын сапада қабылдаған

кезде сәйкесінше, ал кідірісті радиоарна – 33,24 және 18 дБ сәкесәнше. Радиосызықты және тропосфералық сызықты бөгеттеден сигналдың асуы 15...20 дБ құрайды.

$$P_{ЭМД}(z \geq K_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \int_{K_1}^{\infty} \exp \frac{(\bar{z} - K_1)}{2\sigma_z^2} dz = F(\xi). \quad (3.26)$$

Бұл жерде $\bar{z} = P_c - P_n$ - орташа сигнал деңгейінің орташа бөгет деңгейінен артықшылығы, $F(\xi)$ – кездейсоқ көлемнің z таратуының интегралды функциясы. Сурет 3.2 - де көрсетілген түзу сызық түріндегі график, ξ – ықтималдық интеграл аргументі.

$$\xi = (\bar{z} - K_1) / \sigma_z. \quad (3.27)$$

Медианасынан ОКА сигнал деңгейі, бөгет деңгейінен артықшылығы келесі қатынас бойынша анықталады.

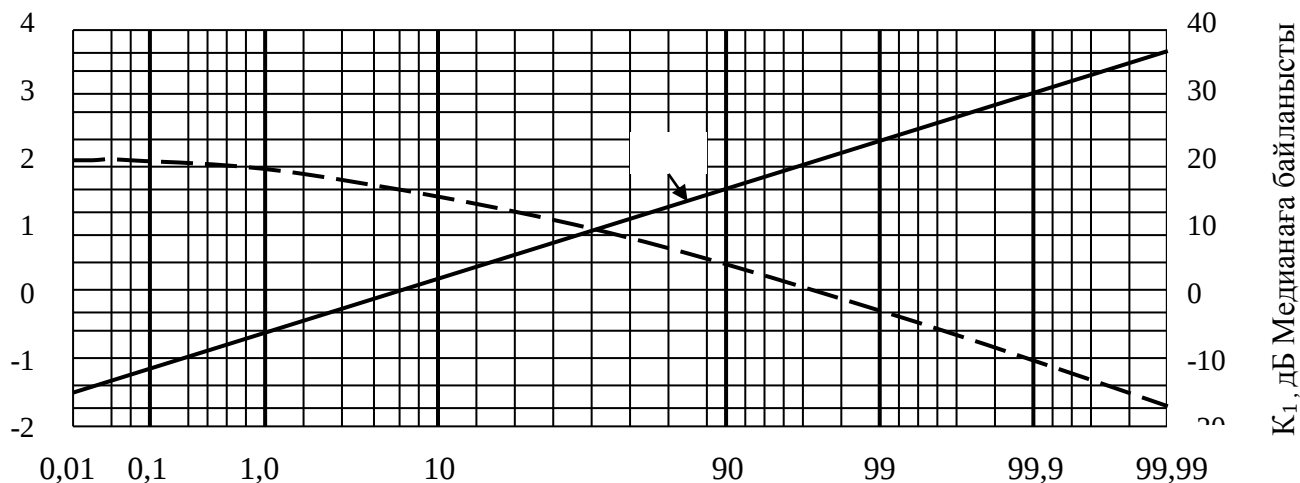
$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_n^2 + \sigma_{нар}^2}, \quad (3.28)$$

мұнда σ_c - ОКА сигнал таралу механизіміне тәуелді. Ионосфералы толқындар радиоарналарында $\sigma_c=3...5$ дБ күндіз, $\sigma_c=5...7$ дБ түнде, УҚТ радиоарналарында $\sigma_c=4...8$ дБ, тропосфералық арналарда $\sigma_c=4...8$ дБ. Радиоарналардың толық емес анықтау сипаттамаларында, баяу қатып қалуларды есептеу үшін ОКА қолданылады.

$$\sigma_{нар} = \sqrt{\sigma_{mp}^2 + \sigma_{p_1}^2 + \sigma_{АФТ_1}^2 + \sigma_{АФТ_2}^2}. \quad (3.29)$$

Бұл жерде σ_{mp} - ОКА радиожол параметрінің ақырын ауысуы $\sigma_{mp}=2...5$ дБ декаметрлік үшін (ДКМЛ) сыртқы толқын радиоарнасы үшін. $\sigma_{mp}=5...8$ дБ метрлік (МЛ) толқын радиоарналары үшін және $\sigma_{mp}=0$ радиоарнаның басқа түрлері үшін. $\sigma_{p_1}=1...2$ дБ ОКА жібергіштің қуатының өзгеруі. $\sigma_{АФТ}$ - ОКА антенна – фидерлі трактінің сипаттамалары. $\sigma_{АФТ}=1...1,5$ дБ ДКМЛ диапазонда және МЛ және $\sigma_{АФТ}=2...3$ дБ дециметрлі сантиметрлі толқын диапазондарында.

Соған орай, ЭМҚ ықтималдылығын өлшеу үшін бөгет $\bar{z}$ деңгейінен сигнал деңгейінің артықшылығының орташа көрсеткішін табу керек, $\bar{z}$, оның ОКА σ_z беру қажет, және де талап етілетін көлемді K_1 және сипаттамаларын ξ , (3.27) санап болған соң, интеграл ықтималдылығының дерек кестесінен тауып немесе 3.2 - суретте көрсетілген графикті қолданамыз.



3.2-сурет – ЭМҚ мен РСК ықтималдылықты анықтау графигі

Көбінесе керісінше шарты туындайды - берілген ықтималдылық бойынша $P_{ЭМД}$ ЭМҚ талап етілетін сапасы бойынша қамту мүмкіндігін бағалайды. Оны график бойынша шешу үшін 3.2 суретте $P_{ЭМД}$ мәніне сәйкес келетін. ξ_n сипаттамасының көлемі берілген. (3.27) бойынша бөгеттің орташа деңгейінен сигналдың орташа деңгейі асуына байланысты көлемі табылады.

$$\bar{z}_n = K_1 + \sigma_z \xi_n = K_1 + K_2 = K, \quad \text{мұнда } K_2 = \sigma_z \xi_n, \quad (3.30)$$

толықтай коэффициент артықшылығы K деп атаймыз. Ол тез (K_1), және де ақырын қатып қалуды (K_2) және $\bar{z}_n = K$ и, егер $\bar{z} = \bar{P}_c - \bar{P}_{ш} \geq K$ болған жағдайда ЭМҚ қамту мүмкіндігі жайлы анықтама жасалады. Сол себепті, ЭМҚ энергетикалық қамту жағдайы келесі түрде беріледі

$$P_c \geq P_{сн}, \quad P_{сн} = P_{ш} + K. \quad (3.31)$$

$P_c, P_n, P_{сн}$ сигналдар мен бөгеттердің қуатының орташа мәніне сәйкес келеді.

ЭМҚ энергетикалық есеп үшін негізгі қатынас келесідей өрнектеледі

$$P_{co} = W_T \geq P_{сн}, \quad (3.32)$$

мұндағы

$$P_{co} = P_1 + G_1 + G_2 + \eta_{\phi 1} + \eta_{\phi 2} + \xi_C + \xi_n + \xi_{np} + W_0,$$

$$P_{cn} = K + 10 \lg \{ k B [T_A \eta_2 \xi_C + T_0 (1 - \eta_2 \xi_C) + T_{np}] \}.$$

Ол сигнал өңдеу тәсілдерімен, түрлерін байланыстырады. Сомен бірге таралу шартымен сапалы қабылдау, бөгет деңгейімен, РЭҚ РСК сипаттамаларымен (жұмыс жиілігі, жібергіш қуаты, антенна КК) және радиоқабылдағыш жиынтығы (қабылдағыш сезімталдылығы, КК АФС), толқынның жұмыс ұзындығымен радиоарналар қатынасы.

(3.32) әлсіреу көбейткіші W_T ретінде оның медианды мағынасын аламыз, сигналдың қатып қалу және бөгеуліктер көрсеткіші P_{cn} орташа мәнін тапқан кезде есепке алынады. Артықшылықтың есептік коэффициентін K енгізе отыра, ЭМҚ қабылдау сапасының ықтималдылығын қамтамасыз ету. Мұндай тәсілді

ДКМЛ радиоарналарында және одан да ұзақ толқындар кезінде қолданылады. Жерлік және тропосфералық толқындар үшін ЭМҚ есептеу, УҚТ диапазонында салт бойынша әлсіреу көрсеткіші тез және баяу қатып қалуды өткерген кездейсоқ көлем болып табылады. Оның аз уақыт ішіндегі орташас уақыт интервалы бірнеше минут санауна беріледі:

$$W = W_T + W_{B3} + W_{M3}, \quad (3.33)$$

W_T РТТ кезіндегі әлсіреуді есепке ала сигнал спектрінің орташа жиілік құрағыштарына кіреді. Ол трасса пармастрлері, толқын ұзындығы, тарату механизіміне байланысты.

Әлсіреу көбейткіші W_{BMO} тез қатып қалуын, талапқа байланысты 3.2 - суреттегі график бойынша анықтауды есепке алады. Әлсіреу көбейткіші W_B баяу қатып қалу ЭМҚ ықтималдылығына тәуелді. ЭМҚ келудің екі жолын біріктіре отыра, $W_{M3} = -K_2$ деп анықтасақ болады.

$$W_{M3} = -\sigma_w \xi, \quad \sigma_w = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_{nap}^2}, \quad (3.34)$$

мұндағы σ_w – ОКА әлсіреу көбейткіші, рның ұзақ уақыттық медиандық мәніне байланысты $W_M = W_T + W_{B3}$. Бұл жағдайда ЭМҚ ықтималдылық интегралымен анықталады, $P_{EMD}(W \geq W_M)$, аргументі келесідей болады

$$\xi = \frac{W - W_M}{\sigma_w}. \quad (3.35)$$

ЭМҚ қамтамасыз етуінің бағалау кезінде УҚТ да көрсетілген жағдайдан кем емес екендігін, әдетте қабылдағыш кірісінде, қабылдағыш анықтаушысының берілген сапада сигнал қуатының P_{cn} қажетті минималды мәні белгілі. Онда ЭМҚ шартын (3.32) келесі түрде жазсақ болады

$$W \geq W_n, \quad W_n = P_{cn} - P_{co}, \quad (3.36)$$

мұндағы W_n - қажетті әлсіреу көбейткішінің минималды мәні, онымен қоса талап етілетін қабылдау сапасы қамтылады.

3.5 Радиотолқындардың ақпарат жіберу жолындағы әлсіреу есебі

Қалалық зоналарда. Қала зонасы мен ауылды жерлерде УҚТ белгілерін анықтаудың тапсырмаларын шешу кезінде, радио толқындардың таралу ортасы жайлы нақты мәндер болмаған кезде, төменде келтірілген әлсіреу есебінің эмпирикалық үлгісін қолдануға болады.

Есептеудің бастапқы мәндері мынадай:

- жер үстіндегі антенналардың биіктігі ($h_{1,2,M}$);
- радио желілерінің ұзындығы (r , км);
- анықталу жүргізілетін жұмысшы жиілігі (f , МГц).

Есептеу әдісі 1...1000 МГц диапазонында $h \leq 300$ м кезінде қолдануға болады. Есептеудің алгоритмі келесіге апарады.

1. Антенналардың эквивалентті биіктіктері анықталады:

$$h'_{1,2} = (h_M^2 + h_{1,2}^2)^{1/2} \quad (3.37)$$

мұндағы: h_M — ең аз биіктік;

$h_{1,2}$ — жер үстіндегі сәулеленетін антенна мен қабылдайтын антеннаның биіктіктері.

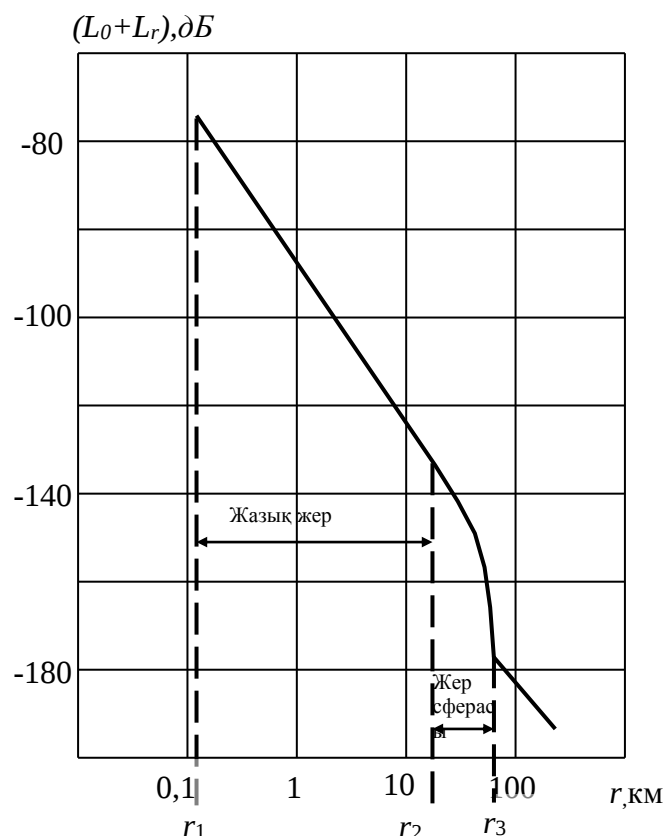
Көлденең поляризация кезінде $h_M = 0$ деп қабылданады; Тік поляризация кезінде h_M -нің мәндерін 3.2-кестесінде келтірілген формулалар бойынша толқындардың әртүрлі диапазондары мен жер бетінің түрі арқылы анықтайды.

Кесте 3.2 – Толқындардың әртүрлі диапазондары мен жер бетінің түрі

БЕТІ	lg h_M , [м]	
	$f = 1 \dots 20$ МГц кезінде	$f = 20 \dots 1000$ МГц кезінде
СУ БЕТІ	$-1,6 \lg f + 4,69$	$-2,1 \lg f + 5,34$
ҚҰРЛЫҚ БЕТІ	$-2 \lg f + 3,48$	$-1,33 \lg f + 2,61$

2. Жазық жердің жақындауы қолданылатын облыстардың шектері есептеледі, жазық жердің сфералығы ескеріледі.

Қарастырылып жатқан үлгідегі белгінің қашықтыққа қарағанда жалпы сөнуінің тәуелділігі 3.3-суретінде көрсетілген.



3.3 - сурет – Радио толқындарының қашықтықтан әлсіреуінің тәуелділігі

r_1, r_2, r_3 шектері келесі теңдеуден табылады:

$$\lg r_1 = \lg f + 0,75 \lg h'_1 h'_2 - 3,92 \quad (3.38)$$

мұндағы h'_1 және h'_2 – қабылдайтын антенна мен беретін антеннаның эквивалентті биіктіктері (3.37);

$$r_2 = \begin{cases} 129 / \sqrt{f} & , f \leq 100 \text{ МГц кезінде;} \\ 59,9 / \sqrt[3]{f} & , f > 100 \text{ МГц кезінде} \end{cases} \quad (3.39)$$

$$r_3 = \begin{cases} r_{np} - 48,3 \lg f + 163 & , f \leq 160 \text{ МГц кезінде;} \\ r_{np} - 16,1 \lg f + 91,8 & , f > 160 \text{ МГц кезінде} \end{cases} ; \quad (3.40)$$

мұндағы $r_{np[км]} = 4,12 \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right)$.

3. Белгі қуатының әлсіреуі 3.3-кестесінен анықталады.

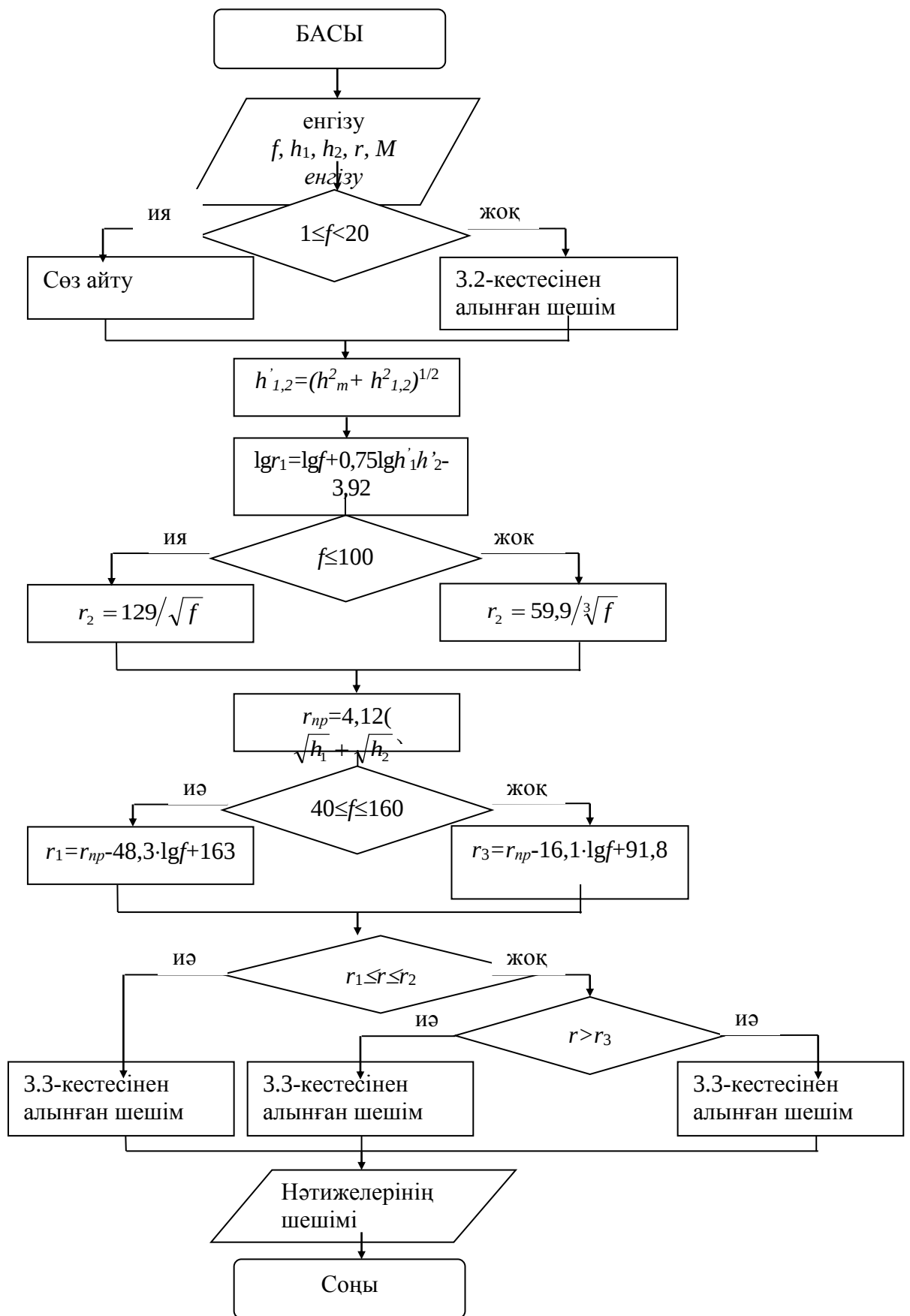
Кесте 3.3 – Белгі қуатының әлсіреуі

Шарты	Белгі қуатының әлсіреуі, дБ.
$r_1 \leq r \leq r_2$	$L_0 + L_T = -111 + 15 \lg h'_1 h'_2 - 40 \lg r;$
$r_2 < r \leq r_3$	$L_0 + L_T = (-111 + 15 \lg h'_1 h'_2 - 40 \lg r_2) - 20 \lg(r / r_2) - 0,62 M(r - r_2);$
$r > r_3$	$L_0 + L_T = [(-111 + 15 \lg h'_1 h'_2 - 40 \lg r_2) - 20 \lg(r_3 / r_2) - 0,62 M(r_3 - r_2)] - 40 \lg\left(\frac{r}{r_3}\right).$

Ескерту: $M = 0,5 \lg f - 0,35$ – теңізде; $M=0,5$ құрлық үшін.

Қарастырылған әдістеме бойынша есептің алгоритмі 3.4-суретінде көрсетілген.

Қала шарттарында бұл жұмыста қала шарттарында УҚТ радио толқындарының таралуының талдау үлгісі ұсынылған, бұл жерде қалалық орта деген –параллель ұзын қатар бойынша орналасқан, ара қашықтығы d –ға тең болатын ғимараттар ретінде көрсетілген. Талдау көрсеткендей, мұндай ортада радио толқындардың таралуының негізгі механизмі, радио бақылау постына жақын жерде орналасқан ғимарат төбесіндегі олардың дифракциясы болып табылады. Радио бақылау постына көршілес ғимараттағы радио толқындардың шағылысуы, сондай-ақ радио толқындардың көп сәулелі таралуының басқа да эффектiсi белгiнiң қатып қалуына әкеп соғуы мүмкiн.



3.4-сурет – Есептің алгоритмі

Жұмысқа қарап, қабылданатын белгінің қуаты $1/r^{3,8}$ -ге пропорционал екенін қорытындылауға болады.

Есептеудің бастапқы мәндері үшін:

- радио желісінің ұзындығы (r , км);
- радио желісінің жұмысшы жиілігі (f , МГц);
- радио белгісі көзінің орналасуының биіктігі (h_m , м);
- ғимарат биіктігі (h , м);
- қабылдайтын антеннаның орналасу биіктігі (H , м);
- ғимараттар арасындағы ара қашықтық (d , м) жатады;

0,3 – 3 ГГц диапазонында $h \leq 100$ м болған кезде қолдану әдістемесі келесідей болады:

1. Ғимараттың геометриясын ескеретін A коэффициенті есептеледі:

$$A = 5 \lg \left[\left(\frac{d}{2} \right)^2 + (h - h_m)^2 \right] - 9 \lg d + 20 \lg \{ \lg^{-1} [2(h - h_m) / d] \} \quad (3.41)$$

2. Еркін кеңістіктегі шығындарға қатысты қосымша шығындар L_d [дБ] анықталады:

$$L_d \text{ [дБ]} = 57,1 + A + \lg f_c + 18 \lg r - 18 \lg H - 18 \lg \left[1 - \frac{r^2}{17H} \right] \quad (3.42)$$

мұндағы H – радио бақылау постындағы антеннаның биіктігі [м].

3. Еркін кеңістіктегі қуат шығындары анықталады:

$$L_0 = 32,4 + 20 \lg f_c + 20 \lg r. \quad (3.43)$$

мұндағы f_c – жиілігі [МГц], r – сәулеленуге дейінгі ара қашықтық [км].

4. Радио толқындарының таралуы кезінде толық шығындар анықталады:

$$L = L_0 + L_d \quad (3.44)$$

Ғимарат ішіндегі радио толқындардың таралуы кезінде Ғимарат ішінде орналасқан РБКБА қабылдау трактісінің кіре берісіндегі белгі ғимаратқа кіру кезінде радио толқындардың әлсіреуі мен олардың ғимаратта таралуынан туындайтын шамалы әлсіреуге ұрынады. Ғимарат ішіндегі радио толқындардың таралуы мен олардың ғимаратқа кіруі («өту арнасы») көп сәулелі болып табылады. Бұл ғимараттың құрылымына, бөлмелердің орналасуына, және құрастырылым материалдардың түріне де байланысты. Радио белгілерінің берілу шарттары сәулелегіш пен қабылдағыштың орналасуына тәуелді болады.

Мысалы, олардың екеуі де ғимарат ішінде орналасқан жағдайда, жағдай неғұрлым күрделі болады, өйткені қоршаған заттар мен радио толқындарды сейілту объектілерінің ауысуы қабылдау белгісінің статистикасына шамалы әсер ететін болады. Жұмыста [15] ғимараттың 8 класы ұсынылған, олар 3.4-кестесінде көрсетілген.

Кесте 3.4 – Ғимараттардың топталуы

Класс нөмірі	Сипаттамасы
1	Қала шетіндегі тұрғын үйлер
2	Қала аудандарындағы тұрғын үйлері
3	Қала шетіндегі әкімшілік ғимараттар
4	Қала аудандарындағы әкімшілік ғимараттар
5	Ауыр машиналы қондырғылары бар зауыт ғимараттары
6	Басқадай зауыт ғимараттары, спортзалдары, көрме орталықтары
7	Теміржол стансасы, әуежайлар және т.б. сияқты ашық құрылымдар
8	Метро, жерасты көшелері сияқты жерасты құрылымдары

300-ден 3600 МГц-ке дейінгі диапазондағы қабылданатын белгінің ғимарат ішінде таралу кезінде медианалы мәнін есептеу үшін теориялық теңдеулер алынған болатын. Қабылданатын белгінің қуатын формула бойынша есептеу ұсынылады:

$$P_{[dB]} = C + 10n \lg r + kF, \quad (3.45)$$

мұндағы C – 1 метр қашықтықтағы қуаттың шығындары;

n – дәреже көрсеткіші r ;

r – бергіш пен қабылдағыштың арасындағы ара қашықтық;

k – ғимараттың қабаттарының саны;

F – едендегі қуаттың шығындары, орта есеппен $F=14,8$ дБ-ға тең.

Ғимараттың әртүрлі кластары үшін дәреже көрсеткіштерін n анықтау кезінде алынған сынақтық қорытындыларға шолу төменде көрсетілген.

1-класс. 3.45-теңдеуінде n шамасы 3-тен 6,2-ге дейін өзгеруі мүмкін. Бұл кезде оның мәні - қабылдағыштың қайда орналасқанына (ғимарат ішінде немесе оның сыртында), құрылым материалына және ғимаратты қоршап тұрған объектінің тығыздығына байланысты анықталады. Алайда, бірнеше жағдайларда ғимарат ішіндегі әлсіреу қоршаған орта факторларының әсерінен болжамды мәннен асып кетті. Мысалы, құрылыс тығыздығы жоғары үйлердегі әлсіреу құрылыс тығыздығы төмен үйлердегі әлсіреуден $1,4 \div 4$ есе артық болған.

Металдық және ағаш құрылымдары бар үйлерге радио толқындардың өтуі кезіндегі шығындар 2-ден 24 дБ-ге дейін өзгерген.

Белгінің медианалық деңгейі сәйкесінше 9 және 4,4 дБ стандартты ауытқуымен логарифмдік-қалыпты таратуға бағынады.

2-класс. Өлшеу қорытындылары бойынша жарыққа шыққан материалдар болған емес.

3-класс. Өткізілген өлшеулерге сәйкес 5.45-формуласындағы n шамасы бұл жағдайда 1,2-ден 6,5-ке дейін өзгереді.

4-класс. Қабылдағыш пен бергіштің арасындағы ара қашықтық 1-10 м аралығында өзгеретін болса, ара қашықтық сайын белгі қуаты да еркін кеңістікте азая бастайды. Алайда, қабылдағыш пен бергіш бір қабатта орналған кезде, өте алыс қашықтықта n шамасы 2,6-нан 2,9-ға дейін өзгереді. Егер де бергіш бір қабатта, ал қабылдағыш қабаттар бойынша ауысып отырса, онда n шамасы 4,7-ден 8,6-ға дейін өзгереді. Орта есеппен медианалық шығындар еркін кеңістікке қарағанда мысалмен алғанда 20 дБ-ға үлкен, бұл кезде стандартты ауытқулар жуықпен 3 дБ құрайды.

Сондай-ақ, осы кластағы ғимаратқа сыртқы радио сәулелену көзінен өту кезінде, 2-38 дБ аралығында болады.

Айта кететін жағдай, 95%-ға әйнекпен қапталған ғимараттарда шығындар мысалмен 2 дБ-ге тең болады.

Белгінің ұсақ масштабтағы шектері беру шартына қарамай релелік таратумен сипатталады. Белгінің ірі масштабтағы шектері логарифмді-қалыпты таратуға бағынады.

5-класс. Бұл кластағы бөлмелер үшін өлшеу машиналы қондырғысының жоғары тығыздығы бар әртүрлі бес зауыттық құрылымда өткізілді. Өлшеу алаңдары трасса профиліне байланысты 4 категорияға бөлінеді: а) шамалы ғана қоршаған заттары бар көрінуі тік болатын трасса; б) тығыздығы жоғары қоршаған заттары бар көрінуі тік болатын трасса; в) тығыздығы төмен қоршаған заттары бар жабық трасса; г) тығыздығы жоғары жабық трасса. 3.9-формуласындағы n –нің орташа шамасы көрсетілген трассаларға сәйкесінше тең болады 1,9; 2,43; 1,79 және 2,81. Әкімшілік ғимараттар үшін n шамасы 1,5...6 аралығында болады.

5 кластағы ғимаратқа (металмен қапталған болса) радио толқындар өту кезінде 4-тен 22 дБ-ге дейін өзгереді.

6-класс. Бұл кластағы бөлмелер үшін n шамасы 1,39-дан 3,4-ке дейін өзгереді.

7-класс. Құрылымның осы түрі үшін өлшеу қорытындылары бойынша жарыққа шыққан материалдар болмаған.

8-класс. 0,2...3,6 ГГц диапазонында тік және көлденең поляризацияланған радио толқындардың жер асты дүкендері мен тығыздығы жоғары жаяу жүрушілер жолы бар жерасты көшелерінде таралуы кезінде, оның әлсіреу коэффициенттерін өлшеу орындалған. Тік және көлденең поляризацияланған сәулелену кездерінде n шамасы сәйкесінше 0,5-3,1 және 0,46-2,2 шегінде болады. Өлшенген кросс-поляризацияланған белгі ортогональді поляризацияланған белгіден 20 дБ-ге төмен болды.

3.6 Радио салынбалы құрылғыларды анықтау кешенінің өлшемдерін бағалау алгоритмі

Радио салынбалы құрылғыларды анықтау кешенінің өлшемдерін бағалау алгоритмі радио желінің энергетикалық есебі негізінде құрылған. Радио желілерінің энергетикалық есептеуінің негізін белгілі беру теңдеулері құрайды.

Олардың біріншісі – радио сәулелену көзінің сәулеленген қуатын (P_1) анықтау қабылдағышының (P_c) кіре берісіндегі радио желісі қуаты мен олардың арасындағы учаскенің өлшемдері (A) арасындағы өзара байланыстың санын көрсетеді: $P_c = f(P_1, A)$.

Екінші теңдеу (кейде ол сапа теңдеуі деп те аталады) радио арна (Q) бойынша белгілерді беру сапасын қабылдағыштың P_c кіре берісіндегі белгі қуатымен, анықтағыштағы (B) белгіні өңдеу әдісін қабылдау трактісінің өлшемдерімен байланыстырады: $Q = \varphi(P_c, B)$.

Бірінші және екінші теңдеудің түрлері радио толқындар түріне, радио толқындардың таралу ортасының қасиетіне, қолданылатын жиіліктің диапазонына байланысты да, РБКБА өлшемдерін есептеудің нақты алгоритмдерін қарастыру кезінде келтіріледі.

3.6.1 Радио сәулелену көздеріне электр магнитті жету зонасының радиусын бағалау алгоритмі

Есептеу үшін қажетті бастапқы мәндері:

P_1 – радио сәулелену көзінің қуаты;

G_1 – берілетін антеннаның күшею коэффициенті;

G_2 – қабылданатын антеннаның күшею коэффициенті;

$N_{ш}$ – қабылдағыштың шуының коэффициенті.

$P_{ЭМД}$ – берілген сапаның ЭМЖ-сін қамтамасыз ету ықтималдығы.

Сондай-ақ, ізденіс жасалатын жергіліктің немесе бөлменің түрі көрсетіледі.

1-қадам. Белгіні анықтау ықтималдығының $P_{об}$, белгінің базасының B және жалған дабыл ықтималдығының $P_{лм}$ (әдетте оны 10^{-2} деп қабылдайды)

мәндерін бере отырып, 3.46-формуласы бойынша қажетті қатынасты шулы белгілер үшін:

$$h^2 = \frac{P_c}{P_{ш}}$$

$$P_{об} = \Phi \left[\frac{\sqrt{B} \cdot h^2 - \Phi^{-1}(1 - P_{лм})}{h^2 + 1} \right] \quad (3.46)$$

Жіңішке жолақты белгілер үшін 3.47-теңдеуін қолдануға болады:

$$P_{об} = \exp\left(-\frac{\ln(1/P_{лм})}{1+0,5 \cdot h^2}\right). \quad (3.47)$$

мұндағы $\Phi^{-1}(\cdot)$ – Лаплас функциясына қарама-қайшы функция.

2-қадам. Қабылдау-анықтағыш кіре берісіндегі кедергіге белгінің қажетті асып кетуі анықталады:

$$Z_{mp} = 10 \lg h^2. \quad (5.48)$$

3-қадам. Статистикалық мәндердің негізінде $\sigma_z = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_n^2 + \sigma_{нар}^2}$ мәні анықталады,

мұндағы σ_z – кедергі деңгейі үстінен белгі деңгейі асуының орташа шаршы ауытқуы;

σ_c – радио толқындар механизміне тәуелді белгілердің орташа шаршы ауытқуы (УҚТ радио толқындарында $\sigma_c = 2 \dots 4$ дБ);

$\sigma_{нар}$ – радио арнасы өлшемдерінің нақты анықталмағанынан туындаған орташа шаршы ауытқуларының баяу қатуы;

σ_n – кедергілердің орташа шаршы ауытқуы.

4-қадам. Электр магниттік жетудің берілген ықтималдығы бойынша $P_{ЭМД}$ x өлшемінің мәні анықталады:

$$x = \frac{\bar{Z} - Z_{mp}}{\sigma_z} = \Phi^{-1}(P_{ЭМД}), \quad (3.49)$$

5-қадам. Кедергі деңгейі үстінен белгі деңгейінің орташа асуын есептейді

$$\bar{Z} = Z_{mp} + x \cdot \sigma_z. \quad (3.50)$$

6-қадам. $h_0^2 = 10^{0,1\bar{Z}}$ екенін ескере отырып, радио сәулелену көзі мен қабылдау-анықтағыштың берілген техникалық сипаттамалары кезінде трассадағы мүмкін болатын әлсіреу есептеледі L_∂ :

$$L_\partial = \frac{4h_0^2 k T_0 N_u \Delta F_{эф}}{P_1 G_1 G_2}. \quad (3.51)$$

7-қадам. Трассаның берілген ұзындығы r , жергілік түрі мен ізденіс шартына (жазық жергілік немесе бөлме) қарай, трассадағы L_p нақты әлсіреу 3.5-бабы бойынша есептеледі.

8-қадам. Нақты және мүмкін болатын әлсіреу салыстырылады. Егерде $L_p < L_0$ болса, онда r аргументіне өсу қосылады $r = r + \Delta r$, және $L_p(r + \Delta r)$ келесі салыстыру үшін тағы есептеледі.

9-қадам. $L_p = L_0$ болған кезде, берілген сапасы бар радио толқындардың шекті алыстан анықтау жайлы қорытынды жасалады.

3.6.2 Анықтау кешенінің техникалық өлшемдерін бағалау алгоритмі

Есептеуге қажетті бастапқы мәндері:

$P_{ЭМД}$ – берілген сапаның электр магнитті жетуін қамтамасыз ету ықтималдығы;

r – анықтағыштан радио сәулелену көзіне дейінгі ара қашықтық;

G_1 – берілетін антеннаның күшею коэффициенті;

ξ_{np} – қабылдайтын және беретін антенналардың бағытының диаграммаларын кеңістіктік келісу дәрежесі;

ξ_n – қабылдайтын антеннаның келетін толқын өрісімен поляризация бойынша келісу коэффициенті;

P_1 – радио сәулелену көзінің қуаты;

Φ_0 – жұмысшы жиіліктердің диапазоны;

$\eta_{\Phi 2}$ – қабылдау фидерінің пайдалы әсер коэффициенті;

$N_{ш}$ – қабылдағыштың шу коэффициенті.

Қабылдайтын антеннаның күшею коэффициентін анықтау қажет – G_2 .

1-5 қадамдары 5.5.1 бабында қарастырылған 1-5 қадамдарға ұқсас орындалады.

6-қадам. Сыртқы кедергілердің таралу деңгейінің кеңістіктік және жиіліктік статистикасын, қабылдағыш антенналы-фидерлі жүйесінің ПӘК-ін және қабылдағыштың сезімталдығын ескере отырып, кедергі мен шудың $P_{ш}$ қосынды қуатын анықтайды. Бұл кезде мынаны:

а) $\eta_{АФТ} = 0,7 \div 0,8$ және $\xi_c = 0,8$ болған кезде, 30-100 МГц диапазонында қабылдағыштың кіре берісіндегі ішкі шулар мен сыртқы кездейсоқ кедергілердің қосынды қуатын ескеру қажет:

$$P_{ш} = -(150 \div 160) + 10 \lg \Delta F_{эфф[\kappa Гц]} \left[\frac{\partial B}{Bm} \right]; \quad (3.52)$$

б) дециметрлік және сантиметрлік толқындардың диапазонында есептеу жүргізген кезде, қабылдағыштың кіре берісіндегі кедергі қуаты оның ішкі шуларының қуатына тең қабылданады:

$$P_{ш} = k T_0 N_{ш} \Delta F_{эфф[\kappa Гц]}, \quad (3.53)$$

мұндағы $kT_0 = 4 \cdot 10^{-18} \frac{\text{Вт}}{\text{кГц}}$; $N_{ш}$ – РПУ шуының коэффициенті.

7-қадам. Берілген сапаның ЭМЖ-нің қажетті ықтималдығының еқамтамасыз етілу кезінде, қабылдағыштың кіре берісіндегі белгі қуатының қажетті ең кіші мәні есептеледі:

$$P_{сн} = \bar{Z} + 10 \lg P_{ш}. \quad (3.54)$$

8-қадам. Еркін кеңістікте таралу кезінде толықндардың әлсіреуін сипаттайтын L_0 өлшемі есептеледі.

9-қадам. 3.5-бабына сәйкес нақты таралу трассасында толқындардың қосымша басылуын сипаттайтын L_∂ өлшем есептеледі.

10-қадам. Қабылдау-анықтағышындағы қабылдау антеннасының күшею коэффициентінің ең кіші қажетті шамасы анықталады.:

$$G_2 = P_{сн} - G_1 - \eta_{\phi 1} - \eta_{\phi 2} - \xi_n - \xi_{np} - \xi_c - L_0 - L_\partial - P_1 \left[\frac{\text{дБ}}{\text{Вт}} \right]. \quad (3.55)$$

Есептеудің ұқсас алгоритмдері қабылдағыш фидер мен қабылдағыштың сезімталдығының ПӘК-ін, берілген сапасы ЭМЖ-н қамтамасыз ету ықтималдығына қойылатын берілген талаптар бойынша бағалау үшін қолданылады.

3.6.3 Радио сәулелену көзінің орташа уақытын бағалау

Радио сәулелену көзінің ашылу уақытын бағалау үшін есептік теңдеудің жалпы түрін келесідей жазуға болады:

$$\bar{t}_{вск} = \frac{\Phi_0 \cdot \lambda_f \cdot \bar{t}_{он}}{V \cdot \bar{t}_u \cdot \Lambda_p \cdot P_{об} \cdot P_{он}}, \quad (3.56)$$

мұндағы Φ_0 – бақылау мен ізденіс жиіліктерінің диапазоны;
 $\lambda_f = \frac{N_{ш}}{\Phi_0}$ – бақылау жасалатын жиіліктің диапазонының меншікті жүктемесі;
 $\bar{t}_{он}$ – радио сәулелену көзін анықтауға кеткен орташа уақыт;
 $\bar{t}_u$ – сәулеленудің орташа ұзақтығы;
 V – ізденіс, бақылау және анықтау жүйелерінің кіру ағынының қима коэффициенті;
 Λ_p – анықтау жүйесінің жүзеге асатын өту қабілеті;

- P_{on} – радио сәулелену көзін анықтау ықтималдығы;
 $P_{об}$ – радио бақылау кешенінің белгісін анықтау ықтималдығы.

3.6.4 Радио сәулелену көзін ашу ықтималдығын бағалау

- мұндағы $P_{обн}$ -радио бақылауды жүргізетін мүмкін болатын уақыт;
 T_0 -ізденіс, бақылау және анықтау жүйелерінің кіру ағынының қима коэффициенті;
 P -радио бақылау кешеніне радио сәулеленудің түсу қарқындылығы.

Радио сәулелену көзін ашу ықтималдығын бағалау - мүмкін болатын уақыттан аспаған жағдайда келесі теңдеумен анықталады:

$$P(t_{вск} \leq T_0) = 1 - \exp\left(-\frac{\lambda}{V} \cdot P_{обн} \cdot P_{on} \cdot T_0\right), \quad (3.57)$$

3.6.5 Өте қысқа берілістерді анықтаудың тиімділігінің көрсеткіштерін бағалау

Есептеуге қажетті бастапқы мәндері:

- берілген сапаның ЭМЖ қамтамасыз ету ықтималдығы ($P_{ЭМД}$);
- радио сәулеленуге дейінгі ара қашықтық (r);
- анықталған белгілердің ұзақтығының ең үлкен мәндері ($t_{изл} \leq \lambda \cdot T_{пр.м}$);
- радио сәулелену көзінен шығатын белгінің қуаты (P_1);
- қабылдайтын және беретін антенналардың түрлері мен олардың өлшемдері ($G_1, G_2, \eta_{\Phi 1,2}$), сондай-ақ олардың кеңістіктік келісу дәрежесі (ξ_{np});
- қабылдағыштың өлшемдері ($N_{ш}$ – шудың коэффициенті, Φ_0 – барлау жиілігінің диапазоны, γ – көшірудің техникалық жылдамдығы, Δt_k – алғашқы техникалық талдауға кеткен уақыт);
- радио толқындарының таралу ортасының түрі.

Берілген сапамен радио сәулелену көздеріне электр магнитті жетудің қамтамасыз етілуінің ықтималдығын бағалау.

- қадам. Қабылдағыш кіре берісіндегі белгінің қуаты P_{co} есептеледі:

$$P_{co} = P_1 + G_1 + G_2 + \eta_{\Phi 1} + \eta_{\Phi 2} + \xi_c + \xi_n + \xi_{np} + L_0 \left[\frac{\text{дБ}}{\text{Вт}} \right], \quad (3.58)$$

мұндағы P_1 – радио сәулелену көзінің қуаты;

G_1, G_2 – радио сәулелену көзі қабылдағышының антеннасының күшею коэффициенті;

$\eta_{\Phi 1}, \eta_{\Phi 2}$ – беретін және қабылдайтын фидердің пәк-і;
 ξ_n – келетін толқын өрісі бар қабылдағыш антеннаның поляризациясы бойынша коэффициенті;
 ξ_{np} – антенналардың кеңістіктік келісу коэффициенті;
 L_0 – еркін кеңістіктегі таралу кезіндегі радио толқындарының басылуы.

2-қадам. Таралу сферасының шарты мен түріне байланысты 5.5-бабына сәйкес радио толқындардың қосымша әлсіреуі L_∂ анықталады.

3-қадам. Кешеннің кіре берісіндегі белгінің қуаты анықталады:

$$P_{c[\text{дБ}]} = P_{co} + L_\partial \quad (3.59)$$

4-8 қадамдары. $\bar{Z}$ анықтау үшін 5.5.1-бабында сипатталған 1-5 қадамдарына ұқсас орындалады.

9-10 қадамдары. 5.52-5.54 формулалары бойынша $P_{ш}$ – ді, сосын $P_{сн}$ –ді анықтау үшін 5.5.2 бабына сәйкес 6-7 қадамдарына ұқсас орындайды.

11-қадам. ЭМЖ қамтамасыз ету шартының орындалуын тексеру мақсатында анықталған P_c және $P_{сн}$ мәндерін салыстырады:

а) егерде $P_c \geq P_{сн}$ болса, онда электр магнитті жетуін қамтамасыз ету шарты орындалады;

б) егерде $P_c < P_{сн}$ болса, онда анықтағыштың таңдалып алынған техникалық өлшемдері ($N_{ш}, G_2, \eta_{\Phi 2}$) кезінде электр магнитті жетудің қамтамасыз етілуі мүмкін емес.

12-қадам. Егерде ЭМЖ қамтамасыз ету мүмкін емес болса, онда белгі қуатының қажетті $P_{сн}$ және есептелген P_c мәндерінің айырмасын $\Delta P = P_{сн} - P_c$ азайту немесе толықтай толтыру мақсатында, радио құралдарын тиімді пайдалану бойынша негізделген нұсқауларды ұсыну қажет.

Радио сәулелену көзін анықтау кешенінің жиілікті-уақытты жанасуының ықтималдығын анықтау.

1-қадам. Егерде радио сәулеленудің ұзақтығы $t_{u3л}$ нақты берілмеген болса, онда баға $\bar{t}_{u3л} = \lambda \cdot T_{np.m}$, мұндағы $\lambda \in [0; 1]$, имитациялық модельдеу әдісімен жүзеге асады.

2-қадам. Панорамалы қабылдағыш пен спектр талдауышы үшін жиіліктің диапазонын анықтау кешенімен қарау мерзімі $\bar{T}$ әдетте белгілі, жылдамдықпен анықталады, алайда белгінің алғашқы талдауын анықтайтын күрделі кешендер үшін, қарау мерзімінің жиілік диапазонын $\bar{T}$ келесі теңдеу бойынша имитациялық модельдеу әдісімен анықтайды:

$$\bar{T} = T_{np.m} + \bar{N}_{pu} \cdot t_k, \quad (3.60)$$

мұндағы $T_{np.m}$ – техникалық талдау жылдамдығы бар жиіліктің диапазонын қарау (детерминацияланған шама);

$\bar{N}_{pu}$ – бір өту кезіндегі уақыт және жиілік бойынша жанасу болатын радио сәулелену саны (Пуассон заңы бойынша таралатын кездейсоқ шама);

t_k – алғашқы техникалық талдауға кеткен уақыт.

3-қадам. Зерттелетін жиілік диапазонын бір рет қарау мерзім ішінде сәулеленуі бар жиілікті-уақытты жанасу ықтималдығын есептеу:

$$P_K = \frac{\tau - 2t_k + t_u}{T}, \text{ егерде } t_{изл} = const; \quad (3.61)$$

$$P_K = \frac{\tau - t_k}{T} + \frac{t_u}{T} \cdot \exp\left(-\frac{t_k}{t_u}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{T - \tau + t_k}{T}\right)\right), \text{ егерде } t_{изл} = \lambda T_{np.m}.$$

$t_{изл}$ берілген ұзақтығы бар қысқа берілісті анықтаудың ықтималдығын келесі формула бойынша анықтайды:

3.7 Құрастыру кезеңі. Радиомикрофонның жұмыс істеу принципі.

Радиомикрофондардың жұмыс істеу принципі акустикалық сигналдарды микрофон арқылы электрикалық сигналдарға түрлендіріп, радиоарна арқылы қабылдағыш құрылғыға жіберу болып табылады. Радиомикрофон коммерциялық тыңшылықтың ең көп тараған техникалық құрылғысы болып табылады. Оның танымалдылығы жұмыс істеу қарапайымдылығына, бағасының тиімділігіне және кішігірім мөлшерде болғанына байланысты.



3.5-сурет – Жалпы түрдегі радиомикрофонның құрылымдық схемасы.

Ең қарапай түріне тоқталатын болсақ радиомикрофон микрофоннан дауыстық ауытқуларды электрикалыққа түрлендіргіштен, радиожібергіш құрылғыдан тұрады. Микрофон акустикалық зонаның сезімталдылығын анықтайды. (әдетте ол 20-30 метр төңірегінде ауытқиды). Радиожібергіш – радиолиниялардың ұзақтығын анықтайды. Ұзақтық іс-әрекет көзқарасы

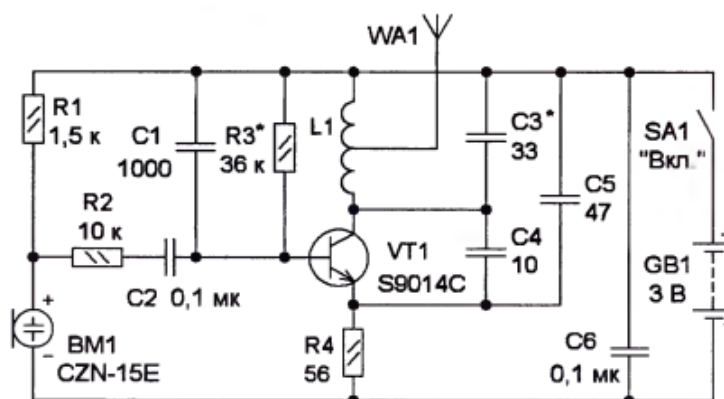
жағынан анықтаушы параметрлер болып: қуаттылық, белгілі жиіліктің қалыптылығы, жиілік диапазоны, модуляция түрі жатады [14].

Радиоарна ұзындығына радиоқабылдағыш құрылғының типі де әсер етеді. Басқару құрылғысы радиомикрофонның міндетті түрде қолданатын элементіне жатпайды. Ол тек оның мүмкіншілігінің артуына ғана қолданылады. Яғни: қашықтықтан басқару, режимдерін өзгерту мүмкіншіліктері. Дауысқа байлынысты қосылу режимі, сол уақытта жазу режимі, жылдамдату режимі және тағы басқалар. Қорек көзі ретінде автономды қорек көздері қолданылуы мүмкін. Мысалға электрикалық және телефон желілері.

Басты мәселелердің бірі боп тыңдағыш құрылғылардың жұмыс істеу принципіндегі дыбыс ақпараттарын жаулап алу ғана емес, сол ақпараттарды қашықтықтан нақты әрі таза алу юоп табылады. Мұндай жағдайларда радиожібергіштер қолданылады.

3.7.1 Радиомикрофонның жұмыс істеу принципін сипаттау

Құрылғының негізі (сурет 3.6) LC-генератор, VT1 транзисторында “сыйымдылық, үшнүктелік” схемасы бойынша.

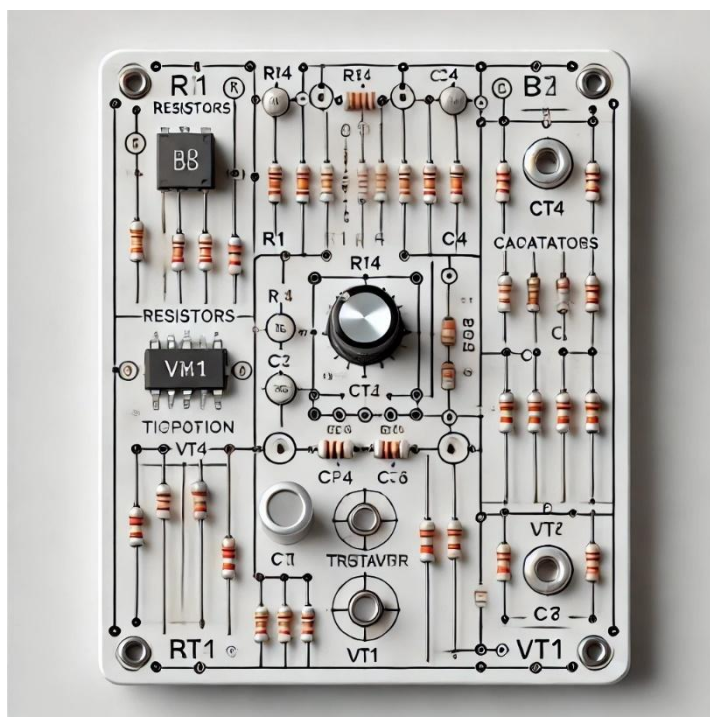


3.6-сурет – Құрылғы негізі

Генерация жиілігі шамамен 100 МГц құрайтындай, конденсатор номиналдары C3C5 және катушка индуктивтілігі L 1 болатындай таңдалған.

Ол УҚТ ЧМ диапазонының ортасында 88...108 МГц орналасқан. C1 Конденсаторы транзистор базасын жоғарғы жиіліктегі қуат арналарымен байланыстырады [15].

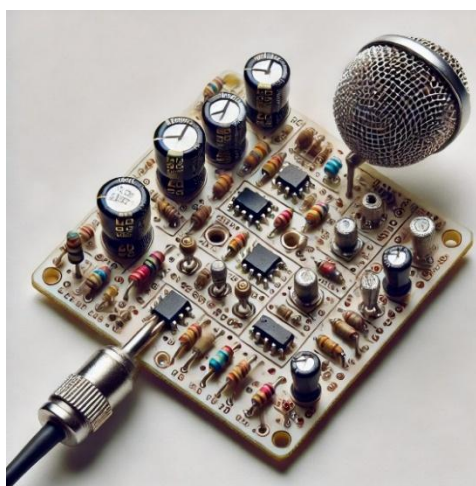
ВМ 1 электрді микрофоны дауыстық сигналды электрикалыққа түрлендіреді, ол A2 резисторы және C2 конденсаторы арқылы транзистор VT1 базасына келеді. Нәтижесінде ток транзистор арқылы өзгереді. Бұл оның генерацияланған сигналының жиілігін және амплитудасының өзгеруіне әкеледі. L1 катушқасына қалыңдығы 0.5...1 мм және ұзындығы 30...40 см изоляцияланған сым антеннасын қосады.



3.7-сурет – Баспа платасы

Генератор сигналын УҚТ радиомен хабар беретін станция қабылдағышында жоғарғы диапазонда, қашықтығы бірнеше ондаған метрде қабылдай алады. Өшіргіш және батарея қуат көзінен басқа бүкіл элементтер 1...1,5 мм қалыңдықтағы біржақты фольгаланған шыны талшықта баспа платасында өңделеді. Сызбасы 3.7 - суретте көрсетілген.

Орнатылған плата 3.8 суретте көрсетілген.



3.8-сурет – Орнатылған плата

Құрылғыны қоректендіру үшін Екі гальваникалық элементтен әр бірі 1,5 немесе қуаты 3 В, САхххх сериялы батареяны қолданса болады. МЛ-Т: С2-23,

P1 4 резисторлары, K10-17 конденсаторлары қолданылады, дегенімен C3-C5 конденсаторы ТКЕ ПЗЗ, МПО немесе МЗЗ қамту керек. Ол генератордың жиілігінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

S9014С транзисторын коллектордың тоқты жіберу коэффициенті 50 – ден аспайтын КТ368, КТ399, 2SC9014, S9018 сериялы транзистормен ауыструға болады.

КТ326, КТ363 сериялы транзисторларды қолдансақ болады, алайда, бұл жағдайда оның қарама-қарсы полярлық қосылу қуаттаннатын кернеу және микрофонды өзгерту қажет.

Қуат алуды өшіргіш кішкені пішінді, мысалға, екі қорытындылаушыларымен, бірақ ең күшті нәтижелер көрсетілген схемадағылар.

Реттеу А3 резисторының 1,5...2,5 мА тоқты орнатылуы кезінде болады.

4 Simulink бағдарламасындағы QPSK модуляциясын қолданатын радиомикрофонның имитациялық моделін жасау

Радиомикрофон QPSK таратқышпен QPSK қабылдағыштан тұрады. QPSK таратқыш мәліметтерді цифрлы түрде алып, оларды тасымалданатын сигналға түрлендіреді. Бұл модель әдетте келесі блоктардан тұрады:

- Кездейсоқ бит генераторы – ақпараттық биттерді генерациялайды.
- QPSK модуляторы – екі битті бір символға айналдырып, оны төрт түрлі фаза бойынша модуляциялайды.

- Форматтау және жіберу – сигналды қалыптастырып, арнаға жібереді.

QPSK қабылдағыш таратқыштан келген сигналды қабылдап, оны бастапқы биттерге айналдырады:

- Сигналды қабылдау – шуды ескере отырып, сигналды қабылдайды.
- QPSK демодуляторы – модуляцияланған сигналдан бастапқы биттерді

қалпына келтіреді.

- Қателерді тексеру – алынған биттерді бастапқы биттермен салыстырып,

BER (Bit Error Rate) есебін жүргізеді.

Бұл модель барлық өңдеуді кешенді негізгі диапазонда (комплекті базалық жолақта) орындайды және ол жиіліктің статикалық ығысуы, синхронизацияның ауытқуы және гаусстық шу сияқты әсерлерді өңдеуге арналған. Бұзылулармен күресу үшін бұл модельде практикалық цифрлық қабылдағыштың эталондық құрылымы ұсынылады. Бұл құрылым келесі элементтерді қамтиды:

- Корреляцияға негізделген жиілікті дөрекі компенсациялау;

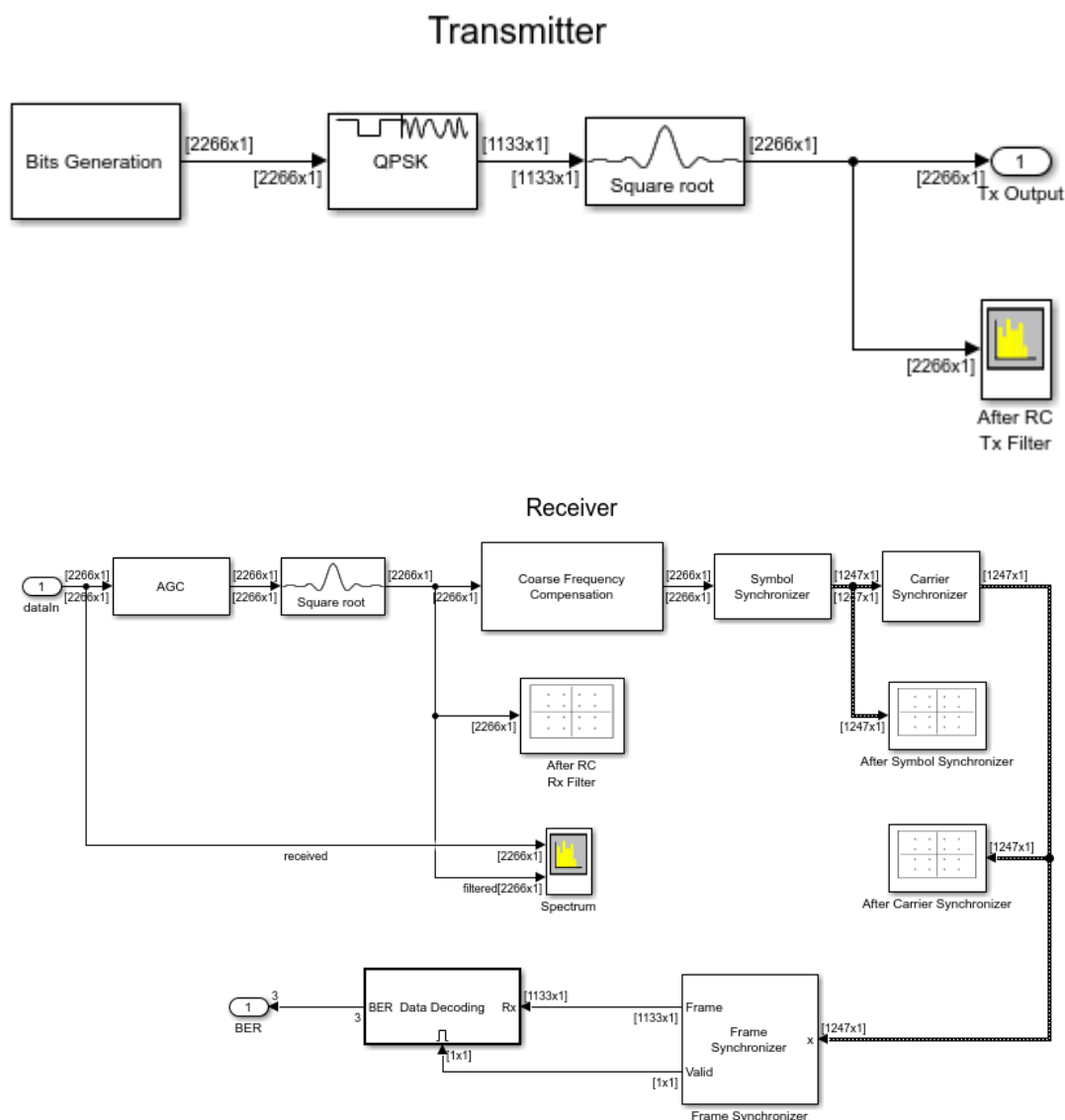
- Фазаны автоматты түрде бақылау ілмегі (ФАБІ/ФАЖБ) арқылы дәл жиілікті түзету;

- Фазалық Автоматты Жиілікті Баптау (ФАЖБ) негізіндегі символ синхронизациясын қалпына келтіру;

- Кадр синхронизациясы;

- Фазадағы екіұштылықты жою;

Қабылдағыштағы синхронизация алгоритмдерін жүзеге асыратын Communications Toolbox™ кітапханасының бірнеше блоктарының қолданылуы көрсетілген.



3.9-сурет – QPSK радиоқабылдағыш пен радиотаратқыштың моделі

QPSK радиоқабылдағыш пен радиотаратқыштың моделіне келсек, бұл жерде таратқыш келесі блоктардан тұрады. Биттер генерациясы – әрбір кадрға арналған биттерді жасайды. QPSK модуляторы – биттерді QPSK символдарына модуляциялайды. Көтеріңкі косинустық жіберу сүзгісі – 0,5 құлау коэффициентін пайдаланып, QPSK символдарының дискретизациясын екі есе арттырады.

Жиіліктің ығысуы және уақыттық кідірісі бар AWGN арнасы – сигналға жиілік ығысуын, синхронизация дрейфін және аддитивті ақ Гаусстық шуды қолданады.

Ал, қабылдағыш келесі блоктардан тұрады.

Қабылдау сүзгісі (Raised Cosine) – 0,5 құлау коэффициентін қолданады.

Дөрекі жиілік компенсациясы – қабылданған сигналдағы жиіліктің шамамен ығысуын бағалап, түзетеді.

Символ синхронизациясы – кіріс сигналын қайта дискретизациялап,

синхронизацияланған стробберге сәйкес символ шешімдерін оңтайлы уақытта қабылдайды.

Тасымалдаушы жиілікті синхрондаушы – қалған жиілік ығысуы мен фазалық ығысуын түзетеді.

Кадр синхронизациясы – кадрдың шекараларын белгілі кадр тақырыбына сәйкестендіреді.

Деректерді декодтау – тасымалдаушы жиілік синхронизаторының тудырған фазалық екіұштылықты жояды, сигналды демодуляциялайды және мәтіндік хабарламаны декодтайды.

Енді жұмыс істеу принципіне келсек, таратқыш бит генерациялау ішкі жүйесін, QPSK модуляторын, және Raised Cosine жіберу сүзгісін қамтиды.

Бит генерация ішкіжүйесі – MATLAB жұмыс кеңістігіндегі айнымалыны кадрдың пайдалы жүктемесі ретінде пайдаланады.

Әр кадрда "Сәлем, қалайсың ####" мәтінінің 20 хабарламасы және тақырып болады.

Алғашқы 26 бит — бұл кадр тақырыбының биттері, яғни 13 биттік Баркер коды, ол екі есе қайта дискретизацияланған.

Бұл QPSK үшін дәл 13 символ алу үшін қажет, кейін бұл қабылдағыштағы деректерді декодтау ішкіжүйесінде қолданылады.

Қалған биттер — бұл пайдалы жүктеме.

Пайдалы жүктеме — " Сәлем, қалайсың ####" ASCII түріндегі мәтін, мұндағы "####" — «000», «001», «002», ..., «099» реттілігімен қайталаынады.

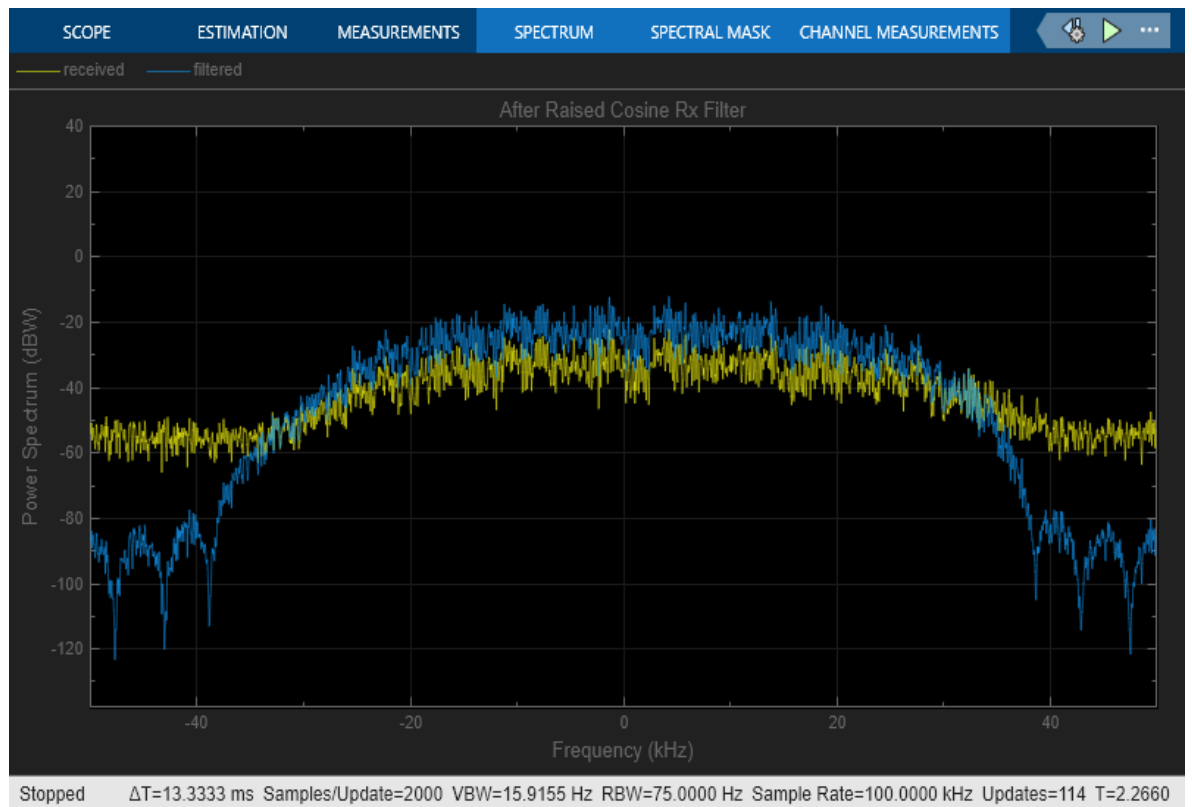
Пайдалы жүктеме скремблируется (шифрланады), бұл синхронизацияны қалпына келтіру алгоритмдерінің дұрыс жұмыс істеуі үшін 0 мен 1 санының тең таралуын қамтамасыз етеді.

Скремблирленген биттер Грей кодымен QPSK модуляцияланады.

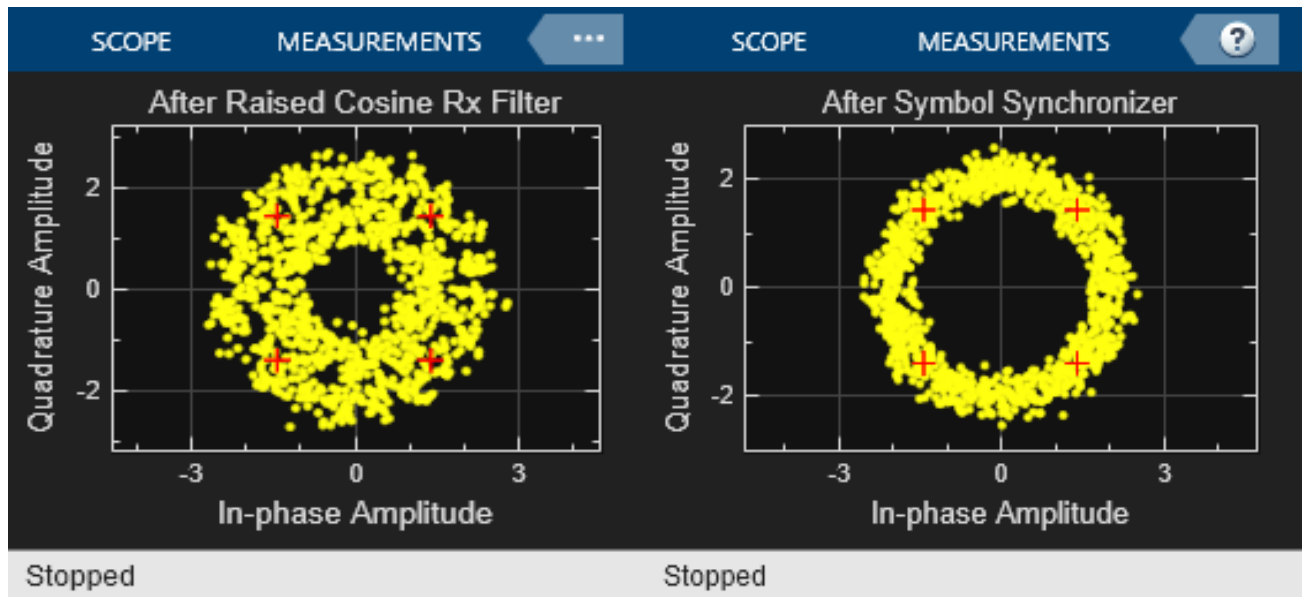
Модуляцияланған символдар Raised Cosine сүзгісімен екі есе дискретизацияланады (құлау коэффициенті 0.5).

Таратқыш жүйесінің символ тарату жылдамдығы — 50 мың символ/сек. Raised Cosine сүзгісінен кейінгі дискретизация жылдамдығы — 100 мың үлгі/сек.

Келесі диаграммалар сүзгіге дейін және одан кейін қабылданған сигналдың спектрін, сондай-ақ сүзгіден кейінгі сигнал графигін, синхрондауды қалпына келтіргеннен кейін және нақты жиілік компенсациясынан кейін көрсетеді.



3.10 - сурет – Модельдеу биттердегі қателіктердің пайда болу жиілігінің графикалық бейнесі



3.11 - сурет – Символ синхронизаторы мен тасымалдаушы синхронизатор блоктарының шығысындағы шоқжұлдыз диаграммалары

Бұл модельде статикалық жиіліктің орын ауыстыруы модельденеді. Іс жүзінде жиіліктің ауысуы уақыт өте келе өзгеруі мүмкін. Бұл модель жиілікті өтеудің өрескел ішкі жүйесі арқылы уақыт бойынша өзгертін жиілік дрейфін

бақылай алады. Егер жиіліктің нақты 00мещысуы жиіліктің максималды сысуынан асып кетсе, оны ағымдағы жиілікті өтеу ішкі жүйесі бақылай алады, қайта іріктеу коэффициентін арттыру арқылы оның бақылау ауқымын арттыруға болады. Сонымен қатар, модель параметрлері блогындағы алгоритмді корреляциядан FFT-ге негізделген өзгертуге болады . FFT негізіндегі Алгоритм төмен ЕВ / по корреляциялық алгоритмге қарағанда жақсы жұмыс істейді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыста радиобекітпелік құрылғылардың — радиотаратқыш, радиоқабылдағыш және радиомикрофон секілді элементтердің жұмыс істеу принциптері зерттеліп, олардың физикалық және математикалық модельдері қарастырылды. MATLAB/Simulink ортасында жүргізілген модельдеу тәжірибелері арқылы нақты сигналдардың түрлену процестері мен арнада туындайтын кедергілердің әсері (шу, жиілік ығысуы, синхронизация дрейфі) толық талданды.

Модельдеу барысында модуляция және демодуляция әдістері, синхронизация алгоритмдері, сондай-ақ кадр шекараларын анықтау, фазалық және жиіліктік ығысу компенсациялары тәжірибе жүзінде зерттелді. Сонымен қатар, QPSK модуляциясы мен қабылдағыштағы символдарды қалпына келтіру механизмдері нақты жүзеге асырылды.

Бұл берілген жұмыста жұмыста бекітпелі құрылғылардың құралуының техникалық ерекшеліктері қамтылған. Іздестіру және анықтау процедураларында өз орнын ойып тұрып алады. Қауіпті сигналды таратушы ретінде қажетті көлемде радиоарналар қарастырылған. Қажетті құралдарды бекітпелік құрылғыға орнатудағы ,сигналдың техникалық анализін алу айла тәсілдері қарастырылған.

Зерттеу нәтижесінде радиобекітпелік құрылғылардың тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін негізгі факторлар анықталды. Бұл білімдер сымсыз байланыс жүйелерін жобалауда, телекоммуникациялық жүйелерді оңтайландыруда және оқу үрдісінде үлкен практикалық мәнге ие.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Cahill, M.T.; Glase, W.E. A channel access protocol for tactical IP networks using software defined VHF radios. In Proceedings of the Military Communications Conference, Anaheim, CA, USA, 7–10 October 2002; Volume 1, pp. 363–368.
- 2 Chamberlain, M.W. A software defined HF radio. In Proceedings of the Military Communications Conference, Atlantic City, NJ, USA, 17–20 October 2005; Volume 4, pp. 2448–2453.
- 3 Nakura, K.; Mori, S.; Masaki, H.; Harada, H. Software-Defined Radio-based IEEE 802.15.4 SUN OFDM evaluation platform for highly mobile environments. *IEEE J. Veh. Technol.* 2024, 5, 95–107.
- 4 Wang, H.; Crilly, B.; Zhao, W.; Autry, C.; Swank, S. Implementing mobile ad hoc networking (MANET) over legacy tactical radio links. In Proceedings of the Military Communications Conference, Orlando, FL, USA, 29–31 October 2007; pp. 1–7.
- 5 Khaled, H.; Alkhazraji, E. AI optimization-based heterogeneous approach for green next-generation communication systems. *Sensors* 2024, 24, 4956.
- 6 Wang, G.; Chen, G.; Shen, D.; Tian, X.; Pham, K.; Blasch, E. Spread spectrum design for aeronautical communication system with radio frequency interference. In Proceedings of the Digital Avionics Systems Conference, Prague, Czech Republic, 13–17 September 2015; pp. 2F1-1–2F1-11.
- 7 Romero-Godoy, D.; Molina-Padrón, N.; Cabrera, F.; Araña, V.; Jiménez, E. Design and implementation of a prototype with a low-cost SDR platform for the next generation of maritime communications. In Proceedings of the Atlantic and Asia Pacific Radio Science Meeting, Gran Canaria, Spain, 30 May–4 June 2022; pp. 1–4.
- 8 Wang, Y.; Yang, K.; Ding, J.; Chen, X.; Li, Q.; Peng, T. Design and implementation of Maritime 5G communication system based on Software Defined Radio and open air interface. In Proceedings of the Conference on Unmanned Systems, Hefei, China, 13–15 October 2023; pp. 1607–1612.
- 9 Kacpura, T.J.; Downey, J.A.; Anderson, J.R.; Baldwin, K. Evolution of a reconfigurable processing platform for a next generation space Software Defined Radio. In Proceedings of the Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 1–8 March 2014; pp. 1–10.
- 10 Xiong, W.; Lu, J.; Tian, X.; Chen, G.; Pham, K.; Blasch, E. Cognitive radio testbed for digital beamforming of satellite communication. In Proceedings of the Cognitive Communications for Aerospace Applications Workshop, Cleveland, OH, USA, 27–28 June 2017; pp. 1–5.
- 11 Coronado, E.; Khan, S.N.; Riggio, R. 5G-EmPOWER: A Software-Defined networking platform for 5G radio access networks. *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.* 2019, 16, 715–728.
- 12 Efstathiou, D.; Fridman, L.; Zvonar, Z. Recent developments in enabling technologies for software defined radio. *IEEE Commun. Mag.* 1999, 37, 112–117.

13 Haghighat, A. A review on essentials and technical challenges of software defined radio. In Proceedings of the Military Communications Conference, Anaheim, CA, USA, 7–10 October 2002; Volume 1, pp. 377–382

14 Hall, P.S.; Gardner, P.; Faraone, A. Antenna requirements for Software Defined and cognitive radios. *Proc. IEEE* 2012, 100, 2262–2270. [CrossRef] *Sensors* 2025, 25, 1826 14 of 15 15. Mueck, M.; Piipponen, A.; Kalliojärvi, K.; Dimitrakopoulos, G.; Tsagkaris, K.; Demestichas, P.; Casadevall, F.; Pérez-Romero, J.; Sallent, O.; Baldini, G.; et al. ETSI reconfigurable radio systems: Status and future directions on software defined radio and cognitive radio standards. *IEEE Commun. Mag.* 2010, 48, 78–86

15 Chen, L., & Zhao, Q. (2023). A Novel Approach to Speech Signal Classification with Hopfield Neural Networks. *Neurocomputing*, 450, 276-285.

16 Patel, N. (2022). Hopfield Network Models for Robust Speech Recognition Systems. Master's Thesis, Institute of Computational Sciences.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

дипломдық жұмысқа

Ауғанбай Сандуғаш

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Радиобекітпелік құрылғыларды зерттеу модельдеу»

Ұсынылып отырған диплом жұмысы радиобекітпелік құрылғылардың негізгі элементтері — радиотаратқыш, радиоқабылдағыш және радиомикрофонның құрылымын, жұмыс істеу принциптерін зерттеуге және оларды модельдеу арқылы талдауға арналған. Зерттеу тақырыбы қазіргі заманғы сымсыз байланыс пен радиоэлектроника салалары үшін ерекше маңызға ие және жоғары практикалық құндылығымен ерекшеленеді.

Жұмыс барысында студент радиобекітпелік жүйелердің физикалық және математикалық модельдерін әзірлеп, оларды MATLAB/Simulink платформасында тәжірибелік түрде тексерген. Модельдеу нәтижелері жұмыстың ғылыми тереңдігі мен зерттеудің негізділігін дәлелдейді. Атап айтқанда, QPSK модуляциясы мен демодуляциясы, жиілік ығысуы, фаза дрейфі, синхронизация, кадр шекараларын анықтау сияқты маңызды техникалық аспектілер егжей-тегжейлі талданған.

Диплом жұмысының құрылымы жүйелі, баяндау тілі ғылыми стильге сай және материал мазмұны логикалық түрде дамытылған. Зерттеуде қолданылған әдістер мен тәсілдер сымсыз байланыс жүйелерін жобалау мен олардың сапасын арттыруда тікелей пайдалануға болады. Сонымен қатар, сигналдарды іздеу және анықтау үдерістеріне қатысты техникалық шешімдердің қарастырылуы жұмыстың қолданбалы бағытын айқындай түседі.

Жалпы алғанда, жұмыс мазмұны жағынан құнды әрі заманауи талаптарға сай келеді. Алайда, ғылыми мәтіндегі кейбір терминдердің бірізділігін қамтамасыз ету және мазмұндағы қайталанатын сөйлемдерді ықшамдау ұсынылады.

Дипломдық жұмыс ғылыми талаптарға толық сәйкес келеді, зерттеу нәтижелері негізді және қолданбалы маңызға ие. Жұмыс жоғары бағаға лайық.

Жұмысты бағалау

Студент Ауғанбай Сандуғаш дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "95/A+/- өте жақсы" деп бағаланды, ал Ауғанбай Сандуғаш 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының "Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар" саласының бакалавры дәрежесіне сай деп санаймын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессоры

PhD


К.Н.Тайсариева

«28» 05 2025 ж.

СЫН ПІКІР

дипломдық жұмысқа

Ауғанбай Сандұғаш

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Радиобекітпелік құрылғыларды зерттеу модельдеу»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 4 парак;
б) түсініктеме 74 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Ұсынылып отырған диплом жұмысы радиобекітпелік құрылғылардың құрамдас бөліктерін — радиотаратқыш, радиоқабылдағыш және радиомикрофон сияқты элементтерді зерттеуге және олардың жұмыс істеу принциптерін модельдеу арқылы талдауға арналған. Тақырып бүгінгі күнгі сымсыз байланыс және радиоэлектроника салалары үшін өте өзекті және практикалық мәнге ие.

Жұмыс барысында студент радиобекітпелік жүйелердің физикалық және математикалық модельдерін ұсынған. MATLAB/Simulink платформасында жүргізілген модельдеу тәжірибелері зерттеудің тереңдігі мен нәтижелерінің негізділігін көрсетеді. Әсіресе, QPSK модуляциясы, демодуляция, жиілік ығысуы, фаза дрейфі, синхронизация, кадр шекараларын анықтау және басқа да маңызды аспектілер нақты модельдермен тәжірибелік тұрғыда зерттелген.

Жұмыс құрылымы логикалық тұрғыдан жақсы ұйымдастырылған, мазмұны ғылыми тілмен жазылған. Қарастырылған әдістер мен тәсілдер сымсыз жүйелерді жобалау мен байланыс сапасын жақсартуға тікелей қолданыла алады. Сонымен қатар, іздестіру және сигналдарды анықтау процедураларына байланысты техникалық тәсілдердің енуі жұмыстың қолданбалы бағытын кеңейтеді.

Жұмыстың мазмұны тұтасымен құнды, дегенмен терминдердің бірізділігіне және кейбір қайталанатын сөйлемдерді ықшамдауға назар аударылса, мәтіннің сапасы одан әрі арта түседі. Сонымен қатар, зерттеу нәтижелерін көрнекі түрде — графиктермен, диаграммалармен немесе кестелермен толықтырған тиімді болар еді.

Жұмысты бағалау

Жалпы, дипломдық жұмысқа «өте жақсы» (95%) деген баға, ал студент Ауғанбай Сандұғашты 6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне ұсынамын.

Рецензент

ҚазҰАЗУ, доктор PhD,

қауымд. профессоры



Әлібек Н.Б.

« 20 » 05

2025 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Ауганбай Сандугаш

Тақырыбы: Радиобекітпелік құрылғыларды зерттеу модельдеу

Жетекшісі: Кырмызы Тайсариева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 4.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.6

Дәйексөз (35): 0.8

Әріптерді ауыстыру: 12

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

2025-04-29

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ауганбай Сандугаш

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Радиобекітпелік құрылғыларды зерттеу модельдеу

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 4.1

Коэффициент Подобия 2: 2.6

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 12

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2025-04-29

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ауганбай Сандугаш

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Радиобекітпелік құрылғыларды зерттеу модельдеу

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 4.1

Коэффициент Подобия 2: 2.6

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 12

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2025-04-29

Дата



Сүңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт