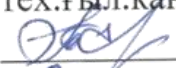


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
тех.ғыл.канд, профессор
 Е.Таштай
«29» 04 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Телекоммуникация саласында ұялы мобильді радиобайланыс
жүйесін жобалау»

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:



Оразалаев Әлфараби

Рецензия беруші

 Юсупова Г. М

Туран университеті
РЭТ каф. асоц проф. PhD

«30» 04 2019 ж.



Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. техн.ғыл.маг.,
лектор

 Толен Г.Б

«30» 04 2019 ж.


Алматы 2019

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Телекоммуникация саласындағы ұялы байланыстар	8.02.2019	
Радиобайланыстың ұялы мобильді жүйелерінің сипаттамалары	22.03.2019	
Бөгеулікке орнықты сандық хабарды қабылдауда жылдам және баяу тынып қалулардың әсер етуін талдау	21.04.2019	

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

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Н.К Смайлов. PhD., докторы, сениор лектор	30.04.19	

Ғылыми жетекшісі  Г.Б Толен
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Ә.Оразалиев

Күні “ ___ ” _____ 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

тех.ғыл.канд, профессор

 Е.Таштай

«08» 02 2019 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Оразалиев Әлфараби

Тақырыбы: Телекоммуникация саласында ұялы мобильді радиобайланыс жүйесін жобалау.

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

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі “___” _____ 2019 жыл.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын радиобайланыстың ұялы мобильді жүйелерінің сипаттамалары.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) Телекоммуникация саласындағы ұялы байланыстар;
- 2) Радиобайланыстың ұялы мобильді жүйелерінің сипаттамалары;
- 3) Бөгеулікке орнықты сандық хабарды қабылдауда жылдам және баяу тынып қалулардың әсер етуін талдау;

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызбалық материалдар мобильді байланыстың ұялы жүйелері сызбасы көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер тізімі:

- 1 Бабков В.Ю.
- 2 Васильев В.Н.,
- 3.Буркин А.П.,
- 4.Свириденко В.А.

Андатпа

Осы дипломдық жобаның мақсаты жылжымалы объектері бар радиожүйелердегі цифрлы хабарламаларды қабылдаудың бөгеулікке орнықтылығындағы радиоарнадағы сигналдың бірмезгілде жылдам және баяу тынып қалу әсерін зерттеу болып табылады. Өңделген дипломдық жобадағы қолданып орындалған талдау нәтижелері, төмендеу сапасы көптеген жылжымалы байланыс жүйесіне сәйкес келетін жылжымалы байланыс жүйесінің радиоарналарының параметрлеріне негізделген.

Дипломдық жобада баяу және жылдам тынып қалу жағдайындағы сигналдарды сипаттайтын, математикалық модельді аналитикалық әдіспен құру негізіндегі, қабылдағыштың кірісіндегі сигналдардың параметрлерін анықтайтын радиоарналардың әртүрлі статистикалық сипаттамалары және классификациясы қолданылған.

Жобаның нәтижесі тәжірибе түрінде статистикалық имитациялық модельдеу нәтижесінде тексеріледі. Қойылған есептерді шешу үшін әдістер және кездейсоқ жағдайлар теориясының математикалық аппараты, оптималды қабылдау теориясы, кезектесу жүйе теориясы, сонымен қатар аппроксимация теориясы қолданылған.

Аннотация

В данном дипломном проекте является исследование влияния одновременного быстрого и замедленного дыхания сигнала на радиоканале, остойчивости приема цифровых сообщений в радиосистемах с подвижными объектами. Результаты анализа, выполненного с использованием разработанного дипломного проекта, основаны на параметрах радиоканалов подвижной системы связи, качество детализации которых соответствует многим системам подвижной связи.

В дипломном проекте использованы различные статистические характеристики и классификация радиоканалов, определяющие параметры сигналов во входе приемника на основе аналитического метода построения математических моделей, характеризующих сигналы в условиях замедленного и быстрого дыхания.

Результаты проекта проверяются в результате экспериментального статистического имитационного моделирования. Для решения поставленных задач использованы методы и математический аппарат теории случайных ситуаций, теория оптимального восприятия, Теория систем чередования, а также теория аппроксимации.

Annotation

In this diploma project is to study the effect of simultaneous fast and slow breathing signal on the radio channel, the stability of receiving digital messages in radio systems with moving objects. The results of the analysis performed using the developed diploma project are based on the parameters of the radio channels of the mobile communication system, the quality of detail of which corresponds to many mobile communication systems.

In the thesis project used various statistical characteristics and classification of radio channels that determine the parameters of the signals in the input of the receiver based on the analytical method of constructing mathematical models that characterize the signals in slow and fast breathing.

The results of the project are validated in the experimental result, the statistical simulation. The methods and mathematical apparatus of the theory of random situations, the theory of optimal perception, the theory Of alternating systems, as well as the theory of approximation are used to solve the problems.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Телекоммуникация саласындағы ұялы байланыстар	10
1.1 Ұялы байланыс жүйесінің негізгі түрлері	10
1.2 Ұялы байланыс жүйесінің негізгі түрлері	12
1.3 Мобильді байланыстың ұялы жүйелері	15
1.3.1 Ұялы мобильді радиобайланыс жүйесін құру принциптері	18
1.3.2 Байланыстың ұялы мобильді желі құрылымы	18
2 Радиобайланыстың ұялы мобильді жүйелерінің сипаттамалары	21
2.1 Сигналдардың жылдам және баяу тынып қалуының статистикалық сипаттамалары	22
2.2 Ақпараттық радиоарнада хабарды тарату тиімділігін арттыру әдістері	27
3 Бөгеулікке орнықты сандық хабарды қабылдауда жылдам және баяу тынып қалулардың әсер етуін талдау	29
3.1 Бірінші типті тынып қалудың моделі үшін қабылдау қателігінің орташа ықтималдығы	29
3.2 Екінші түрдегі тынып қалу моделі үшін қате қабылдаудың орташа ықтималдығы	32
3.3 Тынып қалу кезінде хабарды қабылдау санасына арна синхронизациясының әсері	35
3.4 Ақпаратта таратудың сандық жүйесінің моделі	36
3.5 Тактілі синхронизацияның бақыланбайтын жүйе алгоритмі	39
Қорытынды	56
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	57

Кіріспе

Көптеген жылжымалы байланыстың радиожүйелерінің принципалды ерекшелігі болып жылдам және баяу тынып қалу жағдайларындағы сигналды қабылдау болып табылады. Баяу тынып қалу радиоарнадағы сигналдардың сигналдардың орналасу шартының өзгеруіне байланысты ортақ квадратты сигнал мәнінің әлсіреуіне әкеледі.

Бұндай жағдайда, жылжымалы объектіге байланысты радиожүйелерін жобалау және принципалды теория сұрақтары ақпаратты тарату жылдамдығымен шектелетін бөгеулікке тұрақты кезінде бір уақытта жылдам және баяу тынып қалу сандық хабарларды қабылдауларының әсер тәжірибе болып табылады.

Әртүрлі жиілік диапазонында жұмыс істейтін жылжымалы байланыс радиожүйесінде тынып қалу әртүрлі себептерден туындайды, бірақ қабылдағыш кірісіндегі сигнал/шуыл қатынасы үлкейтілуін талап ететін компенсация үшін, сонымен қатар тынып қалумен күресудің арнайы әдістерін қолдану кезінде, мысалы, кодалау, оптималды қабылдау және тағы басқа хабарды қабылдау сапасының төмендеуіне әкеледі. Дипломдық жобада келтірілген зерттеулердің ғылыми мақсаты келесілерден тұрады.

Иілгіш тынып қалу сигналының аппроксимациялайтын шартсыз тығыздық ықтималдылығы дипломда алынған және әдебиеттерде қолданылатын формулаларға негізделген жылжымалы байланыс радио арнасының кең классы үшін бір уақыттық жылдам және баяу тынып қалу радио жүйесінің бөгеулікке төзімділігіне әсер ету анализінің әдісі өңделген.

Байланыс сенімділігіне тәуелді энергетиканың қор коэффициент формуласы және сигнал/шуыл арақатынасынан орташа қателік ықтималдылығы тәуелділігіне байланысты алынған жылдам және баяу тынып қалу кезінде қабылдағыштың кірісінде иілгіш сигналдың ықтималдылығын бейнелейтін тынып қалудың екі үлгісі үшін аналитикалық әдістермен негізделеді.

1 Телекоммуникация саласындағы ұялы байланыстар

1.1. Ұялы байланыс жүйесінің негізгі түрлері

Қазіргі заманғы телекоммуникациялық жүйелер арасында қозғалмалы жүйелер, сонын ішінде ұялымобильді байланыс қарқынды дамуда. Ұялы жүйедегі байланыс өте қысқа тарихи кезеңде көптеген абоненттерге байланыс қызметін көрсететін өте тез дамып жатқан технологияға айналды. Қазіргі уақытта ұялы жүйелер қозғалмалы байланыстар белгіленген және қозғалмалы спутникті жүйелермен біріктіріледі. Мұндай жүйе шекаралық түрде әр түрлі қашықтарға жіберілген абоненттер арасында ақпаратты тасымалдауға мүмкіндік береді. Мультимедиа режимін қамтамасыз етіп радиоарналарды ұялы жүйелерде ақпаратты тарату жылдамдығы үзіліссіз артады.

Қозғалмалы байланыс жүйелерінің теория сұрақтары мен жобалауы өте маңызды болып және олардың шешімі радиожүйелердің тиімді, тұрақты өсуімен сипатталады.

Қазіргі заманда мобильді радиобайланыс жүйелері (СМР) қолдану спектрі, қолданылатын ақпараттық технологиялар және ұйымдастыру ережелері бойынша алуан түрлі болып келеді. Сондықтан алдын-ала жүйелемей оларды мазмұнды қарастыру қиынға соғар еді. Көрсеткіштерін негізге ала отырып, СМР-дың топтасу белгілерінің топтамасын ұсынуға болады:

1. Жүйені баасқару тәсілі, екінші түрі абоненттерді біріктіру тәсілі – орталықтандырылған (үйлестірілген) немесе автономиялық (үйлестірілген). Орталықтандырылған біріктіру кезінде абоненттер арасында байланыс орталық (немесе негізгі) стансалар арқылы жүзеге асырылады. Керісінше жағдайда абоненттер арасында тікелей байланыс орнайды, негізгі стансалардың қатысуынсыз;

2. Қызмет көрсету аймағы – радиальды (радиостансаның қызмет көрсету радиусы аясында), желілік (желілі созылмалы аумақта), территорияльды (нақты кескін үйлесімі аймағында).

3. Байланыс бағыты абонентпен және негізгі станса арасындағы – біржақты немесе екіжақты байланыс;

4. Жүйенің жұмыс түрлері – сиплекс (абонент пен негізгі стансаның кезектесіп хабарлауы және керісінше) немесе дуплекс – екі айтылған бағытта әрқайсысына бір уақытта жіберу және қабылдау;

5. Радиобайланыс жүйесіндегі каналдарды бөлу әдісі немесе көпшілік қолдану әдісі – жиілікті, мерзімді немесе кодты;

6. Байланыс жүйесіндегі бөлінген жиілік қорын пайдалану тәсілі, - абоненттерге каналдарды қатаң тіркеп беру, абоненттердің жалпы жиілік қорына ену мүмкіндігі (транкинг жүйесі), кеңістікте таратқыш арқылы жиілік қайтадан пайдалану (ұялы жүйелер);

7. Байланыс жүйесі қызмет көрсететін абоненттер дәрежесі – кәсіби абоненттер (қызметтін, корпоративті), жеке тұлғалар;

8. Жіберілетін ақпарат түрі: сөз сөйлеу, кодталған хабарлама және басқалар.

Берілген тізім жүйені құрайтын белгілер мүмкіндігіне шектеу қоймайды (атап айтсақ, қолданыстағы жиіліктің диапазоны, дабыл модуляциясының түрі, жалпы қолданыстағы телефон желісімен қосылу жүйесінің тәсілдері (ТФОП), қызмет көрсетілетін абоненттер саны және басқа), бірақ бұның өзі де қолданылып жүрген СМР-дың әралуандығын көрсету үшін жеткілікті.

СМР түрі кең таралғандығын, сонымен бірге болашақтағы оның дамуын ескере отырып, СМР-ды топтастырудың келесі жүйесіне ұсынуға болады; оның негізін алда атап өткен үш айырмашылық белгілері құрайды:

1. Жүйенің маңыздылығы және радиожабын аумағының өлшемі;
2. Көпшілікке рұқсат етілген әдісі;
3. Радиожелі каналдарын дуплексия жасау кестесі.

Жүйенің қызметі, қызмет көрсету көлемі мен қызмет көрсету аумағының өлшеміне қарай СМР-ды төрт түрін бөліп айтуға болады:

1. Байланыстың транкинг жүйесі. (ТСС);
2. Дербес радиобақырту жүйесі. (СПРВ);
3. Дербес серіктік байланыс жүйесі. (СПСС);
4. Мобильді байланыстың ұялы жүйесі. (ССМС).

Көпшілік қол жетімділікті ұйымдастыру тәсілі бойынша, яғни жиілік – мерзімді қорынан байланыстың жеке каналдар арасындағы үлестіру технологиясы, бәсекелес үш технологиялардың біреуінің негізінде СМР бөлінеді:

1. Жиілікпен каналдардың бөлінуі көпшілікке қолжетімді (МДРР, ағылшын тілді аббревиатура FDMA-frequency division multiple access);
2. Мерзімдікпен каналдардың бөлінуі көпшілікке қолжетімді (МДВР немесе ТОМА-time division multiple access);
3. Кодпен каналдардың бөлінуі көпшілікке қолжетімді (МДКР немесе CDMA-code division multiple access).

Топтастырудың үшінші белгісін қарастыратын болсақ, онда СМР айырмашылығы абоненттер арасындағы екі жақты байланыс радиоканалдағы ақпараттық ауыстыруды ұйымдастыру тәсілінде немесе негізгі станса мен абонент арасындағы байланыс.

Ең көп таралған жүйе – ол – жиілік пен мерзімдік бөліну негізінде дуплексті жіберуді ұйымдастыру жүйесі.

Төменде қарастырылған нақты мысалдар көрсетілген топтастыру мағынасын жақсы түсінуге көмегін тигізеді және СМР құрылысының қызметі жайлы алғашқы түсінігің қалыптастырады.

1.2 Транкингтік байланыс жүйесі

«Транкингтік» (немесе транктік) байланыс trunk (өзек) ағылшын сөзінен шықты және «байланыс өзегі» бірнеше арналар кіретін жағдайды сипаттайды, сонымен бірге арналарды абоненттерге қатаң түрде бекіту болмайды. Әдебиетте транкингтік жүйенің жалпы белгілі кезде бос арналардың бірін абонентке бекітуге ұсыну болып табылатын әр түрлі анықтамасын табуға болады. Жекелей алғанда, аталған сыныпқа жатады:

- радиальдық- аймақтық жүйесі абоненттердің басым бөлігі арасында тарату ресурсының шектеулі жиілігін автоматты бөлуде пайдаланатын жердегі мобильдік радиобайланыс;

- абоненттер қатарына шектеулі жиілік ресурсында қызмет көрсетуге мүмкіндік беретін бұқаралық қолдану жүйесі.

Транкингтік жүйені қолданудың үлгілік саласы қауіпсіздің органдар, түрлі коммерциялық құрылымдар және т.б. сияқты жедел жәрдем қызметі, өрт қызметі, құқықтық тәртіп сақтау, мемлекеттік, ведомстволық, корпоративтік ұйымдар мен институттар. Транкингтік жүйе көп бөлігінде қатаң шектеулі және шектелген аумақтық аймақ шегінде бақыланатын абоненттер құрамымен жедел байланыс құралы ретінде пайдаланылады. Транкингтік жүйені қолдану ерекшелігін ескере отырып, оларды кейде мобильдік радиобайланыстың профессионалдык жүйесі (PMR -Professional Mobile Radio), немесе мобильдік радиобайланыстың жекеленген жүйесі - Private Mobile Radio деп аталады. ТФОП абоненттерімен мобильдік объектілерді қосуды қамтамасыз ететін PMR жүйесі әдетте Public Access Mobile Radio (PAMR) жүйесі сияқты жиі ерекшеленеді.

Транкингтік байланыс жүйесі (ТБЖ) бір аймақтық немесе көпаймақтық құрылым жүйесі сияқты құрыла алады. ТБЖ ерекше сипаттамасын назарға ала отырып, яғни жүйе қолданушылар санының шектеулігі құрылымы бір маусымдықтан көпмаусымдыққа ауысуы абонент санын (абонент санының саны) арттыруға тырысудан емес, біріншіден географиялық аймақ аңрекет жүйесінің кеңеюімен түсіндіріледі. ТБЖ радио жабу шекараларының қилысу барысында абоненттердің ауысуы белгіленеді, оларды тіркеуді, оларға жаңа жиілік арнасын тағайындауды қамтамасыз етеді. Бірақ ережедегідей ұқсас ауысу байланыс үзілуімен, қалпына келтіру үшін абоненттің қайта шақырта жасауы қажет.

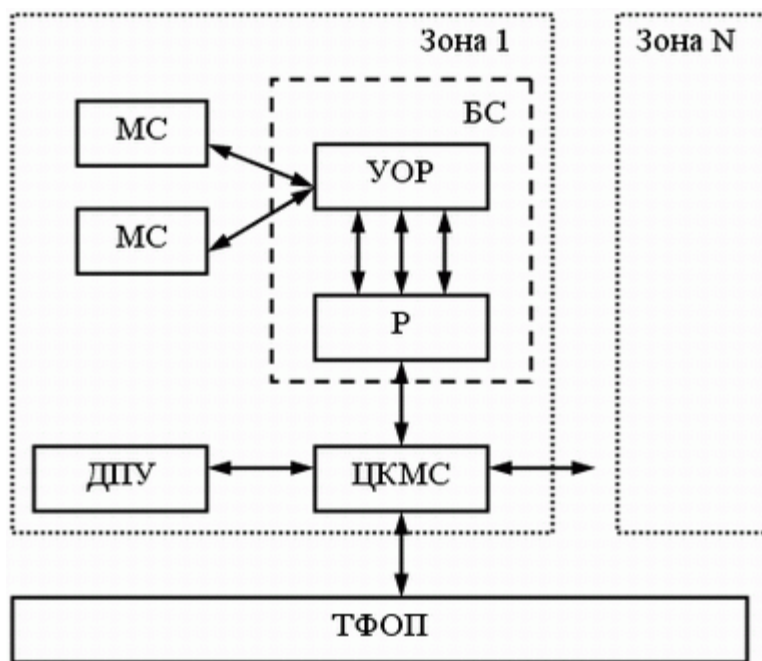
Транкингтік жүйе симплекстік ретінде пайдалануға болады, сондай-ақ дуплекстік байланыс арналары ретінде, бірақ арзандату және оңтайландыру мақсатында оларға көбіне жартылай дуплекстік байланыс жұмыс тәртібі, байланыс үшін басқару орталығынан (базалық станция) абонентке және кері бағытта арна кезекпен пайдаланады.

Байланыс арнасына бірдей қолжетімділік принципі орталықтандырылған жағдайда немесе орталықтан басқарған жағдайда жүзеге асырылуы мүмкін. Бірінші жағдайда бос арнаны табу функциясы барлық бөлінген диапазон жүйесінде босаған жиілік арнаны тізбектей іздеу жүргізетін абоненттік станцияға жүктеледі. Екінші жағдайда болған байланыс арналарын талдауды базалық станция немесе мобильдік байланыс коммутациясының орталығы жүргізеді. Ережедегідей тізбектей көшірмесін түсіру барысында диапазон жиілігі барынша ұзақ уақыт аралығын алатын байланыс анықталды. Тренингтік жүйе басқару жүргізілетін құрал ретінде замауи басқару жеделдігін қамтамасыз ету үшін ТБЖ арнайы арнаның болуы, оның ішінде байланыс орнату және тоқтату рәсімдерін орындау көзделген.

Арнаны басқаруды ұйымдастыру бойынша ТБЖ арнаны бөлумен және бөлінген арнаны басқарумен ерекшеленеді. Бірінші жағдайда атауынан шыққандай, бөлінген арна тек қана жүйені басқару жұмысы үшін қолданылады. Екінші жағдайда басқару байланыс дабылы кезінде сөйлеу дабылымен бір уақытта беріледі.

Айтылған транкингітік байланыс жүйесін ескере отырып, қорытындыланған құрылымдық кескіні ұсынылуы мүмкін (2.1. суретте), мындай белгілеулер пайдаланылған:

- МС - мобильді станса (мобильді абонент);
- БС - базалық станса (басқару орталығы);
- РБҚ - радиосигналдар бірлестігінің құрылымы;
- Р - ретрансляторы;
- МБКО – мобильді байланыстың коммутация орталығы;
- ЖПТЖ - жалпы пайдаланудың телефондық желісі;
- ДБП – диспетчерлік басқару пункті.



1.1 – Сурет – ТБЖ қорытындыланған құрылымдық кескіні

ТБЖ әр жиілікте жеке ретранслятор жиілігі бойынша байланыс арнасын бөлуді барынша сипаттайтынын атап өту керек. Бірден барлық арналарға қызмет ететін кең жолақты ретрансляторды қолданумен ТБЖ нұсқасы да мүмкін.

Басқа блоктардың құрылымдық кескінін тағайындау белгілі және қосымша түсіндірулерді қажет етпейді.

Алдында еске салынғандай, әртүрлі жүйелердің сәйкестігі және жабдықтар интерфейстерді стандарттауды қамтамасыз етеді. Транкиннгтік байланыстың келесі хаттамалары барынша таратуды қамтамасыз етті: MPT 1327, EDACS и TETRA.

Ұлыбритания пошта министрлігі мен телекоммуникациялар әзірлеген MPT 1327 (Ministry of Post and Telecommunication (MPT)), басқару ақпаратын беру хаттамасы және жердегі мобильдік радиобайланыс транкиннгтік жүйе үшін аппаратура (басқаша – дабыл ақпараты) жағдайын бақылау негізінде анықталады, сонымен бірге ақпараттық хабарламалар ұқсас радиоканалдар бойынша беріледі.

MPT 1343 хаттамамен және БС - MPT 1347 радиоинтерфейс негізінде анықталатын МС (абонента) радиоинтерфейс әзірленген. 201,2125...207,4875 МГц (MPT 1347) и 193,2125...199,4875 МГц (MPT 1343) жиілік диапазонында 500 байланыс арнасынан әр қайсысы бойынша 1,2 кбит/с жылдамдықпен ақпарат берілуі стандартпен көзделген, сонымен бірге әр бір дуплектік арна 8 МГц екі кең жолақты арнаны қабылдайды және таратады.

Ericsson фирмасымен EDACS атауын алған транкиннгтік радиобайланыс әзірленген (Enhanced Digital Access Communications System – сандық қолжетімділікпен жетілдірілген байланыс жүйесі).

EDACS жүйесі әр түрлі модификацияда шығарылады, әсіресе EDACS жүйесін, EDACS желісін және EDACS кеңейтілген жүйесін айырмашылықтарын айқындайды. EDACS жүйесі байланыс тораптарының бақылаушыларының және диспетчерлік басқару пункттерін өзара біріктіретін құрал ретінде EDACS желісін құрайды, өз кезегінде кейбір кіріктірілген байланыс тораптары көмегімен біршама аумақты жабу үшін кеңейтілген желіге біріктіруі мүмкін.

EDACS жүйесінде радиоарнаның екі түрі қолданылады – жұмыс арнасы және басқару арнасы. Басқару арнасы мобильдік станциялар және баолық жүйелер жұмысын басқару құрылғылары арасындағы сандық ақпараттық сигналдармен алмасу үшін қызмет етеді.

Жұмыс арналары мобильдік станциялар арасында меншікті ақпаратпен алмасу үшін пайдаланылады (сөйлесу немесе мәліметтермен).

EDACS жүйелері мен желілері сөздік сигналдарды сандық түрде жіберуді қамтамасыз ететін ұқсастық стансаларын пайдалануға, сол сияқты сандық стансаларды пайдалануға арналған.

Жүйелер мен желілер ұқсастарды, сондай-ақ сандық түрде сөйлесу сигналдарын беруді қамтамасыз ететін сандық станцияларды пайдалану есепке алынған. Мәліметті берудің стандарттық жылдамдығы EDACS жүйесінің 20 арнасынан әрқайсысы бойынша 9,6 кбит/с құрайды, диапазондық желілері 30...300 МГц, 800 МГц немесе 900 МГц байланыс арналардың 25, 30 және 12,5 кГц таратумен.

СМР унификациясы мен интеграциясына байланысты жалпы ағымдарды бірыңғай тағайындау ETSI (European Telecommunications Standards Institute – Еуропалық байланыс стандартының институты) шеңберінде TETRA (Trans-European Trunked RAdio – Жалпы еуропалық транкингтік байланыс жүйесі) жалпы еуропалық стандартты әзірлеуге ықпал етті, 1997 ж. сәуірден бастап өз атауын өзінің кеңінен қолданылуына байланысты TErrestrial Trunked Radio (Құрғақ жолдық транкингтік байланыс жүйесі) өзгертті.

TETRA стандарты негізінде алдыңғыдан кейінгі ТБЖ осы түрдегі жүйенің жаңа ұрпағын білдіреді. Алдыңғыдан өзгешелігі TETRA стандарты берілетін ақпаратты сандық ұсынуға толық көшу жүргізіледі және жиілік емес арналарды уақытқа бөлу пайдаланыады. Нәтижесінде жүйедегі осы және басқа да жылдамдықты беру шамасы 36 кбит/с-қа жетті.

TETRA жүйесі үшін радиоарналарды тарату барысында в 10 МГц қабылдау және жіберу, сондай-ақ 25 кГц көршілес арналарды тарату үшін жолақтағы жиілігі 380...400 МГц 2 дуплестік спектр аумағын бөлінген.

Ресейдің ТБЖ дамытудың және пайдаланудың көп жылғы және оң тәжірибесін вйта кеткен жөн. Осыған дәлел ретінде "Алтай" отандық жүйе эволюциясын "Алтай-3н" модификациясына дейін мысалға келтіруге болады.

Транкингтік телефондық байланыс желісінің кітабы жазылған кезеңде Ресей Федерациясының барлық аумағы қамтылған, сондай-ақ 59 өңірде аталған желілер ЖПТЖ шығумен жұмыс істейді. 2000 ж. 01.01. 137 желі байланыс қызметін көрсетеді, ал абоненттер саны 45 мың құрады. Қолданысағы желілердің жартысына жақыны "Алтай" құралдарымен жабдықталған. SmartTrunk, MPT 1327 және EDACS түрдегі ТБЖ кездеседі.

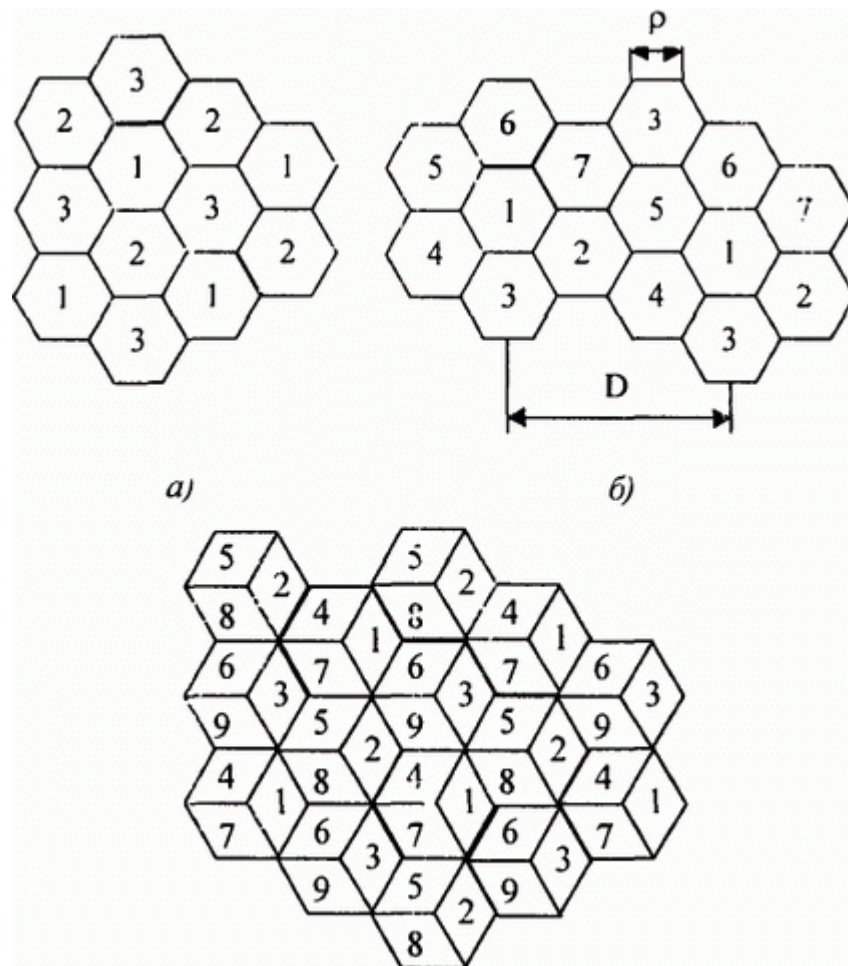
1.3 Мобильді байланыстың ұялы жүйелері

БТҚ ведомствалық және корпоративтік мұқтаждықтарды қанағаттандыру бірінші кезектегі мақсаты бола тұра, коммерциялық тұтынушыға бағдарланбаған. Олар, әдетте, тіркелген және өте көрсетілетін қызметтердің қарапайым атауларымен, шағын абоненттік сыйымдылығымен, деректерді жіберудің төмен жылдамдығымен және т.б. сипатталады. ДРШЖ ХХІ ғасырдың тұтынушылық стандарттарына жауап бермейді және мобильді байланыстың кеңеюі мен арзандауы бойынша мобильді байланыстың барынша прогрессивті технологияларымен бірте-бірте ығыстыратын біржақты хабарлаудың өтпелі құрал дәрежесі бар. ДСБЖ қатысты айтатын болсақ,

олардың жаппай енгізуі жолында негізгі кедергі ретінде экономикалық фактор, яғни көрсетілетін қызметтің жоғары құнын санауға болады.

Коммерциялық мобильді байланыста нәліктен жетекші позиция жер үсті жүйелерге жататын себептері түсінікті болады, базалық станциялардың қабылдау-жіберу құрылғыларды тиісті кеңістік орналастыру кезінде бөлінген ресурсты көп реттік қолдану мүмкіндігіне негізделген.

Тіркелген жиілік белдеулерінде байланыс жүзеге асырылатын радио жабу аумақтарының телімі дұрыс алтыбұрыш түрінде болады және ара ұясына ұқсас болғандықтан ұя атауын алды. Нәтижесінде жиіліктерді кеңістік орналастыруы бар СМР мобильді байланыстың ұялы жүйелері (МБҰЖ) атауын алды. Шегінде жиілік белдеулердің қайта қолдануы болмайтын ұя тобын кластер деп атайды. Ұя топологиясы радиал құрылым жүйелерімен салыстырғанда жүйенің абоненттік сыйымдылығын бірнеше мәрте арттыруға және бөлінген жиілік диапазонының кеңейтпеусіз және байланыс сапасын нашарлатпай қызмет көрсетудің үлкен зонасын қамтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, құрылымның ұялы қағидатын қолдану мобильді абоненттің ағымдағын орнын анықтауына және мобильді абоненттің бір ұядан екінші ұяға ауысуы кезінде байланыстың үздіксіздігін қамтамасыз етуге қатысты бірқатар қиындықтарды да жоққа шығармайды. Бұл процедура эстафеталық жіберілім (ағылшын тілінде handoff немесе handover) атауына ие болды



1.3 - Сурет – МБҰЖ кластері құрылымының нұсқалары

МБҰЖ жоғары спектрлі тиімділігіне бір жиілік белдеуді барынша жиі қайта қолдануы арқылы қол жеткізіледі, бұл тұрғыда сурет 1.3 көрсетілген үш ұялы (немесе үш элементті) кластер барынша қалаулырақ болып табылады, мұндағы бірдей санмен жиілік арналар жиынтықтармен сәйкес келетін ұялар белгіленген. Сондай-ақ, осы типтегі кластердің әрбір ұясына толық жиілік диапазонының үштен бір бөлігіне тең болатын жиілік белдеу беріледі, бұл дегеніміз, жүйедегі байланыс арналарының жалпы санының үштен бөлігі де беріледі, бұл ұяның едәуір абоненттік сыйымдылығын қамтамасыз етеді. Жиіліктердің бірдей белдеулері бар зоналардың жиі қайталануы қосалқы арна кедергілерінің, яғни аралас ұяда орналаспаған жиіліктің сол белдеуінде жұмыс істейтін жүйе станциясынан кедергілерінің едәуір деңгейімен сипатталады. Қосалқы арналық кедергілерінің әсерін төмендету үшін элементтерінің көп саны бар кластерлер барынша тиімді, мәселен, сурет 2.3, б көрсетілген 7 – элементті кластер. Жиіліктердің бірдей белдеуі қолданылатын ұяшық орталығы D мен кластердегі элементтердің саны келесідей арақатынасымен байланысқан

$$D = \sqrt{3n_c} \rho \quad (1.1)$$

мұндағы ρ – ұяшық радиусы, дұрыс алтыбұрыш айналасында көрсетілген шеңбер радиусы. Келесідей арақатынаспен айқындалатын ζ , параметрін

$$\varepsilon = \frac{D}{\rho} = \sqrt{3n_c} \quad (1.2)$$

қосалқы арналық кедергілердің төмендеу коэффициенті немесе қосалқы арналық қайталану коэффициенті деп аталады. $\eta = 1/n_c$ мөлшері үшін жиіліктерді қолданудың тиімділік коэффициенті немесе жиіліктерді қайта қолдану коэффициенті атауы қолданылады. Қосалқы арналық кедергілер деңгейіне қолайлы әсер ететін кластердегі элементтер санының артуы әрбір ұяда қолданылуы мүмкін жиіліктер белдеуінің пропорционалды төмендеуіне, бұл ұяның абоненттік сыйымдылығының төмендеуіне алып келуі мүмкін.

Қарастырылған кластер құрылымдары бір қуаты бар барлық бағыттар бойынша дабылды жіберуді жүзеге асыратын, бағыттың дөңгелек диаграммасы бар антенналардың базалық станцияларда қолданылуын болжайды. Қосалқы арналық кедергілерді төмендетудің тиімді тәсілі диаграмма ені 120° немесе 60° бағыттағы антенналарды (көлденең жазықтағы) қолдану болып табылады, нәтижесінде алтыбұрышты ұяшық 3 немесе 6 секторға бөлінеді, яғни ұяның секторларға бөлінуі орын алады. Секторда дабылды антенна бір ғана жаққа қарай береді, ал қарама-қарсы бағытта сәулелену деңгейі ең төменгі шекке дейін қысқарады. Сөйтіп, ұяның секторларға бөлінуі кластерлерде бірдей белдеулерді жиірек қолдануға, олардың құрылымының өзгеруінсіз немесе жиіліктерді қайталаудың бұрынғы сызбасы аясында қосалқы кедергілерді төмендетуге мүмкіндік береді. Егер кластер n_c ұядан тұрып, олардың әрқайсысында m_c секторлар болса, онда кластер өлшемі $(n_c, n_c \times m_c)$ болады. Практикада кеңінен қолданылатын кластерлердің қарапайым өлшемі (3,9), (4,12), (7,21) болып табылады. Сурет 2.3, в (3,9) өлшемді секторға бөлінген кластердегі жиілік арналардың жиынтығын бөлудің ықтимал нұсқалары келтірілген. МБҰЖ топологиясын дайындау өзіндік ерекшеліктері бар және күрделі міндет болып табылатындығын айта кеткен жөн.

1.3.1 Ұялы мобильді радиобайланыс жүйесін құру принципі

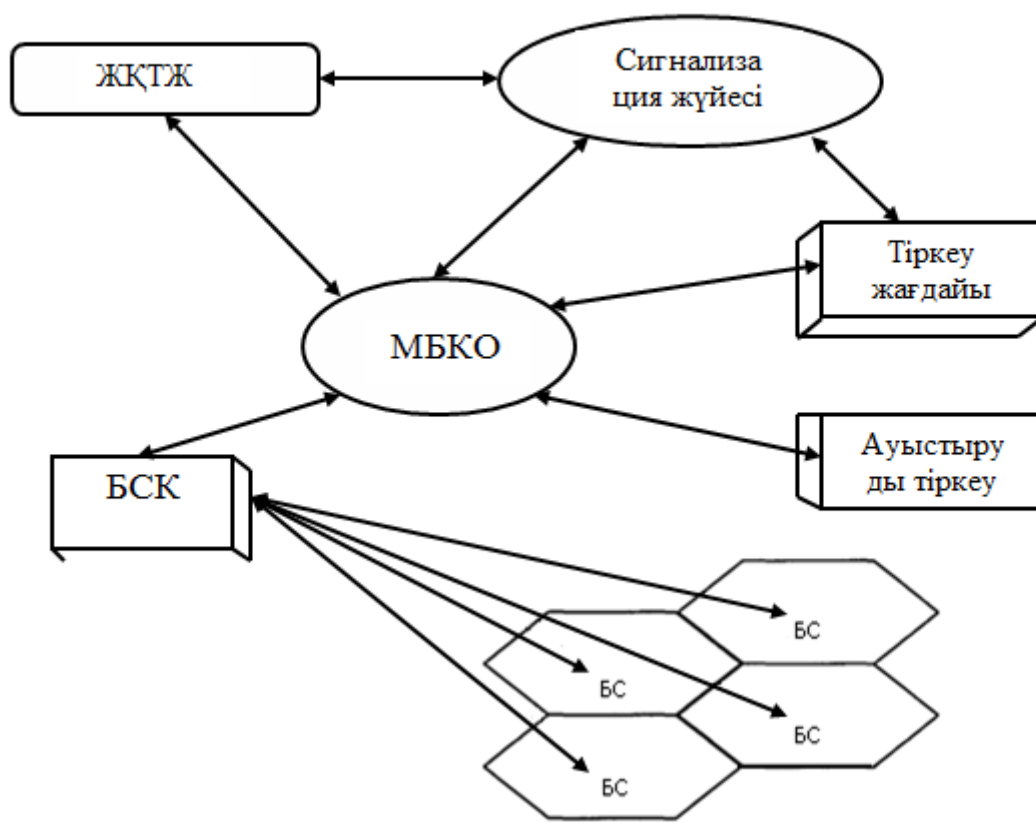
Қазіргі заманғы телекоммуникациялық жүйелер арасында қозғалмалы жүйелер, соның ішінде ұялымобильді байланыс қарқынды дамуда. Ұялы жүйедегі байланыс өте қысқа тарихи кезеңде көптеген абоненттерге байланыс қызметін көрсететін өте тез дамып жатқан технологияға айналды. Қазіргі уақытта ұялы жүйелер қозғалмалы байланыстар белгіленген және қозғалмалы спутникті жүйелермен біріктіріледі. Мұндай жүйе шекаралық түрде әр түрлі қашықтарға жіберілген абоненттер арасында ақпаратты тасымалдауға

мүмкіндік береді. Мультимедиа режимін қамтамасыз етіп радиоарналарды ұялы жүйелерде ақпаратты тарату жылдамдығы үзіліссіз артады.

Қозғалмалы байланыс жүйелерінің теория сұрақтары мен жобалауы өте маңызды болып және олардың шешімі радиожүйелердің тиімді, тұрақты өсуімен сипатталады.

1.3.2 Байланыстың ұялы мобильді желі құрылымы

Байланыстың ұялы мобильді жүйесінің қызмет ету аймағы ұяшықтарға бөлінеді және оның әрбіреуіне базалық қабылдап – таратқыш станция орнатылған. Мобильді станция ұяшық ішінде радиоканал көмегімен базалық станциямен байланысады. Ұяшық шекарасы базалық станцияның қуаты мен тасушы тербеліс жиілігімен анықталған, және көршілес ұяшық сигналдары шекараға жақын облыстарда орнатыла алады.



БС – базалық станция; КБС – базалық станцияның контроллері; ЦКМС – мобильді байланыстың коммутациялық ортасы; Тіркеу жағдайы "үйдік"; ТСОП – жалпы қолданыстағы телефондық желі; Сигнализа ция жүйесі; ауыстыруды тіркеу "визитный".

1.4 – Сурет – Жылжымалы байланыстың желілік жүйесінің жалпы архитектурасы

1.4– суретте көрініп тұрғандай:

- бастапқы қабылдап – таратқыш станциялар бастапқы базалық станцияның контроллері мен (БСК) қосылған, БСК негізгі қызметі бастапқы станциялардың радиоресурстарын басқару болып табылады. (радиоарналарды шығару мен тарату);

- бастапқы станцияның контроллері мобильді байланыс коммутация орталығымен (МБКО) қосылған, ол коммутация қызметін қозғалуды тіркеу мен қоңырауларды төрету мен негізгі сымды желіні (жалпы қолданыстағы телефонды желі) сигналды желімен байланыстырады.

Басқару сұлбалары орналасуымен деректер базасының екі деңгейлі иерархиясына негізделген, яғни регистрлі: жағдай регистрі және орын ауыстыру регистрі. Әрбір қолданушы туралы ақпарат (көрсетілген қызмет түрі, есептеулерді құру, абонентті орналасу және тағы басқа) жағдай регистрінде орналасқан файлда сақталады. Орналастыру мен орын ауыстыру регистрлерінің

саны желіге байланысты өзгереді. Әрбір орын ауыстыру регистрі берілген желінің қызмет етілетін мобильді станция туралы ақпараты сақтайды. Қызмет көрсетілетін шекараны ұяшықтарға екі тәсілмен бөлуге болады: байланыс жүйелерінде сигналдар таратылуының статикалық сипаттамаларын өлшеуге негізделген немесе нақты аудан үшін сигналдардың таратылу параметрлерін есептеу мен өлшеуге негізделген.

Бірінші әдісті іске асырудың барлық қызмет көрсеткіштерін шекара пішіні бойынша бірдей аймақтарға бөлінеді және аналитикалық түрде рұқсат етілетін өлшемдері мен басқа аймаққа дейінгі қашықтығы анықталады. Қолайлылық үшін, яғни аймақты жабындысыз немесе өткізбей бөлуде тек үш геометриялық фигура қолданылады: үшбұрыш, төртбұрыш және алтыбұрыш. Ең қолайлы фигура алтыбұрыш, себебі базалық станцияның ортасында орналасқан айнымалы диаграммамен бағытталған антеннасы ұяшықтардың барлық аймақтарына кіруді қамтамасыз ететін болады. Бірінші тәсілді қолданғанда бірдей жұмысшы каналдар қолданылған интервал сәйкес кедергілер деңгейін қамтамасыз етуден көп болады.

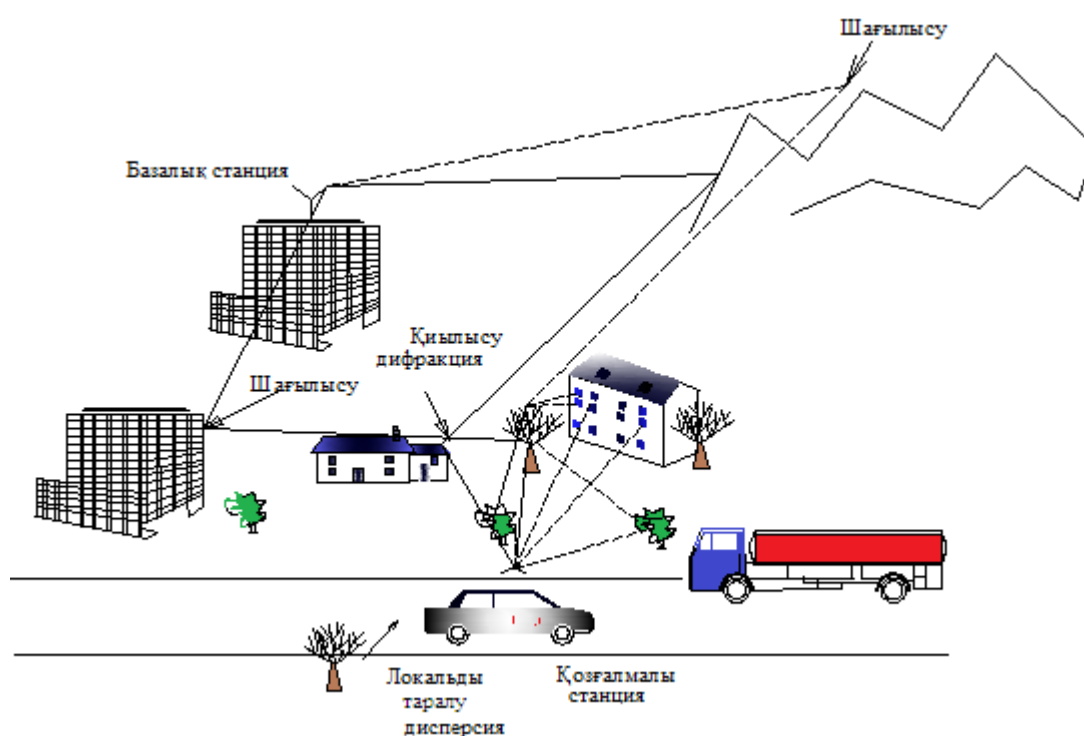
Аймақтарға бөлінудің екінші тәсілі пайдалы болып табылады. Бұл жағдайда барлық шекара бойынша абоненттерге қанағаттанарлық қызметті қамтамасыз ететін базалық станциялардың минимал санын анықтау үшін жүйе параметрлерін есептейді немесе өте мұқият түрде өлшейді, жергілікті рельеф есебімен базалық станцияның қолайлы орналасу жерін анықтайды, бағытталған антенналардың қолданылу мүмкіндігін, пассивті ретрансляторлар мен өте үлкен жүктеме кезіндегі орталықтандырылған станцияларды қарастырады. Арна саны аз қозғалмалы байланыс жүйесінде үлкен көлемді абоненттерді ұстап тұру үшін қазіргі заманғы қозғалмалы байланыс желілерінің жүйелерінде “ұялы” архитектура бар. Бұл сұлбаға сәйкес, сервисті облыс ұяшықтарға бөлінген және әрбір ұяшыққа белгілі арналар саны анықталған. Әрбір ұяшық ішіндегі белсенді қосылыстар саны рұқсат етілген арналар санынан аспайды. Бірақ сол арналар егер символаралық кедергінің минимал деңгейін қамтамасыз ететін қашықтыққа жойылса басқа қашықтарда қолдана алады.

Қозғалмалы байланыстың сандық желі жүйелерінде антеннаны дөңгелек диаграмма бағытындағы жүздіктер үшін 7 немесе 9 станциядан тұратын модельді қолданады. 1.2-суретте жеті БС үшін қолданылатын жиіліктер моделі көрсетілген. Дөңгелек диаграммамен бағыттаушы антенна моделі барлық бағыт бойынша бірдей қуаттылықпен сигналдардың таратылуын қарастырады, бұл абоненттің станцияларға барлық бағыттан кедергіні қабылдауға эквивалент.

2 Радиобайланыстың ұялы мобильді жүйелерінің сипаттамалары

Радиотолқындардың таратуының физикалық ортасынан тұратын ұялы жүйелердегі мобильді байланыстың радиоканалдарының өзінің спецификациясы бар.

- сигналдың мобильді станцияны қоршаған заттар мен құрылымдардан айналуының көпсәулелі таралуы терең түсім өтіс интенсивтілігінің кеңістіктік таралуында пайда болатын интерференциямен көрсетіледі. Қабылдағыштың кірісінде көбінесе тек қайта шағылысу сигналдар ғана болады, себебі қалалық жағдайларда қабылдағыш пен таратушы арасындағы тікелей көру жоқ (2.1-сурет). Мысалы, 900МГц жиілікте толқын ұзындығы $\lambda=30\text{см}$ құрайды, яғни $0,5\lambda$ уақыты қозғалысымен келген екі сигнал қарсыфазада орнатылады. Сондықтан, қозғалмалы объекті толқын ұзындығының жарты арақашықтығына ауыстыруында сигнал қуаттылығының үлкен түсімдері байқалады [5].



2.1-сурет – Қозғалмалы байланыс жүйесінде сигналдың таратылуы

- егер қозғалмалы станция байланысты іске асыру моментінде қозғалыста болса, онда Доплер эффектісінің нәтижесінде тасушы сигналдың жиілігінің ығысуы мен спектр енінің өзгерісі пайда болады. Мысалы, 900МГц-те қозғалмалы объектінің радиалды жылдамдығы 10^4 м/с кезінде қозғалу жиілігі 100Гц құрайды.

- қалалық жағдайларда мобильді станцияның жағынан өтетін транспорт қабылдағыш кірісінде сигнал деңгейінің өзгерісін шақырады – тынып

қалу эффектісі. Бұл эффекттің іс әрекеті көп сәулелену таралуда байқалатын эффектiге ұқсас.

- трассадағы кедергімен сәулеленетін электромагнитті өрістің әсерлесуі нәтижесінде $r^{-(3-4)}$ -ке пропорционал r – қашықтықтың артуымен сигнал деңгейінің төмендеуі байқалады.

- ұялы байланыс іс әрекетінің зонасы – қалалар мен қалалық елді мекендер – әртүрлі тығыздықты аудандар, сигнал қуаттылығының әлсіреуінің әртүрлі деңгейін анықтайды.

Осылайша, мобильді станция көптеген интерферирулейтін сигналдарды қабылдайды. Белгіленген ерекшеліктер нәтижесінде арнада келесі көріністер қаралады [1]:

- сигналдың өшуі;
- сигналдың баяу тынуы;
- сигналдың жылдам тынуы;

2.1 Сигналдардың жылдам және баяу тынып қалуының статистикалық сипаттамалары

Мобильді байланыс жүйесінде сигналдардың таралуына әсер ететін үш негізгі механизм бар:

Шағылысу – толқын ұзындығы радиожилікті сигналдан біршама үлкен тегіс бетпен тарату электромагнитті толқынның соқтығысуы кезінде пайда болады.

Дифракция таратқыш пен қабылдағыш арасында өлшемі толқын ұзындығымен салыстырғанда үлкен тығыз денемен таралу жолын тосқауылдағанда кездеседі, ол тосқауыл денесінен кейін екіншілік толқындардың пайда болуын шақырады. Дифракция – радиожилікті энергияның таратқыштан қабылдағышқа таралуы олардың арасындағы тікелей көріну жолын айналумен жүретін құбылыс. Оны көбінесе көлеңкелеу деп айтады, себебі диффогирленген өріс өткізбейтін тосқауылмен көлеңкелікке де, қабылдағышқа жетуі мүмкін.

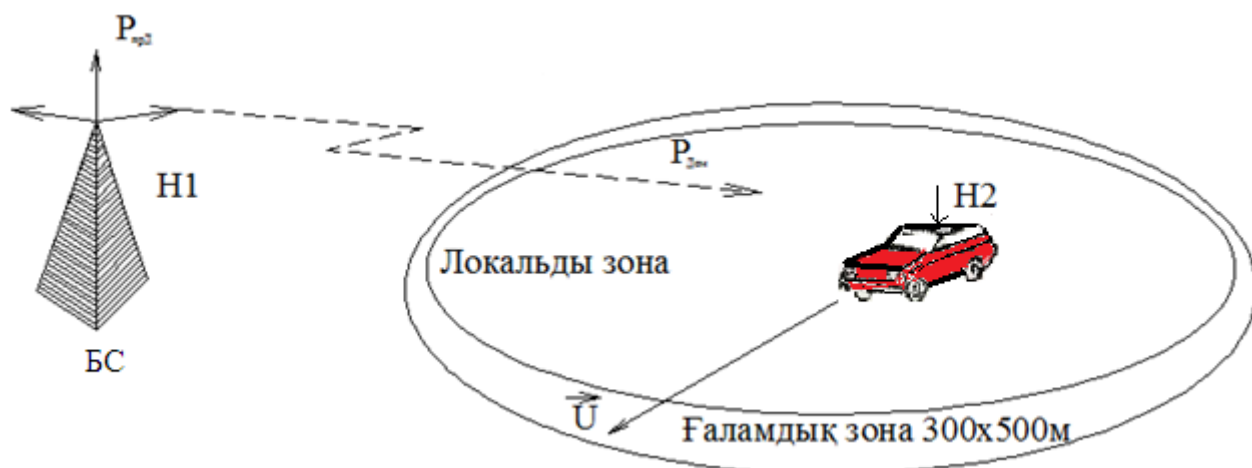
Таралу – радиотолқын әрбір тегіс емес бетпен немесе өлшемдері λ ретті немесе өз бетпен соқтығысқанда пайда болады. Қалалық жерде сигналдың таралуын шақыратын қарапайым тосқауылдар – бұл фонарлы бағандар, көшелік белгілер мен жапырақтар. Шағылатын элемент барлық бейнелену мен сигнал таралуының себебі болып табылады.

Осы себептерге байланысты жіңішке жолақты сигналдың амплитуда функциясы жалпы жағдайда үш компоненттен тұрады:

- көптеген жолдармен қабылдау нүктесіне келген сигнал көшірмесінің жылдам, анықталатын интерференциясы;
- трассаны көлеңкелеумен ақырын, шақырылған рельефпен, өсімділікпен және жергілікті заттармен таралуы;

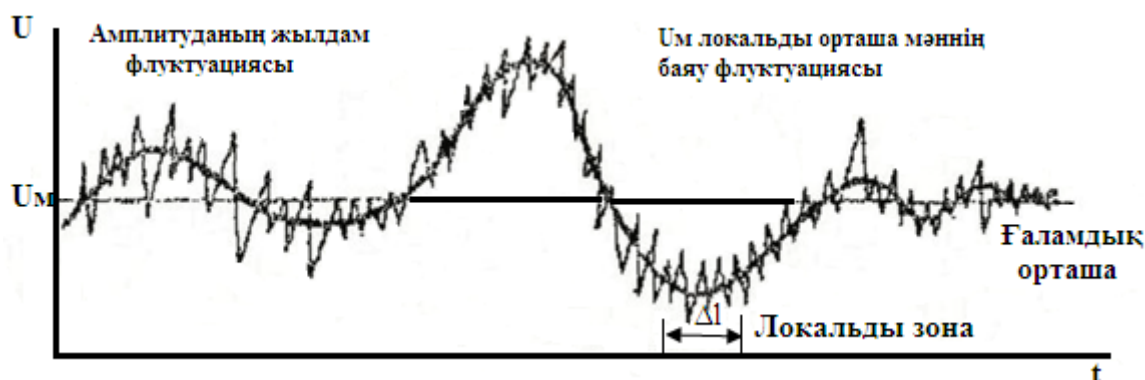
- өте баяу, байланыс ұзақтығының өзгерістері мен атмосфераның рефракционды қасиеттеріне сәйкес.

Атмосфераның рефракция қасиеттерінің өзгерістері мен шартталған сигналдың энергетикалық параметрлерінің функциясы қозғалмайтын объект үшін баяу болады. Сигнал амплитудасының жылдам флуктуациясы МС-ны өте аз қашықтыққа ауыстыруда байқалады. Мысалы, ірі қала жағдайында 800МГц жиілік диапазонында МС-ны 2-ден 20м дейін орын ауыстыруда сигнал амплитудасы жылдам флуктурлейді, бірақ оның орташа мәні ғана өзгерді (4...9% аралығында ғана) [2]. Көрсетілген қасиеттермен МС орын ауыстыру кеңістігінің бір бөлігі, локальды зона ретінде анықталады. Осылайша, ірі қала жағдайында локальды зона өлшемдері МС-ны локальды зона өлшемдерінен асатын қашықтыққа орын ауыстыруда сигнал флуктуациясының локальды орташа мәні тығыздық ықтималдығы таралудың логнормальды заңымен сипатталатын, баяу өзгертін кездейсоқ функциямен сипатталады. МС орын ауыстыруда сигнал параметрлерінің жылдам флуктуациясының локальды орташа мәнінде медианды мәнінің тұрақтылық шарты орындалатын зона ғаламдық зона деп аталады (2.4-сурет). Орташа қиылысқан жер үшін ғаламдық зона өлшемдері 500...2000м құрайды [2].



2.2-сурет – Орташа қиылысқан жер үшін ғаламдық зона өлшемдері

Ғаламдық зонадағы сигнал амплитудасының флуктуациясы, 2.2-суретте көрсетілген [3, 11]. Мұнда амплитуданың локальды орташа мәнінің баяу флуктуациясына оның жылдам флуктуациясы қойылады. Флуктуациялар ғаламдық зонада МС орын ауыстыруының қатысты келіп түсуін қарастырады. Δl өлшемі локальды зона өлшемдерін сипаттайды, мұнда анықтама бойынша медианды мәнінің тұрақтылық шарты $U_m = \text{const}$ орындалады. Қаладағы радиосигнал таралуының әртүрлі көптеген трассалар есебімен, қабылданатын сигнал қуаты мен оның сипаттамасын есептеу тек тәжірибелік деректерге сүйенетін статистикалық әдістер көмегімен ғана мүмкін болады.



2.3-сурет – Ғаламдық зонадағы сигнал амплитудасының флуктуациясы

Жылдам және баяу тынып қалу жағдайындағы қабылдағыш кірісіндегі ақпараттық сигнал кездейсоқ жіңішке жолақты стационарлы емес үрдіспен сипатталады, ал оның 2.5-суреттегі қисығы кездейсоқ функция ретінде көрсетіледі:

$$A(t) = A_c \mu_M(t) \mu_B(t) = A_c \mu_K(t), \quad (2.1)$$

мұндағы, A_c – қабылдағыш кірісіндегі сигнал амплитудасы;

$\mu_M(t)$ – баяу тынып қалуды сипаттайтын радиоканалдарды таратудың кездейсоқ құраушы коэффициенті;

$\mu_B(t)$ – жылдам тынып қалуды сипаттайтын радиоканалдарды таратудың кездейсоқ құраушы коэффициенті.

$\mu_M(t)$ функциясының мәні жылдам тынып қалу жағдайында 40-80 интервалда салынатын $2T$ тұрақтылық интервалындағы $\mu_B(t)$:

$$\mu_M^*(t) \approx \frac{1}{2T} \int_{t_1-T}^{t_1+T} \mu_B(t) dt, \quad (2.2)$$

орташаланған кездейсоқ үрдіс нәтижесінде белгілі t_1 , моментінде алынған орташа локальды ретінде қарастырылады.

[27] көрсетілгендей $\mu_B(t)$ функциясының ықтимал тығыздығы жалпы жағдайда m – таралумен сипатталады:

$$W(x) = \frac{2}{\Gamma(m)} \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m x^{2m-1} \exp\left(-\frac{x^2}{\Omega}\right), \quad (2.3)$$

мұндағы, $m \geq 0.5$; $\Omega = \langle x^2 \rangle$ – тарату параметры.

Осылайша, $\mu_M^*(t)$ өлшемін $\langle x \rangle = \frac{\Gamma(m+0.5)}{\sqrt{m}\Gamma(m)} \sqrt{\Omega}$, орташа мәнінің бағалануы

ретінде қарастыруға болады, немесе $\sigma = \sqrt{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2} = k\sqrt{\Omega}$ орташа квадратты мәні, мұндағы k - пропорционалдық коэффициенті. Нақты радиоарналы бағалауда $\mu_M^*(t) \approx \mu_M(t)$ тарату коэффициентінің ақиқат мәніне сәйкес келеді және $\sigma(t) \approx k \sqrt{\Omega(t)}$ уақыттық функциясының $\sqrt{\Omega}$ көлемінің $\mu_M^*(t) \approx k\sqrt{\Omega}$ -ға пропорционал.

Өз кезегінде, кездейсоқ функцияны $\Omega(t)$ сипаттауда базалық станциядан r арақашықтықта 50% нүктеде күтілетін, зонаның 50% көбейткіші бойынша орташалау нәтижесінде алынатын және 50% бақылаумен қабылдағыштың кірісінде x_m қисық сигнал деңгейінің медианды мәні енгізіледі. x_m медианды мәні тәжірибелік анықталады және $a = \lg x_m$ қатынасымен $x = \sqrt{\Omega}$ кездейсоқ шаманың логнормальды таралуының математикалық күтімімен байланысты.

[14] көрсетілген бойынша базалық станциядан r қашықтықта орналасқан $Q\%$ нүктесінен асатын мобильді станцияның қабылдағыш кірісіндегі қуаттылық деңгейін бағалау үшін және $T\%$ уақыт бойы бақылау келесідей болуы мүмкін:

$$P_{\text{ПР}}(r, Q, T) = P_M(r, 50\%, 50\%) + \Delta P(Q, T), \quad (2.4)$$

мұндағы, $P_M(r, 50\%, 50\%)$ – 50% нүктеде күтілетін қуат деңгейінің орташа медианды мәні, базалық станциядан r қашықтықта орналасқан және 50% бақылау уақыты;

$\Delta P(Q, T)$ – жылдам және баяу тынып қалулардың әсерімен шақырылған медианды мәннен қуат деңгейінің ауытқуы;

$P_M(r, 50\%, 50\%)$ мәні өшу нәтижесінде сигналдың әлсіреуін есептеудің жоғарыда айтылған әдістемесіне сәйкес анықталады.

ΔP шамасы ары қарай қарастырылатын бөгеулікке орнықтылықты талдау нәтижесінде анықталады.

Баяу тынып қалу сигнал қуатының әлсіреуін немесе үлкен қашықтыққа таралу трактіндегі жоғалуларды сипаттайды. Бұл құбылысқа қабылдағыш пен таратқыш арасындағы сигналдың трассада таралуына кедергілер (орман, жарнамалық қалқан, құрылыс тобы және тағы басқа) әсер етеді.

Баяу тынып қалуларды сипаттайтын кездейсоқ функцияның тығыздық ықтималдығы $W(x)$ логарифмдік – қалыпты заңға бағынады [2, 3, 22].

$$W(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \frac{1}{x} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln x - a)\right), x \geq 0, \quad (2.5)$$

мұндағы, a және σ – таралу параметрлері;

$$a = \{ \ln(x) \} - \ln(x) \text{-тің орташа мағынасы}; \quad (2.6)$$

$$\sigma^2 = [\ln(x)^2] - [\{ \ln(x) \}]^2 - \ln(x) \text{-тің кездейсоқ биіктігінің дисперсиясы}. \quad (2.7)$$

Жылдам тынып қалулар таратқыш пен қабылдағыш арасындағы қашықтықтың аз өзгерісінің нәтижесі болуы мүмкін. БС-дан МС-ға дейінгі қашықтықтан өтіп, бір немесе бірнеше негізгі сәулелер МС қабылдағышының локальды зонасына келеді (локальды зона радиусы, ереже бойынша ондаған метр). Ары қарай локальды зонада орналасқан көптеген таратқыштардағы негізгі сәуле сигналдарының энергия таралуы жүреді (ғимарат қабырғалары, автомобиль және радиотолқынды тарата алатын басқа да объекттер).

Нәтижесінде мобильді станция қабылдағышының кірісіне әртүрлі амплитудалы, бастапқы фазалы және доплерлі жиіліктік қозғалысты көптеген микросигналдар келіп түседі. Қабылдау нүктесінде интерферирленіп, бұл сигналдар қисық қосынды сигналдың жылдам тынуын шақырады. Жылдам тынып қалу тереңдігі 20-30дБ жетуі мүмкін[1].

Көп жағдайда МС тікелей радиокөрінетін БС зонасынан тыс орналасады. Бұл кезде қабылдағыш кірісінде қисық сигналдың тығыздық ықтималдығы Релея заңымен сипатталады [1,23]:

$$W(x) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right), x \geq 0, \quad (2.8)$$

мұндағы, σ^2 – таралу параметрі.

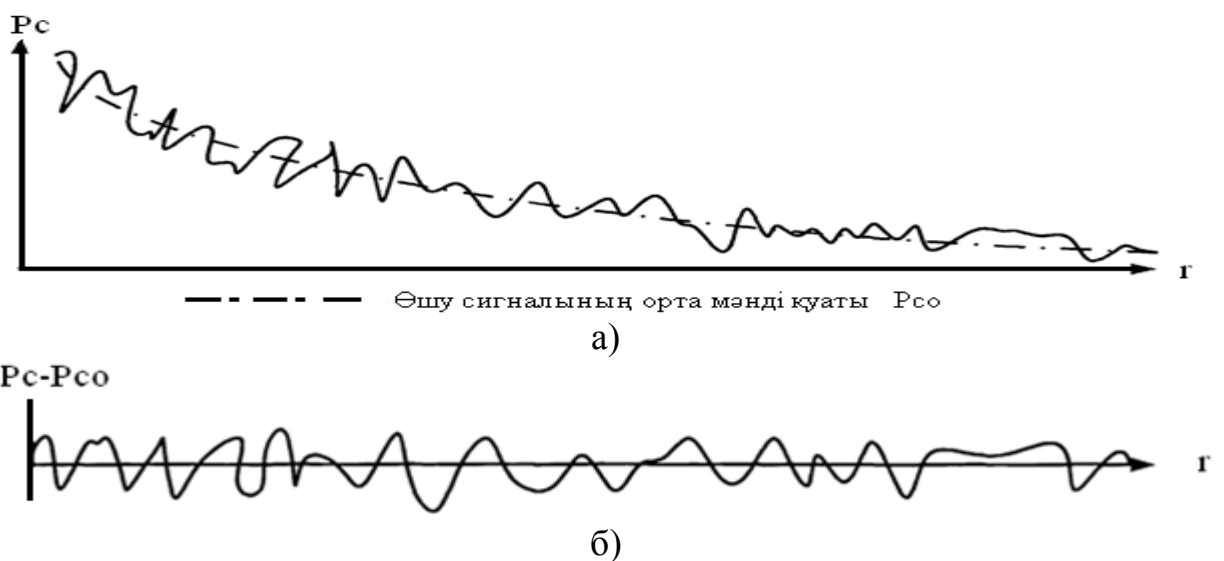
Тікелей сәуленің пайда болу және тоқтамайтын компоненттердің энергиясының өсуімен қисық сигналдың тығыздық ықтималдығы қабылдағыш кірісінде Райс заңымен сипатталады [1,23]:

$$W(x) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \exp(-K) I_0\left(\frac{x}{\sigma} \sqrt{2K}\right), x \geq 0, \quad (2.9)$$

мұндағы, σ мен K – таралу параметрлері;

I_0 (У) – 0-ші ретті 1-текті модифицирленген Бессель функциясы.

Қабылданатын сигналдық P_c қуаттылық деңгейінің БС мен МС арасындағы қашықтыққа типтік тәуелділігі 2.4[2]-суретте келтірілген, 2.4.а-суретте сигналдың қосынды қуаттылығы көрсетілген, 2.4.б-суретте МС қабылдағыш кірісіндегі сигналдың жылдам флукуациясы берілген (P_c жалпы тәуелділігімен).



а – сигналдың қосынды қуаттылығы; б – жылдам флукуация қуаты.

2.4- сурет – Қабылданатын сигналдың қуат деңгейінің r қашықтыққа типтік тәуелділігі

2.2 Ақпараттық радиоарнада хабарды тарату тиімділігін арттыру әдістері

Жоғарыда айтылғандай, байланыс арнасы мобильді байланыс жүйесінің негізгі түйіні болып табылады, ол сигналдарды өңдеуде қолданылатын әдістерді анықтайды. Тіпті ішкіжүйелік бұзылу кедергісі болмаған жағдайда, байланыс арнасымен ендірушілер, жүйе жұмысын толығымен бұза алады. Уақыт пен жиілік бойынша жалпы тынып қалу жіңішке жолақты байланыс жүйелері мен ұзақтығы үлкен таралатын хабарларда болады. Бұл жағдайда 20...30 дБ қабылданатын қисық сигнал ФАПЧ жүйесі жұмысының, синхронизация кідіруін, сигнал/шуыл қатынасы нашарлауын және қателіктер коэффициентінің артуын шақырады. Жалпы тынып қалулармен күресу үшін радиожүйенің сәйкес параметрлерін таңдауда сигналдың қалыптасуы мен өңделуінің келесі әдістерін қабылдайды [1].

- қабылдауда БС антеннаның кеңістіктік таралуы қолданылады және БС таратқышының қуаты бойынша қор ендіріледі;

- интерферирулейтін сигналдарды жою үшін жүйелерде жиілік жолақтарын кеңейту әдісі қолданылады. Егер спектр өзіндік шуылды сигналды (ӨШС) салу әдісімен кеңейтілсе, мысалы, m – жүйелілікпен, онда көпсәулелі компоненттер қабылдағышта сигналды өңдеу үрдісінде бұзылады, егер олардың келіп түсу кедергісі бір элементар ӨШС ұзақтығынан асып кетсе. Бұл бұзылған компоненттердегі энергия шығынын толтыру керек. RAKE – қабылдау технологиясы әртүрлі жолмен келіп түскен көпсәулелі бірнеше компоненттерді когерентті қосуға мүмкіндік береді;

- спектрді секіріс тәрізді жиілікті қайта құру әдісімен кеңейту кейде тарату механизмі ретінде қолданылады. GSM-де объект өте ақырын қозғалғанда, кідірген сигналдардың орнын толтыру үшін жиілікті қайта құру қолданылады (217 секіріс/с);

- БС мен МС таратқыш қуаттарының адаптивті реттелуі енгізіледі;

- ауыстырумен бөгеулікке тұрақты кодтау әдісін қолданылады. Кеңжолақты жүйелерде, ереже бойынша, селективті тынып қалулар пайда болады.

Селективті тынып қалулар кезіндегі сигнал 3...10дБ диапазонда флукутирлейді. Жиілікті-селективті тынып қалулар символаралық интерференцияны шақырады және таралған ақпараттың жоғалуын шақырады. Селективті тынып қалулар күресу үшін [1]:

- аз амплитудалы компонент жиілігін күшейтеді және үлкенді әлсіздендіретін әртүрлі эквалайзерлер түрін қолданады. Мысалы, шешуші кері байланысты эквалайзер;

- таралған сигналдарды қабылдаудың әртүрлі әдістерін қолданады (БС-ға кеңістіктік тарату, БС мен МС уақыттық таратумен корреляционды өңдеу, жиіліктік бөлініспен ортогональды тығыздау);

- пилот-сигнал таратуды және тура мен кері байланыс арнасында сигналды қабылдау кезінде сигналдың когерентті өңдеуін енгізеді.

Сонымен қатар, жалпы тынып қалумен күресуге арналған барлық шаралар селективтімен күресуде қажет.

3 Бөгеулікке орнықты сандық хабарды қабылдауда жылдам және баяу тынып қалулардың әсер етуін талдау

3.1 Бірінші типті тынып қалудың моделі үшін қабылдау қателігінің орташа ықтималдығы

Әртүрлі көрсеткіштер арасынан тынып қалу есебімен радиожүйенің бөгеулікке тұрақтылығын сипаттау үшін келесі мәнмен анықталатын p_0 қателігінің орташа ықтималдығы қолданылады [26]:

$$p_0 = \int_0^{\infty} p(z) \cdot W(z) dz, \quad (3.1)$$

мұндағы, $p(z)$ – тынып қалу жағдайы болмаған кездегі символды қабылдаудың қателік ықтималдығы; $W(z)$ – z параметрінің ықтимал тығыздығы.

Қатысты фазалық модуляциямен (ҚФМ) екілік қарама-қарсы сандық сигналдарды қолайлы когерентті қабылдауда қателік ықтималдығы келесідей анықталады [26]:

$$p = 1 - \Phi^2(\sqrt{2h^2}), \quad (3.2)$$

мұндағы, $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \left(\exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \right) dt$ – ықтималдық интегралы [22];

$h^2 = \frac{P_c \tau}{N_0}$ – қабылдағыш кірісіндегі ақпарат ұзақтығы битке N_0 шуылдың спектральды тығыздыққа P_c энергия сигналы қуаттылығының қатынасы.

(3.1) интегралды (3.2) қою арқылы есептеу математикалық қиындықтармен ұштасады (3.3) үстіңгі бағалануын когерентті емес ҚФМ сигналдарды қабылдауда әділ болды:

$$p_2 = 0.5 \exp(-h^2). \quad (3.3)$$

[3] көрсетілгендей қателік ықтималдығының шамасының p_2 шамаға дейін артуы 0,8 дБ ретті h^2 артумен толтырылады. $h^2 = \mu^2 h_0^2$ қатынасы кездейсоқ шама болады, мұндағы μ – радиоарна таралуының кездейсоқ коэффициенті, $W(z)$ ықтимал тығыздығы $z = \mu$ (3.5) формуламен анықталады:

$$W(z) = \frac{4}{\Gamma(m)\Gamma(m_1)} \left(\frac{mm_1}{\Omega}\right)^{m+m_1-1} z^{m+m_1-1} K_{m-m_1} \left(2\sqrt{z^2 \frac{mm_1}{\Omega}}\right),$$

Амплитудалы флуктуацияда қателік ықтималдығы кездейсоқ шама болады және жоғарыда айтылғандай, қателіктің орташа ықтималдығы белгілі мәнмен анықталады, (3.4) мен (3.5) қою нәтижесінде кестелік интегралға жинақталады:

$$p_0 = \frac{2}{\Gamma(m)\Gamma(m_1)} \left(\frac{mm_1}{\Omega}\right)^{m+m_1-1/2} \int_0^\infty x^{m+m_1-1} K_{m-m_1} \left(2\sqrt{\frac{mm_1}{\Omega}}x\right) dx, \quad (3.4)$$

[6] сәйкес тең:

$$p_0 = \left(\frac{mm_1}{\Omega}\right)^{m+m_1-1/2} (h^2)^{-1/2(m+m_1-1)} \left(2\sqrt{\frac{mm_1}{\Omega}}\right)^{-1} \exp\left(\frac{mm_1}{2\Omega h_0^2}\right) W_{-1/2(m+m_1-1), -1/2(m-m_1)}\left(\frac{mm_1}{\Omega h_0^2}\right), \quad (3.5)$$

мұндағы, $W_{\chi,\mu}(x)$ —шығарылған гипергеометриялық Уиттекер функциясы [6].

Уиттекер функциясының [17] түрленуін қолданамыз:

$$W_{\chi,\mu}(x) = e^{-x/2} x^{C/2} \Psi(a, c, x), \quad a = \frac{1}{2}\chi + \mu, \quad c = 2\mu + 1,$$

мұнда, $\Psi(a, c, x)$ – шығарылған геометриялық функция, онда (3.5) мәнін келесі түрде көрсетуге болады:

$$p_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{mm_1}{\Omega h_0^2}\right)^m \Psi(m, m-m_1+1; \frac{mm_1}{\Omega h_0^2}). \quad (3.6)$$

Тынып қалу радиоарнадағы сигнал/шуыл орташа қатынасын $h_1^2 = \Omega h_0^2$ түрінде береміз. [5] келтірілген (3.6) формуласы бойынша мәнді аппроксимирлейміз. Онда $\frac{mm_1}{h_1^2} \ll 1$, мұнда $h_1^2 = \Omega h_0^2$ жағдайдағы m мен m_1 әртүрлі мәндерінде орташа қателік ықтималдығының қысқартылған мәнін алуға болады.

$m-m_1+1 > 1$ үшін

$$p_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{mm_1}{h_1^2}\right)^m \frac{\Gamma(m-m_1)}{\Gamma(m)}, \quad (3.7)$$

аппроксимация қателігі:

$$A_1 = \frac{\Gamma(m)}{\Gamma(m-m_1)} \left(\frac{mm_1}{h_1^2}\right)^{m-m_1}. \quad (3.8)$$

$m-m_1+1 < 1$ үшін

$$p_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{mm_1}{h_1^2}\right)^m \frac{\Gamma(m_1-m)}{\Gamma(m_1)}, \quad (3.9)$$

аппроксимация қателігі:

$$A_1' = \frac{\Gamma(m)}{\Gamma(m-m_1)} \left(\frac{mm_1}{h_1^2} \right)^{m_1-m}. \quad (3.10)$$

m арттыру мен баяу тынып қалумен белгілі мәннен $m \gg 1$ сәйкесінше азайтуды олардың динамикалық диапазоның төмендету нәтижесінде алуға болады. Бұл жағдайда релеевті жылдам тынып қалу үшін (3.19) формула [26] түрге түрленді $p_0 = \frac{1}{2h_1^2}$. σ^2 мен Ω және m шамалары мобильді терминалдардың орналасу орындарына байланысты 3.13-кестеде көрсетілген мәндерді иеленеді.

3.1-кесте – Мобильді терминалдардың орналасу орындарына байланысты шамалары

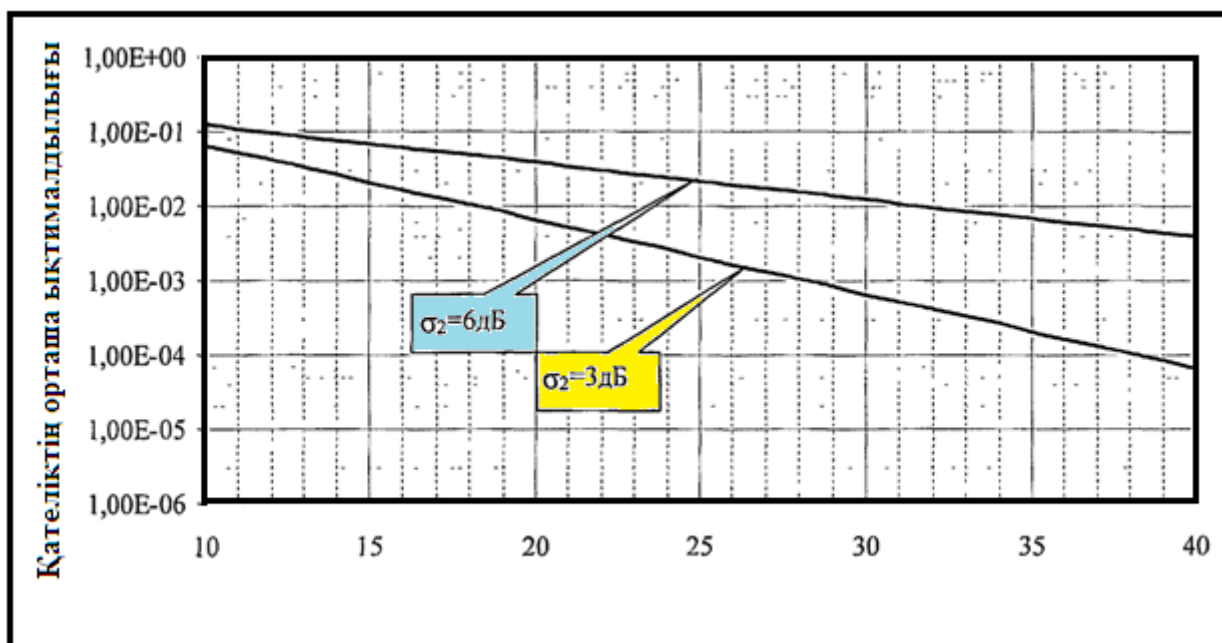
	Ірі қалаларда	Елді мекендерде	Ауылды жерлерде
σ_2 биіктігі	$\sigma_2 \cong 10$ дБ	$\sigma_2 \cong 6$ дБ	$\sigma_2 = 3$ дБ
Ω мәні	–	$\Omega = 2.6$	$\Omega = 1.269$
m мәні	–	$m = 0.5$	$m = 2.5$

(3.19) бен (3.20) формулаға сәйкес құрылған $\sigma_2 = 3$ дБ ($m = 2.5$) пен $\sigma_2 \cong 6$ дБ ($m = 0.5$) жағдайлары үшін орташа қателіктер ықтималдығының тәуелділік графиктері $m_1 = 1$ үшін 3.8-сурет келтірілген.

3.13-кестеде келтірілген әртүрлі өлшем мәнінің Ω графиктері құрылған.

(3.3) мәні $u(t) = \sqrt{\Omega(t)}$ кездейсоқ функциясының u_m медианды мәніне қалыптанған $y = u/u_m$ сигналының орташа квадратталған мәнінің $W(y)$ ықтимал тығыздығын анықтайды. Егер таралу коэффициентін қарастырсақ, онда сәйкестену бойынша $W(y)$ функциясымен $y = \frac{\mu}{\mu_m}$ шамасы медианды мәнге μ_m қатысты қалыптанған таралу коэффициенті.

Өз кезегінде орташаланған μ_m^2 мәнінің шамасы таралуда сигнал өшуінің нәтижесінде еркін кеңістік пен салыстырғанда қабылдағыш кірісінде сигнал қуаттылығының шығын шамасын анықтайды. $\mu = \mu_m u$ таратудың кездейсоқ коэффициентінің шамасы мен $h_0^2 = \mu_m^2 h_c^2$ сәйкесінше, h_c^2 – еркін кеңістікте қабылдағыш кірісінде сигнал энергиясының шуылдың спектральды тығыздығына қатынасы.



3.1-сурет – ($\sigma_2=6\text{дБ}$, $\sigma_2=3\text{дБ}$) жағдайы үшін бірінші түрдегі тынып қалу моделімен сәйкес (h_0^2) сигнал/шуыл қатынасына тәуелді қателіктің орташа ықтималдығы

3.2 Екінші түрдегі тынып қалу моделі үшін қате қабылдаудың орташа ықтималдығы

Гамма-таралу функциясы (3.11) қисықтың ықтимал тығыздығының (3.10) аппроксимациясы есебімен $\sigma_2=10\text{дБ}$, $\sigma_2=6\text{дБ}$, $\sigma_2=3\text{дБ}$ жағдайы үшін орташа қателік ықтималдығын есептейміз:

$$W_{\Gamma}(y) = \frac{1}{\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha+1)} y^{\alpha} \exp\left(-\frac{y}{\beta}\right). \quad (3.11)$$

(3.11) мәнді қою нәтижесі мен (3.12) фазалы манипуляция сигналының когерентті емес қабылдауда қателік ықтималдығының мәні (3.14) формуладан кестелік интеграл алынады (бұл жағдайда $y=\mu$):

$$p_0 = \frac{0.5}{\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha+1)} \int_0^{\infty} y^{\alpha} \exp\left(-\frac{y}{\beta}\right) \exp(-h_0^2 y^2) dy, \quad (3.12)$$

[6] сәйкес тең болады:

$$p_0 = \frac{0.5}{\beta^{\alpha+1}} \times (2h_0^2)^{-\alpha+1/2} \times \exp\left(\frac{1}{8h_0^2\beta^2}\right) D_{-(\alpha+1)}\left(\frac{1}{\beta\sqrt{2h_0^2}}\right), \quad (3.13)$$

мұндағы, $D_p(z)$ – параболаның цилиндрлік туынды гипергеометриялық

функциясы [6].

[6] сәйкес параболалық цилиндр функциясы келесі түрде көрсетіледі:

$$D_q(z) = 2^{\frac{q}{2}} e^{-\frac{z^2}{4}} \left\{ \frac{\sqrt{\pi}}{\Gamma(\frac{1-q}{2})} \Phi\left(-\frac{q}{2}, \frac{1}{2}; \frac{z^2}{2}\right) - \frac{\sqrt{2\pi}}{\Gamma(-\frac{q}{2})} \Phi\left(\frac{1-q}{2}, \frac{3}{2}; \frac{z^2}{2}\right) \right\}, \quad (3.14)$$

мұндағы, $\Phi(\psi, \gamma, x)$ – туынды гипергеометриялық функция, [6] сәйкес келесідей сипатталады:

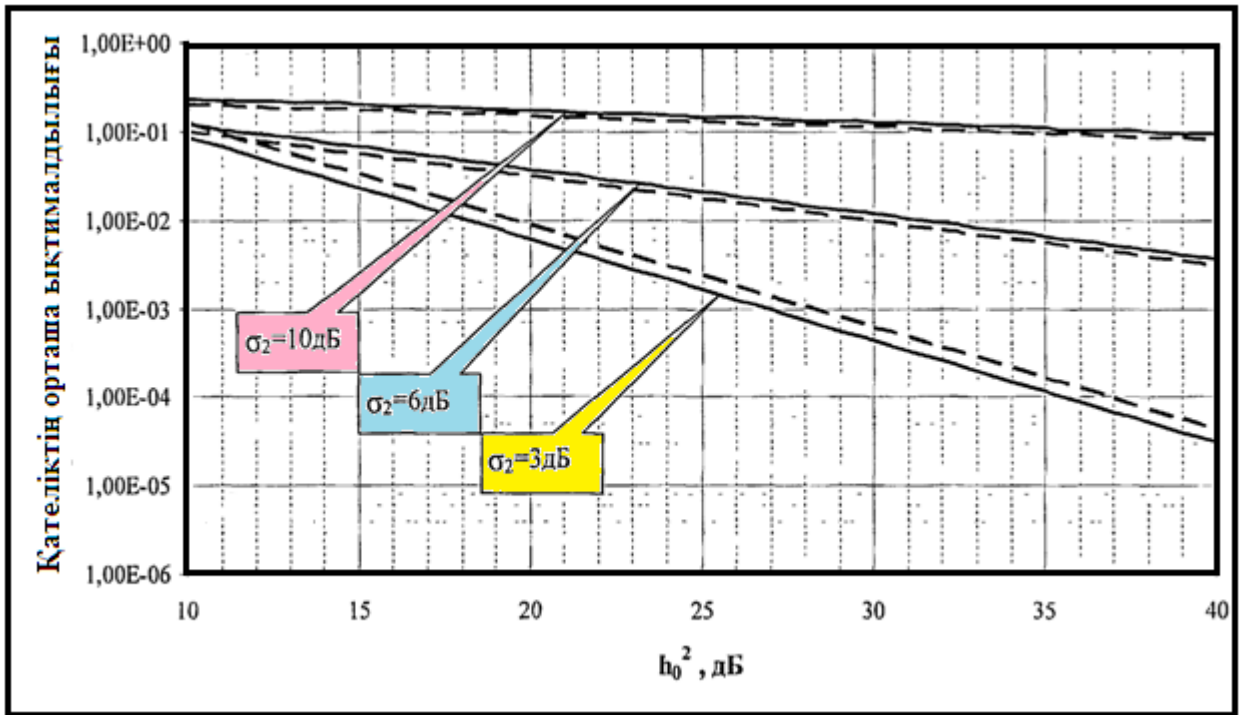
$$\Phi(\psi, \gamma, x) = 1 + \frac{\psi x}{\gamma 1!} + \frac{\psi(\psi+1) x^2}{\gamma(\gamma+1) 2!} + \frac{\psi(\psi+1)(\psi+2) x^3}{\gamma(\gamma+1)(\gamma+2) 3!} + \dots \quad (3.15)$$

Келтірілген рұқсаттар мен аппроксимациясы есебімен орташа қателік ықтималдығының формуласы келесі түрде болады:

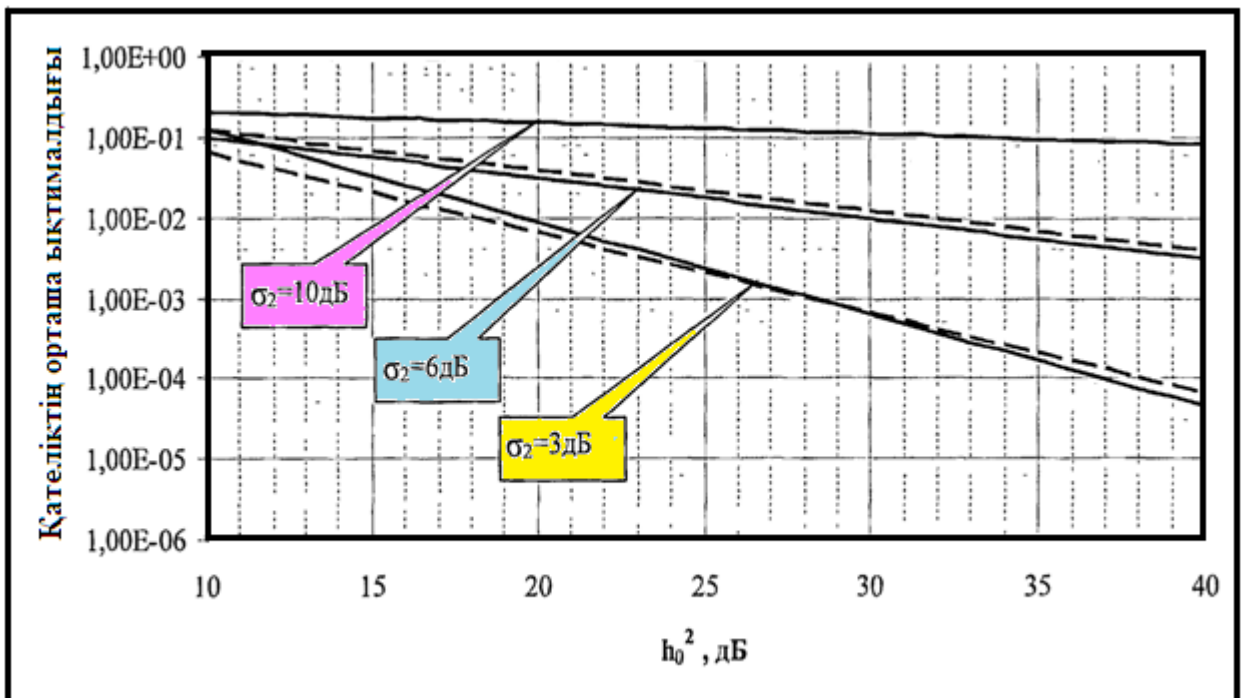
$$p_0 = \frac{0.5}{\beta^{\alpha+1}} \times (2h_0^2)^{-\alpha+1/2} \times \exp\left(\frac{1}{8h_0^2\beta^2}\right).$$

3.9-суретте келтірілген орташа қателік ықтималдығының сигнал/шуыл қатынасы тәуелділігі келтірілген, екінші түрді тынып қалу моделінде қисықтық ықтимал тығыздығының аппроксимациясы (3.10) мен гамма-тарату функциясы (3.11) $\sigma_2=10\text{дБ}$, $\sigma_2=6\text{дБ}$, $\sigma_2=3\text{дБ}$ (3.23) функциясы сәйкес алынған, (3.21) нақты мәнін есептеу нәтижесінде алынған тәуелділік.

Салыстыру үшін 3.10-суретте $\sigma_2=3\text{дБ}$, $\sigma_2=6\text{дБ}$ үшін бірінші түрді модельде m – таралумен логарифмдік – қалыпты заңның ықтимал тығыздығы аппроксимациясы кезінде (3.19) бен (3.20) тәуелділік графиктері және $\sigma_2=3\text{дБ}$, $\sigma_2=6\text{дБ}$, $\sigma_2=10\text{дБ}$ үшін екінші түрдегі модельде гамма- таралу сандық интегралдау нәтижесінде алынған ықтимал тығыздық функциясының аппроксимациясында (3.23) тәуелділік графиктері келтірілген.



3.2-сурет – Екінші түрдегі тынып қалу моделіне сәйкес сигнал/шуыл (h_0^2) қатынасына байланысты қателіктің орташа ықтималдығы



3.3-сурет – Тынып қалудың әр түрлі модельдерін салыстыру

3.3 Тынып қалу кезінде хабарды қабылдау сапасына арна синхронизациясының әсері

Қабылдағыш кірісіндегі сигналдың тынып қалуы ақпараттық арнаға да, синхронизацияның ішкі жүйесіне де кері әсерін тигізеді. Идеал синхронизация кезінде ақпараттық арналардың тынып қалу сигналдарының қабылдауда бөгеулікке орнықтылығын зерттеуге көптеген жұмыстар арналған [23,26]. Сол уақытта тынып қалудың жұмыс сапасына белгілі синхронизациядағы әсер қарастырылмаған. Синхронизация сұлбаларының сандық радиожелідегі тынып қалатын сигналдарға қате қабылдау ықтималдығына әсер етуін талдауға арналған зерттеулер жоқ. Бұл тапсырмалардың аналитикалық шешімдері көптеген математикалық қиындықтармен байланысты, себебі синхронизацияның бақыланатын сұлбаларының кірісіндегі сигнал/шуыл қатынасының кездейсоқ өзгерісінде синхронизацияның үзілу ықтималдығы артып, сұлба сызықты емес режимге көшеде. Осы жерде қолданылатын көрсеткіштер: фазаның секіріс заңы, синхронизацияның үзілу ықтималдығы, бақылаудың орташа уақыты – белгілі жақындықтағы жұмысты сипаттайды [23]. Дипломда өңделген имитационды модельде әртүрлі режимдегі бөгеулікке тұрақты радиожелінің зерттелуі жүргізіледі. Радиожелінің бөгеулікке орнықтылығы радиожелінің қабылдау бөлімінің шығысында өлшенетін (BER) қателік пайда болатын жиілік шамасымен анықталады. Сигналдың тынып қалуы кездейсоқ функция сигналының модуляция нәтижесінде имитирленеді, оның ықтимал тығыздығы Релей заңымен сипатталады. Сигналға қатысты жалпы болатын радиоарнадағы жылдам тынып қалулар әсері зерттеледі. $\Delta\tau \gg \tau$ тынуы сипаттайтын кездейсоқ функцияның корреляция интервалы ақпараттың импульс ұзақтығынан τ біршама артық. Имитационды модельде ақпаратты тарату жылдамдығы ұялы мобильді байланыстың нақты радиожелілеріндегі тарату жылдамдығынан асып түседі, ал статистикалық зерттеуде әрбір қателік ықтималдығының өлшеу уақытын қысқартуға мүмкіндік береді. Модельдеу үрдісінде радиожелі жұмысының келесі режимдері зерттеледі, олардың әрқайсысы BER өлшеумен аяқталады.

Идеал синхронизацияда ақпараттық арна кірісіндегі ақ шуылдың әсері.

Ақпараттық арнаның кірісі мен синхронизацияның ішкі жүйесіне ақ шуылдың әсері.

Идеал синхронизация кезінде ақпараттық арна кірісіне ақ шуыл мен тынып қалудың әсер етуі.

Ақпараттық арнаның кірісі мен синхронизацияның ішкі жүйесіне ақ шуыл мен тынып қалудың әсер етуі.

Синхронизацияның ішкі жүйесі тасушы бойынша синхронизация сұлбасы (ТСС) мен тактілі синхронизация сұлбасынан (ТСС) тұрады. Идеал синхронизация кезінде радиожелінің бөгеулікке орнықтылығын зерттеу қорытынды тәуелділіктерді алуға мүмкіндік береді, белгілі жерлерден

аналитикалық әдіспен алынған тәуелділіктерді салыстыру нәтижесінде құрылған модельдің адекватты қорытындысын жасап, синхронизация сұлбасының радиожелілік бөгеулікке орнықтылығын бағалауға болады.

3.4 Ақпаратта таратудың сандық жүйесінің моделі

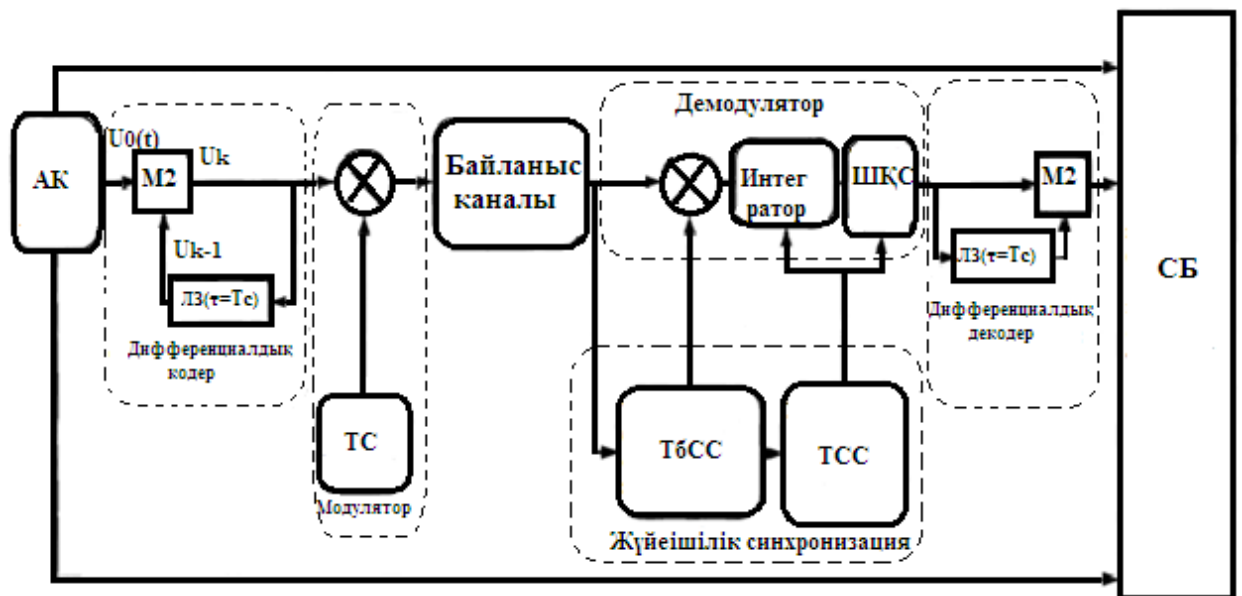
Ақпаратты таратудың сандық жүйесі моделінің функцияда сұлбасы 3.14-суретте келтірілген. Ақпарат көзі "0" мен "1" символдық тең ықтималдылықпен пайда болатының импульс генераторы болып табылады. Кері жұмыс эффектісімен күресу үшін модельде қатысты фазалық модуляция (ҚФМ) қолданылады. ҚФМ сигналын қалыптастыруда модельденетін параметрі тасушы фазаның абсолютті мәні емес, екі көршілес символдағы тасушы фазаның тербелу айырмасы $\varphi = \varphi_j - \varphi_{j-1}$, ол келесі заңмен өзгереді: "0" символын таратуда – тасушы фаза 180° -қа өзгереді, "1" символын бергенде – тасушы фаза өзгерісі:

$$\Delta\varphi = \begin{cases} 0 \text{ таратқан кезде } 180^\circ \\ 1 \text{ таратқан кезде } 0^\circ \end{cases} .$$

Ақпараттық видео-синал алдын-ала ережеге сәйкес дифференциалды кодерде кодталады:

$$U_k = U_{0j} \oplus U_{k-1}. \quad (3.16)$$

Осы кезде ақпараттық видео – сигналдың к-ші таралуы $\tau = T_c$ ақпараттық импульс ұзақтығында алынатын тоқтау тораптарына (ТТ) 2 модуль бойынша ағымдық және алдыңғы таралым нәтижесінде қалыптасады. Дифференциалды кодер шығысында ақпараттық сигналмен түрленген тербелісті тасушының фазалық манипуляциясын 180° орындайтын қарапайым классикалық модулятор ФМ қолданылады. Модельдің қабылдау бөлігінде демодулятор мен дифференциалды декодерде (3.14-сурет) іске асатын қолайлы пәэлементті когорентті сигналды қабылдау ҚФМ қолданылады. Демодуляторда ақпараттық импульс соңында синхронды разрядпен интегратор пайдаланылды. Шешімді қабылдау сұлбасы апостерионды ықтималдылықтық максимум критерийіне сәйкес шешім шығарады.



3.4-сурет – Ақпарат таратудың сандық жүйесі моделінің функционалды сұлбасы

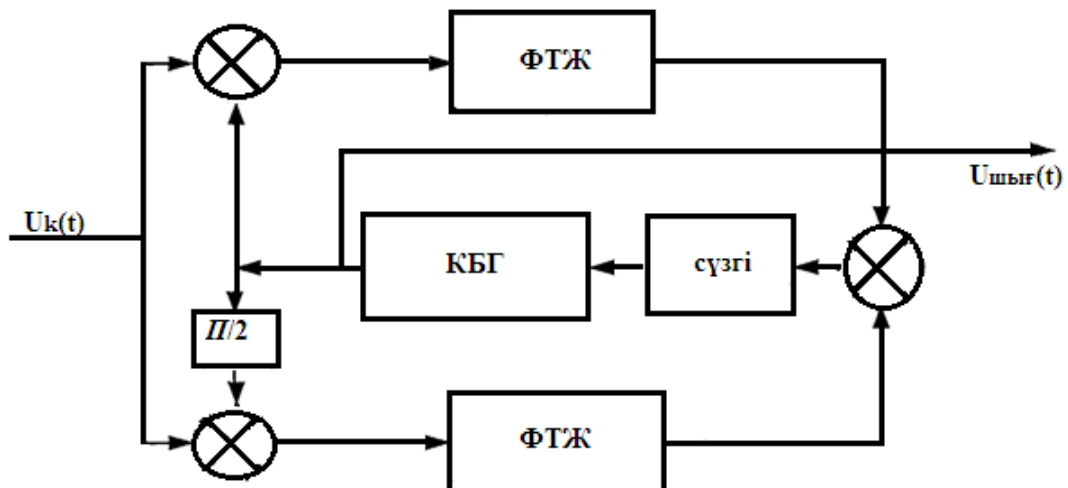
Қабылдағыш блогының жұмысы синхронизацияның ішкі жүйелерімен іске асады, ол келесі негізгі сұлбалардан тұрады.

Тасуы бойынша синхронизация сұлбасы (ТСС), қабылданатын сигналдың тасушы жиілігінің тербелісімен жиілігі мен фазасы бойынша сәйкес тіреуіш гармониялық тербелісті қалыптастырады.

Тактілі бойынша синхронизация сұлбасы (СТС), қабылданатын ақпараттық сигналдардың аяқталу моментімен сәйкес импульстер жүйелілігі шығысында қалыптасады. Тактілі синхронизацияда импульстер қабылдағыш интеграторларын стробтауға арналған.

СТС пен ТСС сұлбалары бақылаушы және олардың негізгі элементі жиіліктің фазалық автоқұрылуы (ЖТАҚ) болып табылады.

Костос сұлбасы бойынша орындалған тасушы бойынша синхронизация сұлбасы (3.15-сурет) бақылау режимінде белгісіз сигнал параметрлерінің нақты өлшенуі мен кездейсоқ өзгерістерді бақылауда іске асады.



3.5-сурет – Костос сұлбасы

Келтірілген сұлба фильтр тусағы ретінде қолданылатын төменгі жиілікті интегрирлейтін фильтр мен сұлбаның әрбір бұтағынан төменгі жиілікті фильтрлі (ТЖФ) бақыланатын жүйе болатын, оның беріліс функциясы келесідей [21]:

$$K_{\Phi}(p) = \frac{p+\gamma}{p}, \quad (3.17)$$

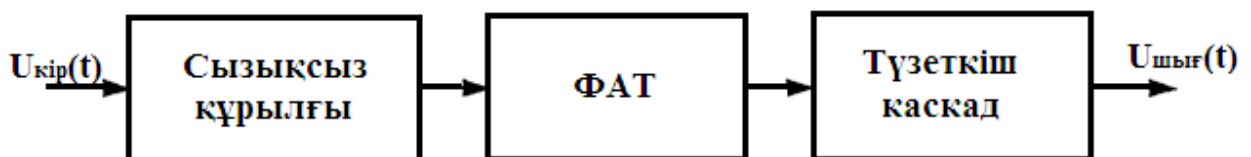
мұндағы, $\gamma = \frac{k_0}{4}$ – интегрирлейтін фильтрдің таралу коэффициенті [21].

Костос сұлбасының шуыл жолағы [21] сәйкес Δf_{Φ} төменгі фильтр жиілігі $\frac{\Delta f_{\text{ш}}}{\Delta f_{\Phi}} \ll 1$ жолағымен салыстырғанда $\Delta f_{\text{ш}}$ шуыл жолағы аз шартында келесі мәнмен берді:

$$\Delta f_{\text{ш}} = \frac{k_0}{4} \left(1 + \frac{\gamma}{k_0} \right), \quad (3.18)$$

мұндағы, $k_0 = k_{\text{дкГ}}$; $k_{\text{д}} = \frac{1}{2} A_{\text{с}} A_{\text{Г}}$ – дискриминатордың таралу коэффициенті, мұнда $A_{\text{с}}$ амплитуда пайдалы мен $A_{\text{Г}}$ амплитудалы басқару генератор кернеуі көбейеді; $\Delta f_{\text{ш}} = \frac{k_0}{4} \left(1 + \frac{\gamma}{k_0} \right)$ формуласына $\gamma = \frac{k_0}{4}$ қою нәтижесінде; k_0 таралу коэффициенті $k = \frac{16}{5} \Delta f_{\text{ш}}$ шу жолағының арақатынасымен байланысты деуге болады.

Әдетте [21] шуылдық қателікті азайту мақсатымен R ақпарат ағынын тарату жылдамдығынан шуыл жолағы 10-100 есе аз таңдалынады. Костос сұлбасындағы фильтрлер арналық символ жолағымен сәйкестенген. Модельде Костос сұлбасының шуыл жолағы $\Delta f_{\text{ш}} = R/10$ тең деп алынады. Тактілі синхронизация сұлбасы 3.16-суретте келтірілген және ол тактілік жиілік сигналын қайта орнататын, каскадты қалыптастыратын, алынған тактілі жиілік сигналын қажетті түрде түрлендіретін сызықты емес құрылғыдан тұрады.

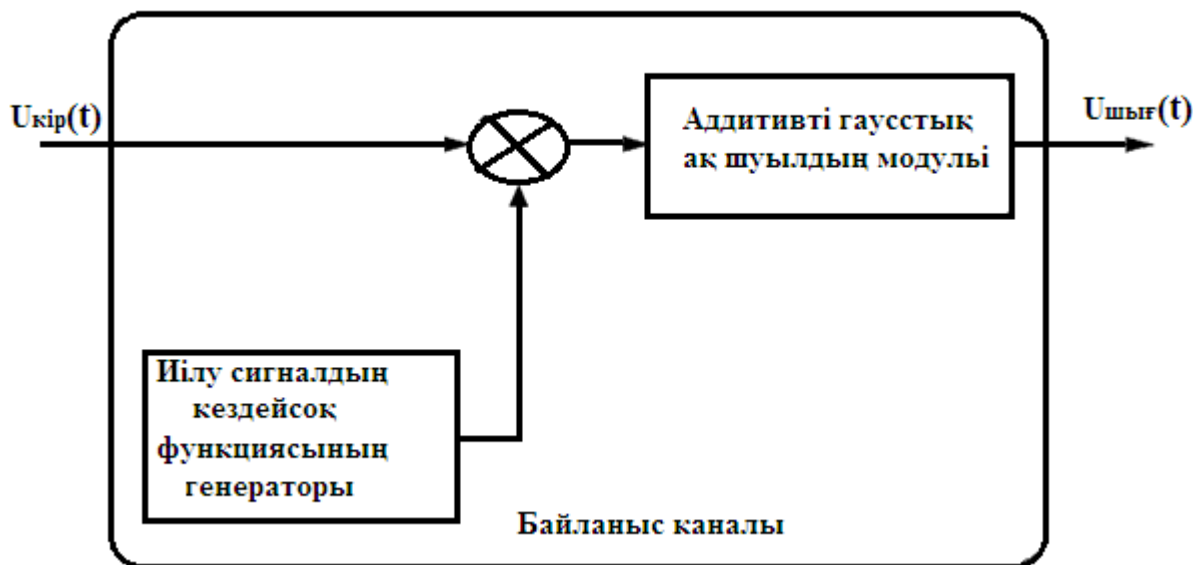


3.6-сурет – Тактілі синхронизация сұлбасы

Арна байланысының моделі 3.17-суретте келтірілген:

- аддитивті ақ гаусты шуыл моделі;
- ықтимал тығыздығы $W(x) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$ функциясымен сипатталатын

релеевтік тынып қалуды көрсететін қисық сигналдың кездейсоқ сигналдың кездейсоқ функциясының генераторынан тұрады.



3.7-сурет – Арна байланысының моделі

Қабылданатын ақпараттық сигналды өңдеу негізінде статистика блогы шығыстағы берілген символдар санын, тіркелген қателіктер мен қателіктің пайда болуы есептелген жиілігін көрсетеді. Модельдеу үрдісінде берілетін базалық параметрлер:

- τ – ақпараттық символ ұзақтығы;
 - f – тасушы ауытқудың жиілігі;
 - T_M – модельдеу уақытының дискреттеу периоды;
 - $\Delta f_{ш}$ – тасушы синхронизация сұлбасының шуылдық жолағы.
 - $\sigma=0,5$ – қисық сигналдық кездейсоқ функциясының генератор параметрі.
- Костас сұлбасының параметрлері болып табылады:
- тасушы ауытқудың номинал жиілігі;
 - басқарылатын генератордың сезгіштігі;
 - тұсақты фильтрді тарату коэффициенті.

3.5 Тактілі синхронизацияның бақыланбайтын жүйе алгоритмі

Ақпаратты таратудың сандық жүйесінің маңызды элементі пайдалы ақпаратты қабылдау сапасын арттырып, қабылданатын және тірек сигналының параметрлерінің ерекшелігін азайтуды қамтамасыз ететін синхронизацияның ішкі жүйесі болып табылады. Бұл параметрлердің айырмашылықтары көптеген факторларға байланысты: ол қабылдағыш пен таратқыштың өзара орын ауыстыруы, жиіліктің шақырылатын өзгерістері, аппаратура жұмысының идеал болмауы, байланыс сеансының өзіндік басталуы және тағы басқа. Ішкі жүйе

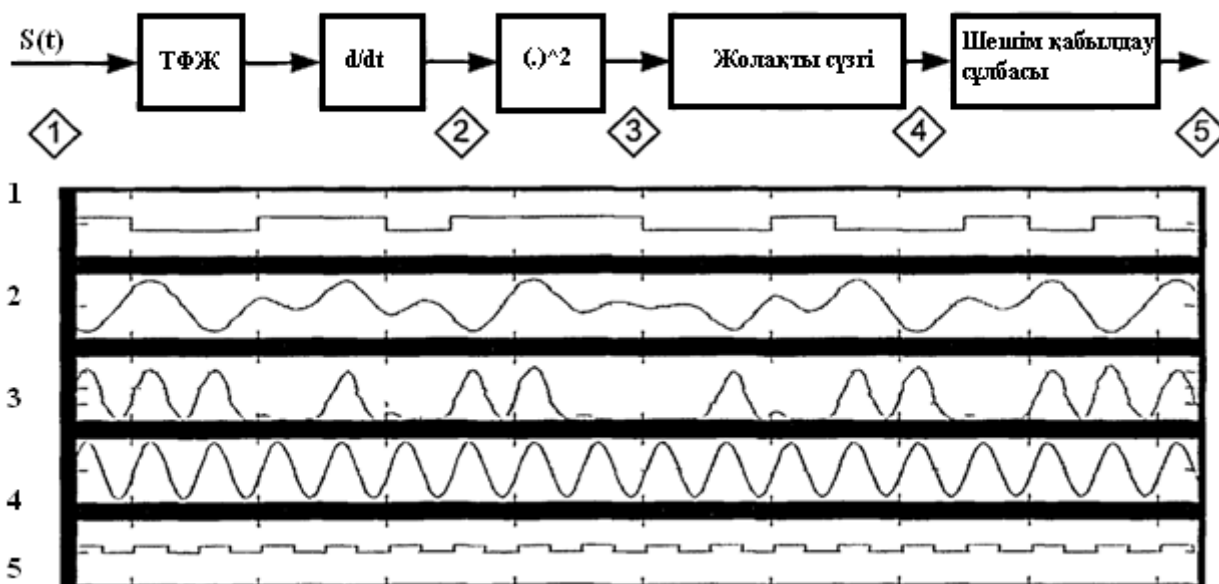
синхронизациясының құрылымдық сұлбасы 3.20-суретте көрсетілген. Ішкі жүйелер іздеу режимінде немесе бақылау режимінде жұмыс істейді. Басқару сұлбасы сеанс басында іздеу режимінен бақылау режиміне көшуді іске асырады. Бақылау үшін бақылаудың үзілу мен ұстау индикаторлары қолданылады. Іздеу сұлбасы іздеуді бірнеше параметрлер бойынша іске асырады: тасушы жиілік бойынша, тактілі жиілік бойынша, қабылданатын сигналды кідіріс бойынша. Бақылау сұлбасы автоқұрастырудың фазалы және жиілік сұлбаларынан тұрады.



3.8-сурет – Синхронизацияның ішкі жүйесінің құрылымдық сұлбасы

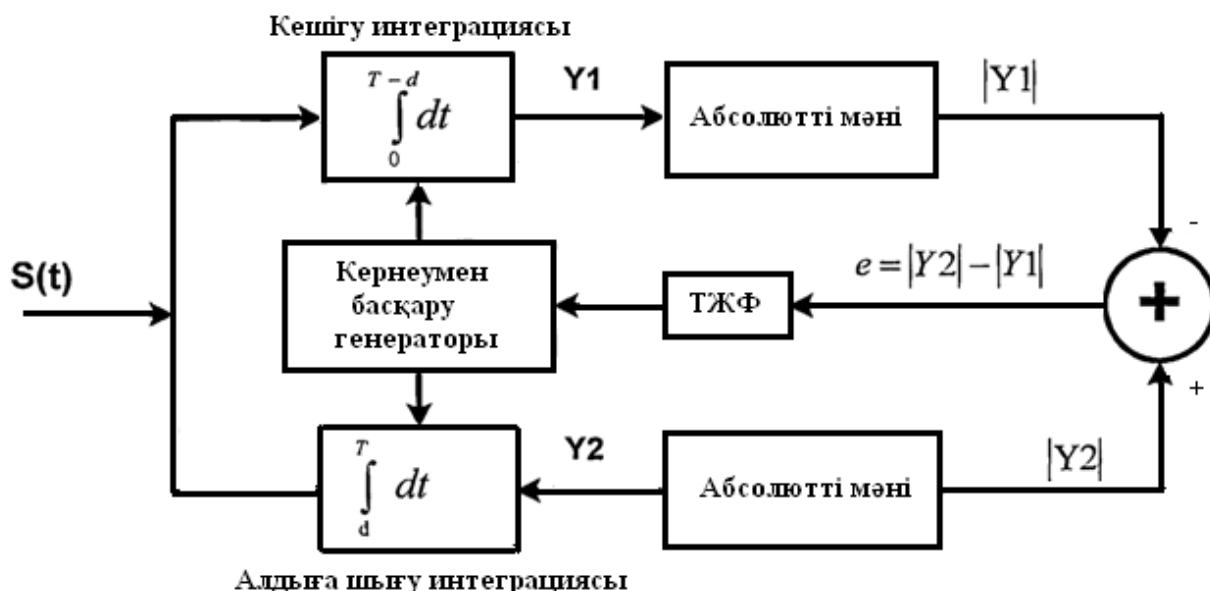
Тактілі синхронизация сұлбалары көбінесе қабылданатын ақпараттық сигнал бойынша жұмыс істейді. Тактілі жиілік қалпына келтіру үшін сызықты емес түрлендірулерді қолданады. Тактілі синхронизация сұлбаларының екі тобы бар: ашық және жабық. Көбінесе ашық синхронизация жүйелері қолданылады, оларды кейде фильтрлерде сызықты емес синхронизаторлар деп атайды [3, 26]. Бұл атау өзі үшін айтып тұр. Бұл класс синхронизаторлары жиіліктік компонентті символды тарату жылдамдығымен генерирлейді; келіп түсетін төменгі жиілікті сигналды келесі жүйелілікпен өткізеді: фильтр, сызықты емес құрылғы. Берілген жағдайда символдарды тарату жылдамдығы таралатын жиілікті компонент жолақты фильтр арқылы бөлінеді, содан кейін күшейткіш-шектегіш оған керекті пішінді береді. Нәтижесінде тактілі импульстердің тікбұрышты сигналы қалпына келтіріледі.

0 мен 1 символдары пайда болып нақты статистикасы туралы ештеңе белгілі емес. Ал синхронизация арнасының сұлбалары келіп түсетін ақпараттық ағыннан тактілі импульстерді шығарады. Төменде ашық тактілі синхронизацияларының сұлбалары [1,2] мен олардың жұмысының модельдеу нәтижелері келтірілген (3.21-сурет). Эпкорлерде әрбір сұлба нүктелеріндегі сигналдар көрсетілген. Мысал үшін 3.21-суретте сұлба жұмысын түсінейік. Мұнда сигналдың дифференциалдануы іске асады, нәтижесінде оң және теріс жарқыраудың жүйелілігі алынады.

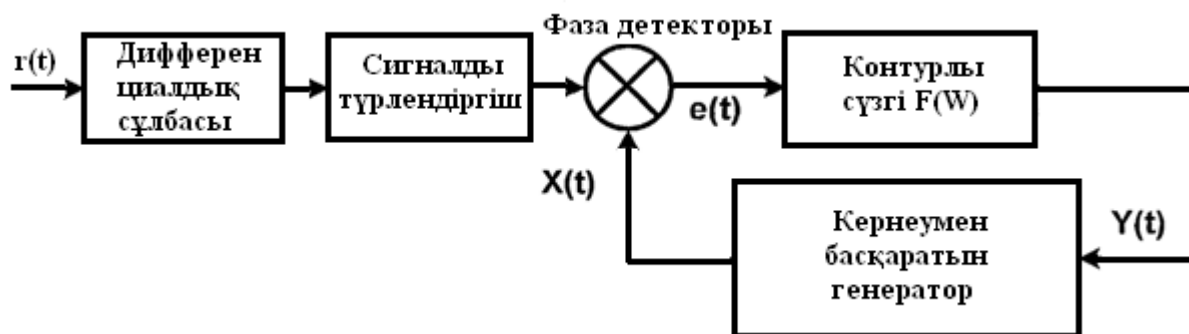


3.9- сурет – Ашық тактілі синхронизацияларының сұлбасы мен олардың жұмысының модельдеу нәтижелері

Ашық тактілі синхронизаторлардың негізгі кемшілігі нөлдік орташамен жойылмайтын қателіктің болуы [3]. Бұл қателікті сигнал/шуыл қатынасының үлкен мәнінде төмендетуге болады, бірақ сигнал синхронизациясы формасы келіп түсетін сигналға тәуелді болғандықтан, бұл қателік ешқашан жойылмайды. Тактілі синхронизацияның тұйық сұлбалары кіріс сигналды генерирленетін локальды тактілі импульстермен салыстырады, яғни екілік символдардың орын ауыстыруын бақылайды. Тұйық сұлбалар ішінен озушы стробтау синхронизаторын бөліп көрсетуге болады [26], ол 3.10-суретте келтірілген. Оның жұмысы екі аралық символды интеграл ұзақтығы ($T-d$) бойынша кіріс сигналдың энергиясын екі бөлек интегралдау болып табылады. Бірінші интегралдау символды тарату периодының басында берілу моментінде басталып, ($T-d$) моментінде аяқталады. Екінші интегралдау d кідірумен басталады және символды тарату периодының соңында аяқталады (шартты түрде – T моменті). Интегратор шығыстарының абсолютті мәнінің U_1 мен U_2 айырмасы қабылдағыштың синхронизация символдарының қателік шегі болып табылады және келесі қабылдауды түзету үшін қайта беріле алады.



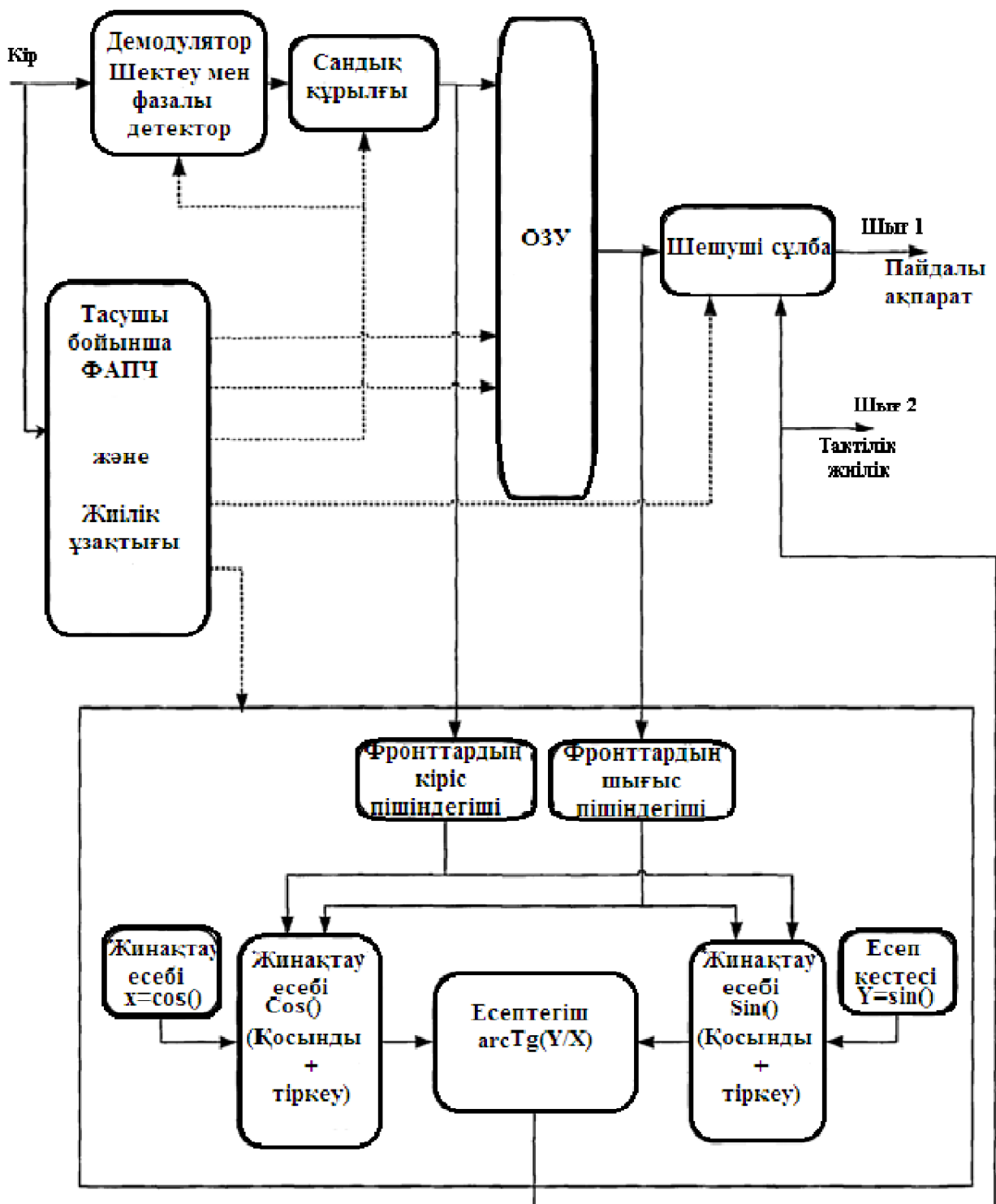
3.10-сурет – Тұйық сұлбалар ішінен озушы стробтау синхронизаторын бөліп көрсету



3.11-суре – Синхронизацияның барлық жүйелерінде жиіліктің фазалы авто құрылуының контурының әртүрлілігінің сұлбасы

Мұндай сұлбаның кемшілігі ақпараттық сигнал өзгермеген жағдайда таралу сигналы генерирленбейді, яғни нөл мен бірліктің ұзын жүйелілігі; екі бірдей интеграцияның іске асу күрделілігі. Тактілі синхронизацияның тұйық сұлбасын ФАПЧ жүйелері негізінде құруға болады. Синхронизацияның барлық жүйелерінде жиіліктің фазалы авто құрылуының контурының әртүрлілігі бар, оның сұлбасы 3.11-суретте келтірілген [3]. Мұндай сұлбаның кемшілігі, бір символ белгісін таратуды дифференцирлеуші сұлба шығысында сигнал болмайды және ФАПЧ кірісінде сигнал болмаса, жүйе синхронизациядан шығады. Сигналға кіру үшін сеанс басында преамбуланы тарату қажет. Осылайша, берілген кемшіліктерді жою үшін тактілі синхронизация сұлбасы ұсынылады. Бұл сұлба қысқа байланыс сеансында синхронды режимді ұстап тұруға арналған. Ол үзіліссіз және сеансты жұмыстарға есептеулі.

Байланыс арнасында тактілі сигналды шығарудың сандық сұлбасы.



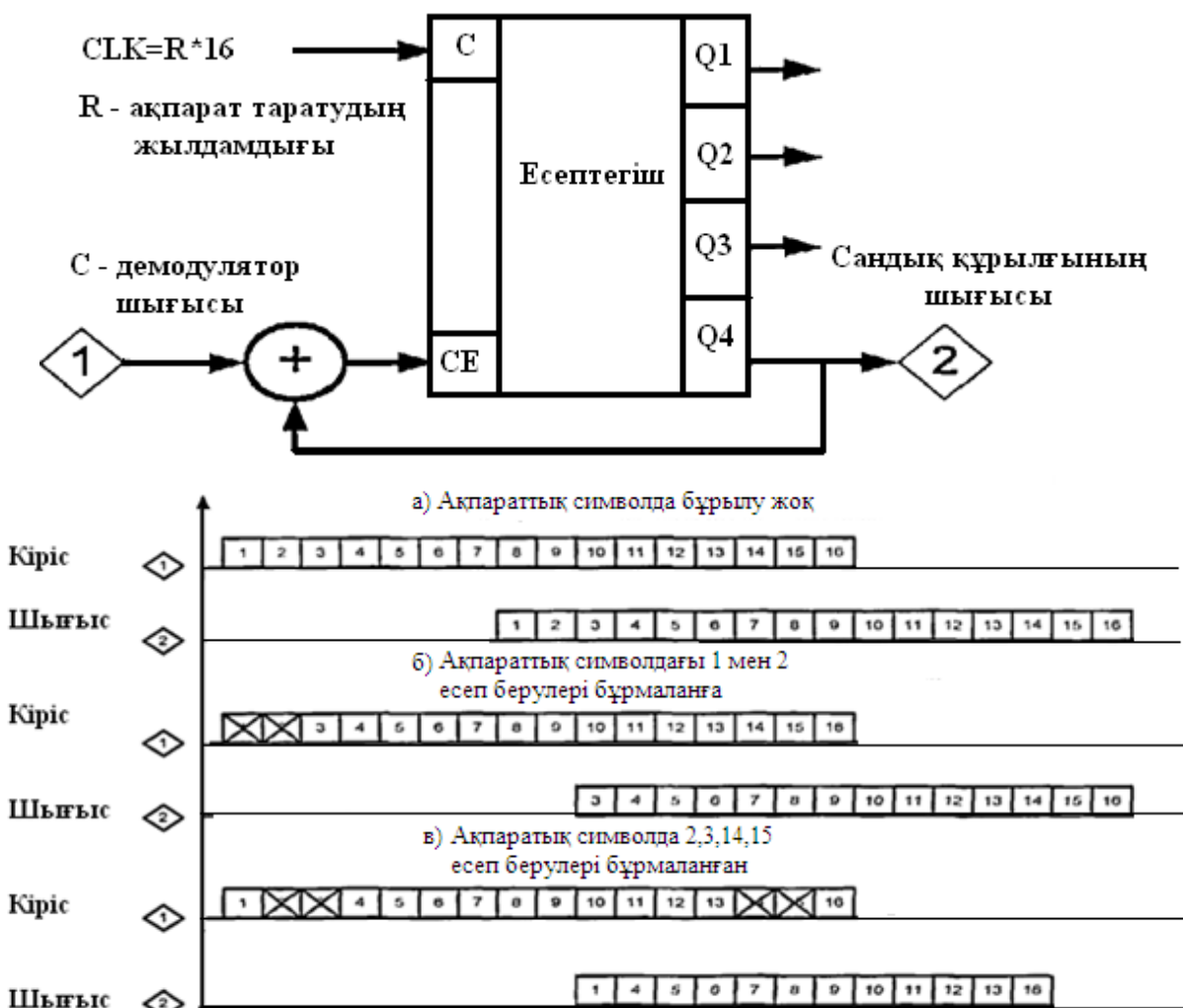
3.12-сурет – Алгоритмнің жалпыланған сұлбасы

Берілген сұлбада нақты синхронизацияны қамтамасыз ету үшін сигнал буферлі ОЗУ –ң жиналада, ол үзіліссіз жұмыс режимінде немесе ұзақ сеансты жұмыста ОЗУ – да сигналдың кідіруі синхронизацияға дәл шығуда мүмкіндік береді. Құрылғының жалпы функционалды сұлбасы 3.24-суретте берілген.

Демодулятор – бұл фазалық детектор мен шектік құрылғы. Бұл демодулятор қолайлы емес, себебі сигнал символдың ұзақтығында

интегрирленбейді. Демодулятор шығысынан сигнал құрылғыға келіп түседі, онда дискретизация жиілігімен дискреттеледі, $n=2^k$ ақпараттық символдардың бақылау жиілігі артады: n –символды есептеу саны, k – разряд саны ($k=2,4\dots6$), k санын таңдау құрылғы күрделілігін анықтайды, соның ішінде $\arctg()$ функциясының мәнін есептеу күрделілігі. Ары қарай $k=4$ таңдалынады, яғни $n=16$.

Бұл сандық құрылғы кіріс сигналының интегрирлеу функциясын орындайды және есептегіш пен қосындыны 2 модуль бойынша іске асырылады (3.25-сурет). Оның тапсырмасы ақпараттың сигнал бұзылуын жою болып табылады. Мұндағы: c кірісі–тактілеу жиілігімен тактілейтін кіріс, ол ақпараттық



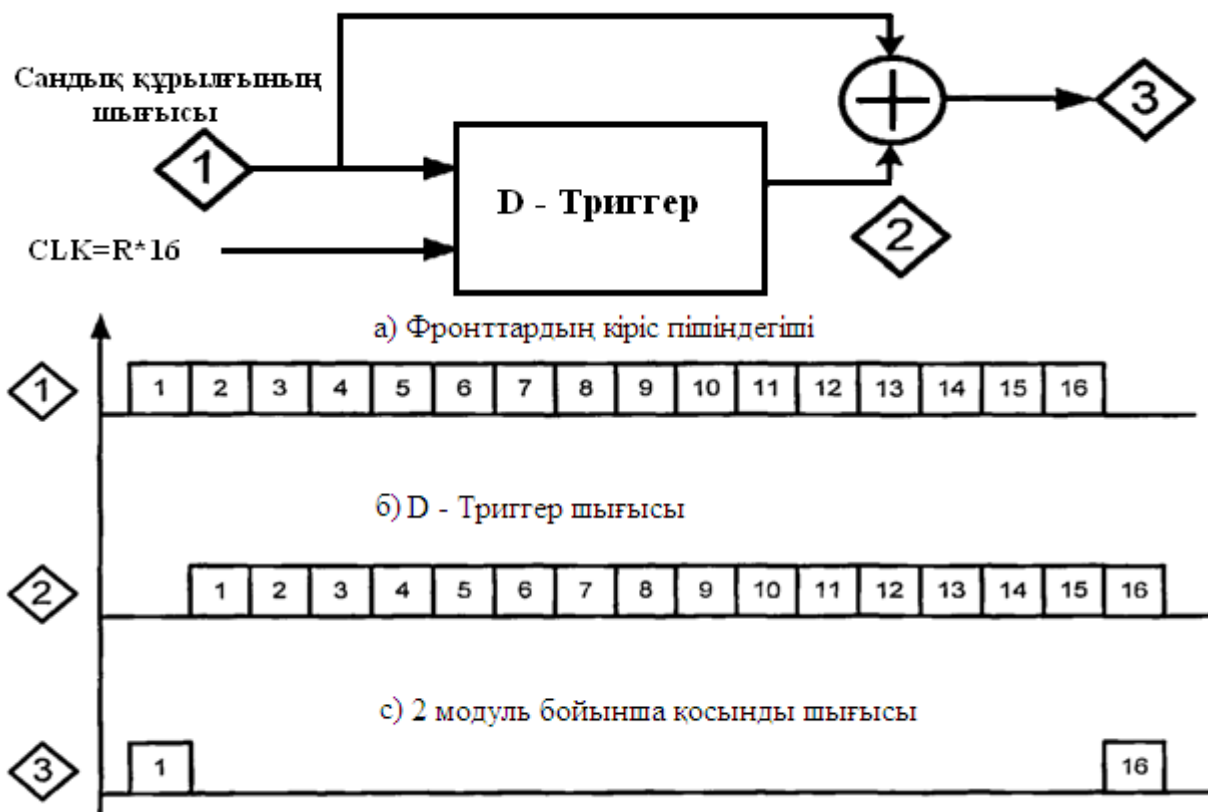
3.13-сурет – Сандық құрылғы кіріс сигналының интегрирлеу функциясы

сигналының тактілі жиілігі 16 есе артады; R –ақпараттық сигналын тарату жылдамдығы; 1 нүктесі – ақпараттық кіріс; 2 нүкте – құрылғы шығысы. Сандық құрылғы шығысынан сигнал фронт қалыптастыратын кірісі мен ЛЗ (ОЗУ) келіп түседі.

Фронттық кіріс қалыптастырғыштары (шығыс сияқты) D – триггер мен ЖӘНЕ – НЕМЕСЕ элементінде іске асырылған. Ол сызық емес элементі бар

дифференциатордың аналогы болып табылады. Сұлбаның жұмысы үшін осындай екі қалыптастырғыш қажет. Фронттың кіріс қалыптастырғышы ақпараттық сигнал ОЗУ-ға түсуге дейін шығарады. Фронттық шығыс қалыптастырғышы оның кірісіне ОЗУ-дан түсетін ақпараттық символдарды шығарады. Осы фронттар бойынша алдын ала жинақталған айырмасы жүргізіледі.

3.13-суретте фронттарды кескіндеу жұмысының мақсаты көрсетілген. 1 нүктеде – сұлба кірісіндегі сигнал, 2 нүктедегі – сигнал D – триггерде кідірген, ал 3 нүктеде – тактілі синхронизация сұлбасының жұмысы үшін арналған.



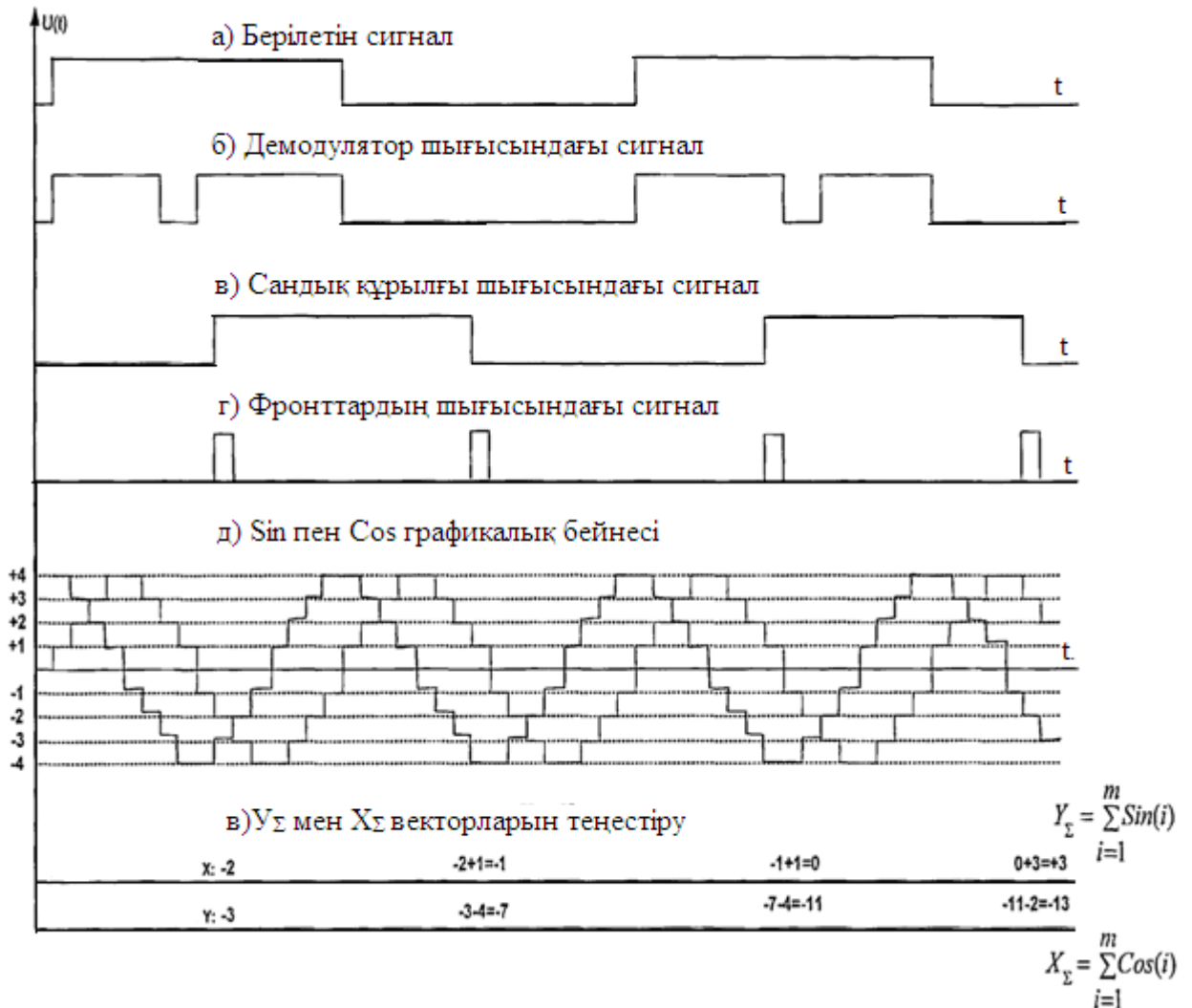
3.13-сурет – Фронттарды кескіндеу

Фронт қалыптастырғышының шығысында фронттың пайда болу моменттері $\sin()$ пен $\cos()$ функцияларының фазасына сәйкес келеді. ПЗУ кестесінен $\sin()$ пен $\cos()$ функцияларының мәндері алынады.

3.14-суретте кіріс сигналының тактілі синхронизация жүйесі өңделуінің жүйелілігі бейнеленген. 3.14а-сурет – таралған сигнал; 3.14б-сурет демодулятор шығысындағы сигнал; 3.14в-сурет–сандық құрылғы шығысындағы сигнал; 3.14г-сурет – фронт қалыптастырғышының шығысындағы сигнал; 3.14д-сурет – $\sin()$ пен $\cos()$ функция кестелерінің графикалық бейнеленуі; 3.14е-сурет – фронттар мен олардың қосынды моменттеріне сәйкес синус пен косинус кестелерінен алынатын мәндер.

X_{Σ} пен Y_{Σ} қосынды векторының қалыптасу принципін қарастырамыз 3.14е-сурет. Әр кезде импульстардың түсуі кезінде $\sin()$ пен $\cos()$ мәндерінің кестесінен алынады. Осылайша, m импульстарының түсуімен $X = \sum_{i=1}^m \cos(i)$

мен $Y = \sum_{i=1}^m \sin(i)$ түрлі m мәні алынады. ОЗУ көлемі кадр ұзақтығына сәйкес келеді. ОЗУ жадысының көлемі көп болған сайын флукуационды шуыл аз, бірақ динамикалық қателік өте көп болады. Егер біз ОЗУ көлемін өзгертсек, онда осы құрылғының жолағын өзгертеміз, яғни сигнал/шуыл қатынасын өзгертеміз. Нақты символ бөлігінің фазасы қосынды вектор

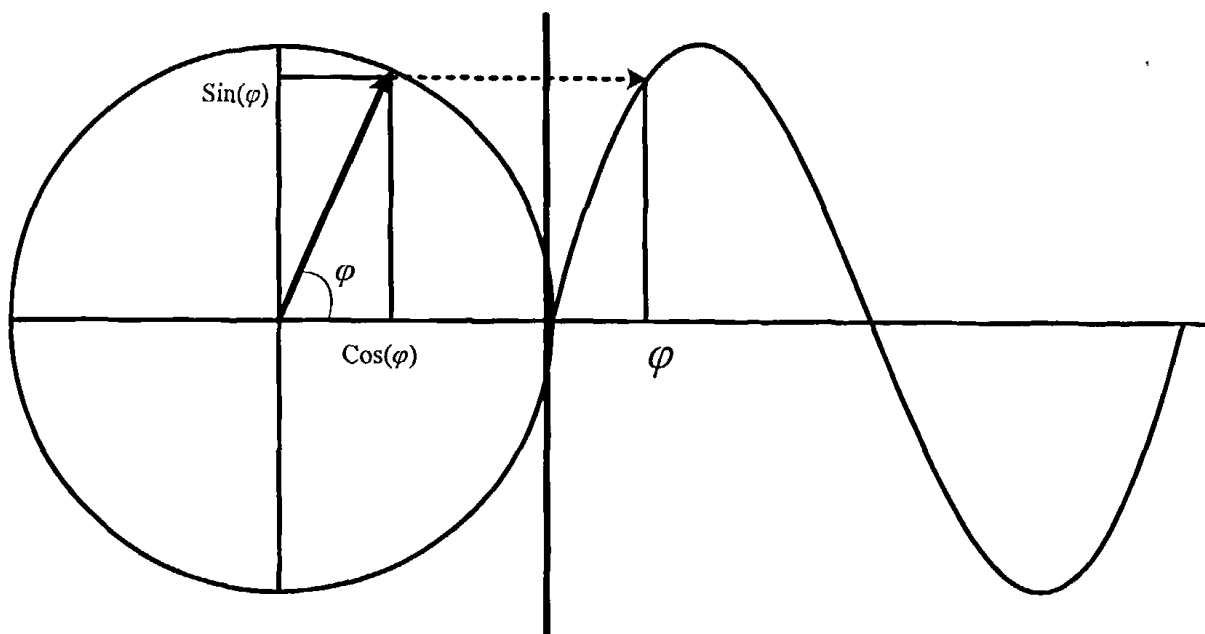


3.14 - сурет – X_{Σ} пен Y_{Σ} қосынды векторының қалыптасу принципі

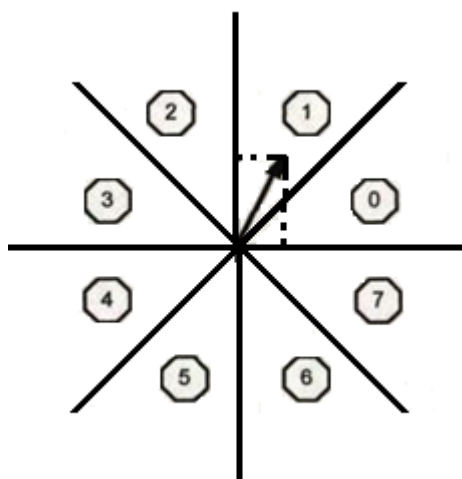
фазасы ретінде анықталады. Ол $\arctg(Y/X)$ пропорционал. Фазаны анықтау үшін фазаны есептеу блогы $\varphi = \arctg(Y/X)$. 3.24-сурет көрсетілгендей шешуші құрылғы ОЗУ шығысынан сигнал мен "φ" мәні келіп түседі. Әрбір сигналды өзінің нөмері болады (0-ден 15-ке дейін төрт разрядты екілік код түрінде, яғни 0000-ден 1111-ге дейін). "φ" мәні де төртразрядты екілік код түрінде көрсетілген және 0-ден 15-ке дейін (яғни 0000-ден 1111-дейін) мәндерді қабылдай алады. Жұмыстың әрбір тактісіне ағымдық нөмер мен "φ" мәнінің салыстырылуы жүргізіледі. Егер олар сәйкес келсе, онда "φ" нөмеріне сәйкес мән алынып, $n=2^k$ такт қайталанады.

Сандық алгоритмді бұрылу бұрышының векторымен есептеуді қарастырайық. Декартты координата жүйесінде векторды айналушы сигналды

көрсетеміз. Оның координаты – (x,y) . Осы координаттор бойынша вектор ұзындығы $L=\sqrt{x^2 + y^2}$, және бұрылу бұрышы $\varphi=\arctgy/x$ табуға болады. Жалпы жағдайда бұл вектордың ұзындығы мен бұрышы ауыспалы. Белгісіз ұзындық пен 0-ды 2π -ге бұрылу бұрышының өзгерісінде, вектор синусоидаға бұрылатын дөңгелекті сипаттайды (3.28-сурет). Ағымдағы нүктедегі жағдай синусоидадағы φ – мен анықталады.



3.15 - сурет – Бұрылу бұрышын вектормен есептеу



3.16-сурет – Сектор саны

3.2-кесте – $k=3$

Сектор номері	C	B	A
0	0	0	0
1	1	0	0
2	0	1	0
3	1	1	0
4	0	0	1
5	1	0	1
6	0	1	1

3.3-кесте – $k=4$

Сектор номері	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	0	1
9	1	0	0	1
10	0	1	0	1
11	1	1	0	1
12	0	0	1	1
13	1	0	1	1
14	0	1	1	1
15	1	1	1	1

3.4-кесте $k=2$

Сектор номері	B	A
0	0	0
1	1	0
3	0	1
4	1	1

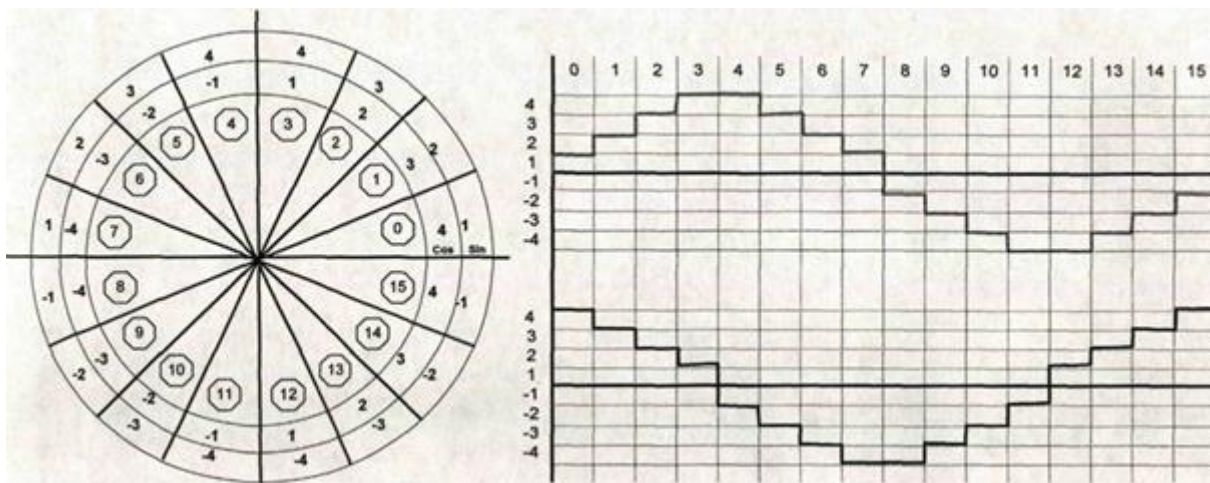
Өңделетін алгоритмді сандық іске асыруда келесідей болады. Векторлы кеңістік 2^k секторға бөлінеді. $k=2$ – сектор саны – 4 (3.29-сурет), $k=3$ – сектор саны – 8. $k=4$ кезінде вектор саны – 16, $k=5$ – вектор саны 32 және тағы сол сияқты.

k -дан бұрышты нақты анықтау k мәні үлкен болған сайын есептеу нақтылығы жоғары болады. Бұрышты анықтау нәтижесі – k – разрядты сан (АВСДЕ, мұны А – үлкен разряд, Е – кіші разряд), ол вектор орындары сектор нөміріне сәйкес келеді. Вектор ені проекциямен беріледі Х пен У, олар заттық сан түрінде көрсетіле алады. Жоғарыда k –ң әртүрлі мәнінде сектор нөмері мен екілік кодқа сәйкес 3.15-3.17-кестелер келтірілген.

Оның тапсырмасы сектор нөмерін анықтау осылайша бұрылу бұрышын анықтау. Секторды анықтау алгоритмі

$k=4$ үшін үлкен разрядтан бастап сектор нөмерін анықтау алгоритмін қарастырайық. Бұл жағдайда $2^k=16$ секторы бар, және синус пен косинуска сәйкес деңгей бойынша квантталған орамалар (3.30-сурет). Мұнда: сектор нөмірі, синус пен косинустың квантталған амплитудалары.

3.17-кестеден көрініп тұрғандай А разряд периодта бір рет өзгереді. Үлкен разряд мәні әрбір проекцияның белгісін талдаумен анықталады, яғни 3.18-кестедегі жартылай – тегістік анықталады.



3.17 - сурет – Деңгей бойынша квантталған орамалар

3.5-кесте

Бірінші жартысында	Екінші жартысында	Үшінші жартысында	Төртінші жартысында
$Y > 0$	$Y > 0$	$Y < 0$	$Y < 0$
$X > 0$	$X < 0$	$X < 0$	$X > 0$

3.18-кесте мәнін келесідей кодтаймыз ">" "0"-ге сәйкес , ал "<" "1"-ге сәйкес, ол 3.19-кестеде көрсетілген.

3.6-кесте

Бірінші жартысында		Екінші жартысында		Үшінші жартысында		Төртінші жартысында	
Sign(Y)	Sign(X)	Sign(Y)	Sign(X)	Sign(Y)	Sign(X)	Sign(Y)	Sign(X)
0	0	0	1	1	1	1	0

А разрядты У проекция мәніне сәйкес. Егер У мәні оң болса, онда $A=0$, кері жағдайда $A=1$. Яғни:

$$A = \text{Sign}(Y).$$

В разрядын алу 3.20- кесте мен Карно 3.1 диаграммасында алынған. 3.20-кестедегі кірістер проекция белгілері болып табылады. Шығысы екінші разряд мәні.

3.7-кесте

Кірістері		Шығыстары
Sign(Y)	Sign(X)	B
0	0	0
0	1	1
1	1	0
1	0	1

Осылайша, екінші разряд мәнін В Карно 3.1 диаграммасын құрып алуға болады.

Карно 3.1 диаграммасынан логикалық функция мәнін аламыз:

$$B = \text{Sign}(Y) \& \text{Sign}(X) + \text{Sign}(Y) \& \text{Sign}(X);$$

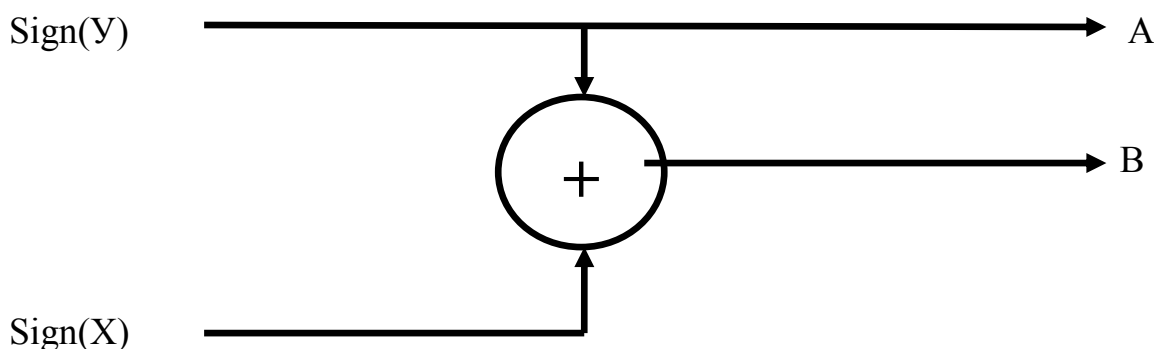
$$B = \text{Sign}(Y) \oplus \text{Sign}(X)$$

$$B = A \oplus \text{Sign}(X)$$

3.1 Карно диаграммасы		
Sign(Y)	Sign(X)	
	1	Sign(X)
1		Sign(X)

XOR элементінде алынған функцияның іске асуы 3.31-суретте келтірілген. Осылайша, В разряд мәнін, Х пен У проекциясының мәнін қолдана отырып ашуға болады.

А мен В екі разрядын анықтап, вектор орналасқан бөлікті таптық.



3.18 - сурет – XOR элементінде алынған функция

Үшінші С разрядты алу тәсілі 3.21-кестеде берілген. С разрядын алу үшін 3 логикалық айнымалы қолданылады:

- sign(Y) сәйкес логикалық айнымалы;
- sign(X) сәйкес логикалық айнымалы;

- $x > y$ шартын тексеру нәтижесінде сәйкес z логикалық анымалы.

3.8-кесте – C разрядын алу тәсілі

Сектор номірі	Кірістер			Шығыстар
	Sign(Y)	Sign(X)	$Z = \text{Sign}(X > Y)$	C
6	1	1	0	0
6	1	1	0	0
7	1	1	1	1
7	1	1	1	1
5	1	0	1	0
5	1	0	1	0
4	1	0	0	1
4	1	0	0	1
0	0	0	0	0

Осылайша, C үшінші разряд мәнін Карно 3.2 диаграмма құру арқылы алуға болады.

3.2 Карно диаграммасы				
Sign(Y)		Sign(Y)		
	1		1	Sign(X)
1		1		Sign(X)
Z		Z		

Карно 2 диаграммасынан келесі логикалық мәнді аламыз:

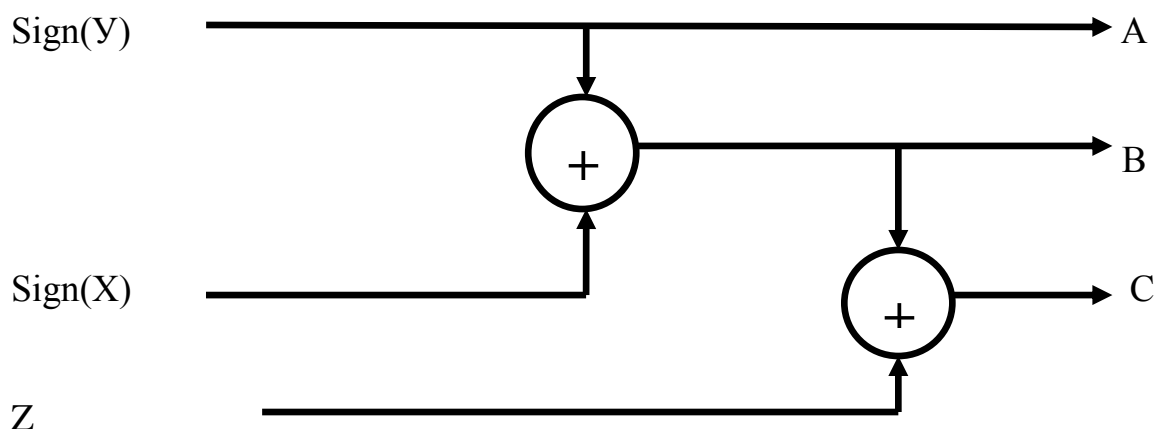
$$C = \text{Sign}(Y) \oplus \text{Sign}(X) \oplus Z.$$

XOR элементінен алынған функциясының іске асуы 3.32-суретте келтірілген.

Төртінші разрядты алу тәсілі 3.22-кестеде келтірілген. D разрядты алу үшін 4 шама қолданылады:

- U мәні;
- X мәні;
- $2U$ мәні;
- $2X$ мәні; және 3 логикалық айнымалы;
- $u > x$ жағдайында тексеру нәтижесі сәйкес логикалық айнымалы;

- $2x > y$ жағдайда тексеру нәтижесі сәйкес логикалық айнымалы;
- $2y > x$ жағдайда тексеру нәтижесі сәйкес логикалық айнымалы;



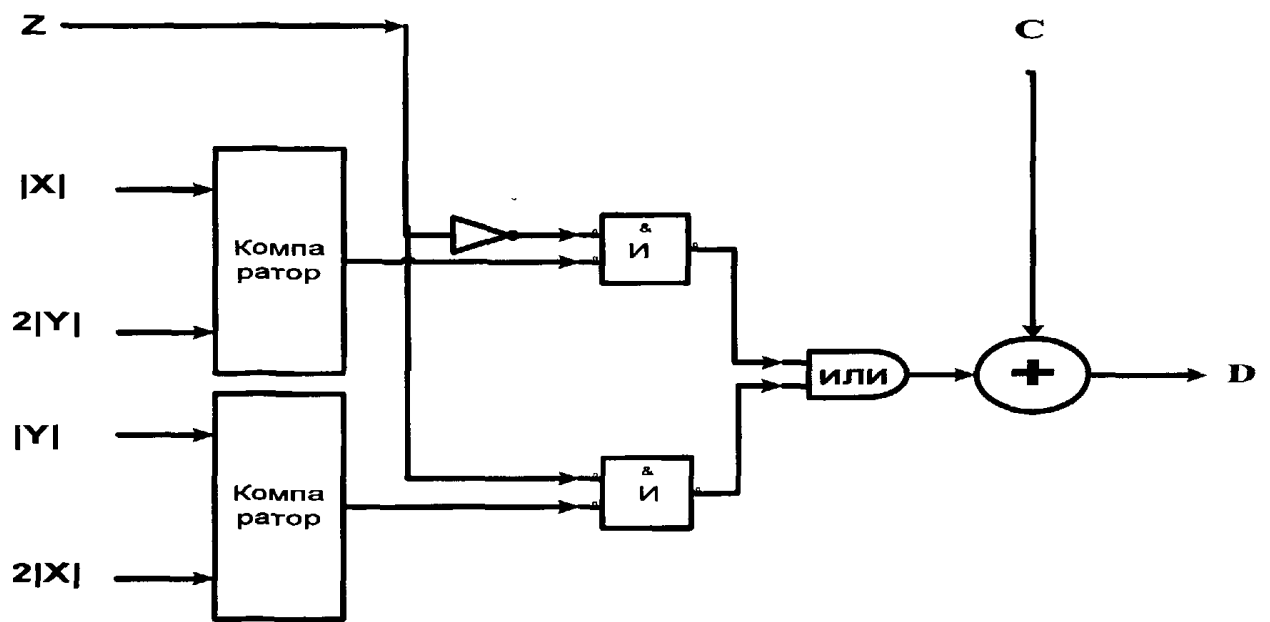
3.19 - сурет – XOR элементінен алынған функциясының іске асуы

3.9-кесте – Төртінші разрядты алу тәсілі

Сектор нөмірі	Y	X	2Y	2X	$ X > Y $	$ X _{пен} 2Y $	$ Y _{пен} 2X $		D
0	1	4	2	8		>		0	0
1	2	3	4	6		<		1	1
2	3	2	6	4	>		<	1	0
3	4	1	8	2	>		>	0	1
4	4	-1	8	-2	>		>	0	0
5	3	-2	6	-4	>		<	1	1
6	2	-3	4	-6		<		1	0
7	1	-4	2	-8		>		0	1
8	-1	-4	-2	-8		>		0	0
9	-2	-3	-4	-6		<		1	1
10	-3	-2	-6	-4	>		<	1	0
11	-4	-1	-8	-2	>		>	0	1
12	-4	1	-8	2	>		>	0	0
13	-3	2	-6	4	>		<	1	1
14	-2	3	-4	6		<		1	0
15	-1	4	-2	8		>		0	1

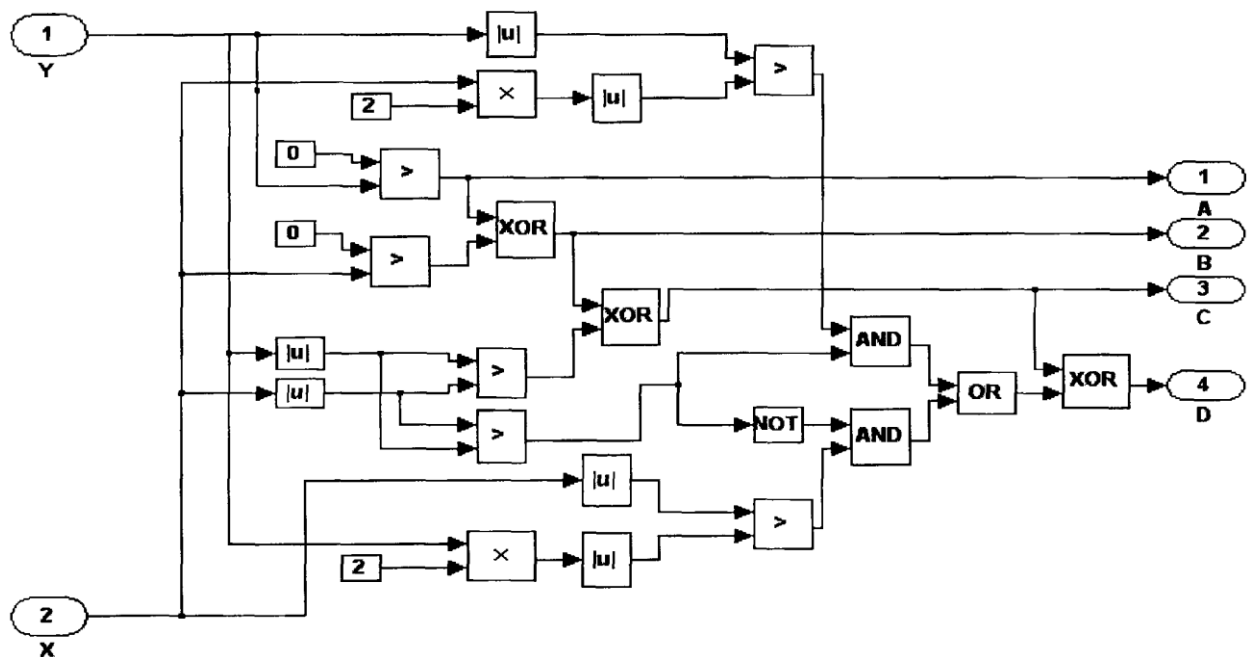
Логикалық айнымалы 2,3 (9 баған) салыстыру нәтижесімен қажетті 0 мәнді алу үшін сұр түспен белгіленген мәнді терістеу керек.

Төртінші 0 разрядты алу әдісі 3.33-суретте келтірілген.



3.10 - сурет – Төртінші 0 разрядты алу әдісі

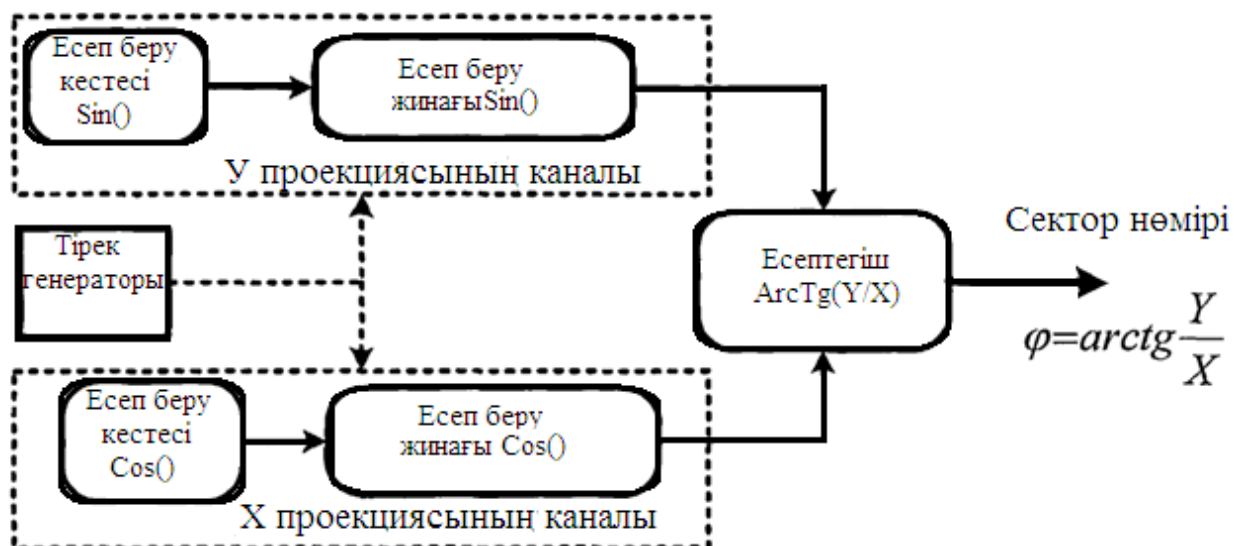
Сектор нөмірін алудың толық алгоритм сұлбасы 3.34 - сурет көрсетілген.



3.21 - сурет – Сектор нөмірін алудың толық алгоритм сұлбасы

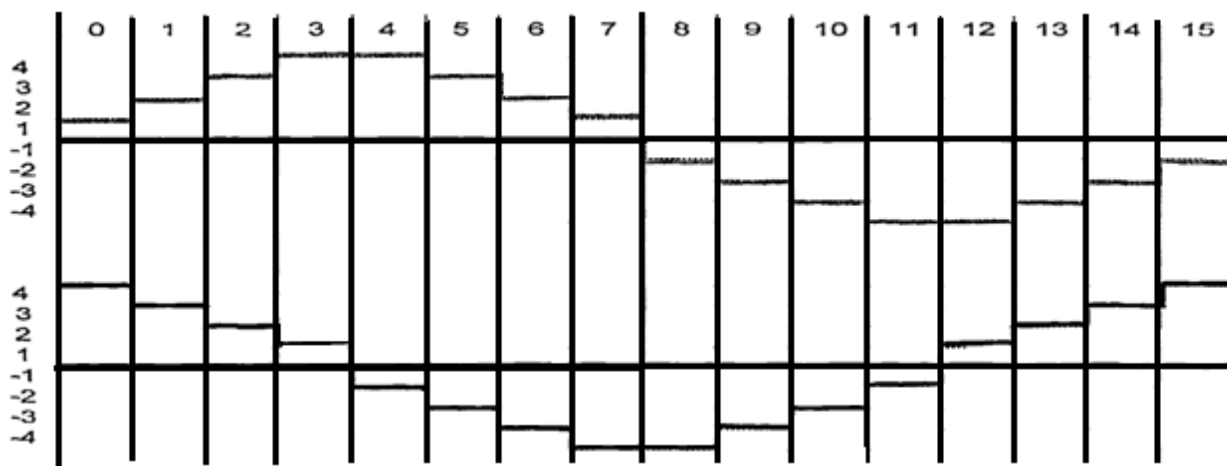
Тактілі синхронизация тапсырмасына алгоритмді қолдану.

Жоғарыдағы алгоритмді тактілі синхронизация жүйесінде тактілі сигналының базасын анықтауда қолдануға болатынын көрсетейік. Мұндай жүйенің құрылымдық сұлбасы 3.35 - суретте келтірілген. Сұлба екі арнадан тұрады – X пен Y проекциясының мәнін қалыптастырғыш пен бұрышты есептеу блогы.



3.22 - сурет – Тактілі сигналының базасын анықтау

$k=4$ болсын, онда сектор саны 16 тең. Сәйкесінше $\sin()$ пен $\cos()$ функциялары бір периодта 16 есептеуге ие.



3.23 - сурет – 8 деңгейге квантталуы

Тактілі сигнал сигнал түсу моментінде $\sin()$ пен $\cos()$ ағымдық мәнді иеленеді (3.27-сурет). Осылайша, әрбір арнада проекция мәні жинақталады, олар тактілі сигналдың фазасының орташа мәніне тең. Ары қарай, жоғарыдағы сұлба бойынша тактілі сигналдың фазасы анықталады. ОЗУ-ғы әрбір ақпараттық импульс 16 есептеуге бөлінген. Алынған фаза мәні төртразрядты екілік код түрінде берілген және 0-ден 15-ке дейін (0000-ден 1111-ге) мәнді қабылдайды. Шешімді қабылдау моментінде фаза мәнінің кодын көрсетеді. Фазаны есептеу қателігі құрайды:

$$\Delta\varphi = \frac{360^\circ}{2^k} / 2 = \frac{360^\circ}{16} / 2 = 11.25^\circ$$

3.10-кесте

Сектор номері	Сектор номерінің коды	Sin() мәні	Cos() мәні
0	0000	1	4
1	1000	2	3
2	0100	3	2
3	1100	4	1
4	0010	4	-1
5	1010	3	-2
6	0110	2	-3
7	1110	1	-4
8	0001	-1	-4
9	1001	-2	-3
10	0101	-3	-2
11	1101	-4	-1
12	0011	-4	1
13	1010	-3	2
14	0111	-2	3
15	1111	-1	4

Векторды 32, 64 және тағы басқа секторға бөлу арқылы дәлдікті арттыруға болады. Ол 5 пен 6-шы разрядты анықтау қажеттігіне алып келеді, ал ол алгоритм мен сұлбаның артуымен байланысты. 1,4 қателілік $k=7$ кезінде жетеді, яғни мұндай қателікке жету үшін тағы 3 разряд анықталады, бірақ алгоритмнің мақсаты күрделенуі пайда болады.

Қорытынды

Бірінші бөлімде қазіргі мобильді байланысқа шолу мен оның әлемдегі даму мүмкіндіктері көрсетілді. Ұялы мобильді байланыс жүйесінің сипаттамалары, құру принциптері, жиіліктердің қайта қолданылу модельдері, жүздіктердің секторизациясы мен функционалдануы қарастырылды. Бұл жүйелердің архитектуралары, хаттамалары мен жұмыстың негізгі алгоритмдері (тіркеу, хендовер, одетификация және тағы басқа) келтірілді.

Радиожелінің бөгеулікке тұрақтылығын талдау үшін екі модель жасалған, таралу тәжірибесінде көптеген класстарда қолданылатын жылдам және баяу тынып қалу кезінде орташа квадраттық мәні үлкен $6\text{дБ} < \sigma_2 < 10\text{дБ}$ және кіші $3\text{дБ} \leq \sigma_2 \leq 6\text{дБ}$ арналған қабылдағыш кірісіндегі қисық сигналдың ықтималдылық тығыздығын сипаттайды. Тынып қалулар шақырылған шығындардың орнын толтыру үшін шамасы тынып қалу параметрлеріне байланысты 14дБ-ден 80дБ-ге дейін қуат қоры қажет.

Тынып қалудың бірінші моделі m – таралумен сигналдың жылдам және баяу тынып қалуының ықтимал тығыздық функциясының аппроксимациясына негізделген және қабылдау қисық сигналының шартсыз ықтимал тығыздық функциясын сипаттау үшін қолдана алады, ал екілік тынып қалумен ақауланған шектік мәндер кезінде шаманың шектелуі $m \geq 0,5$.

Тынып қалудың екінші моделі логқалыпты заңмен сипатталатын релеевті мен баяу тынулар жағдайы, гамма – таралу мен екілік тынып қалумен ақауланған қисық қабылданатын сигналдың шартсыз ықтимал тығыздық аппроксимациясына негізделіп, және ол $3 \text{ дБ} \leq \gamma \leq 15\text{дБ}$ орташа квадратты кең диапазоны үшін қолданылуы мүмкін.

Қозғалмалы байланыс радиожүйелерінде сандық сигналды қабылдаудың бөгеулікке орнықтылық зерттеулері келтірілген, нәтижесінде орташа қателік ықтималдық сигнал/шуыл қатынасы алынуы, ол баяу және жылдам тынып қалуларды сипаттайды.

Энергетика бойынша радиожеліде қор коэффициентін анықтайтын әдістеме жасалды, ол берілген байланыс сенімділігінде қажетті қателік ықтималдығын қамтамасыз етеді, және медианды шығынмен анықталатын белгілі қорға 14-15 дБ – қорды қосу қажет, ол тынып қалудың статистикалық сипаттамасымен анықталады.

Сандық радиожелі моделі жасалды және синхронизация сұлбасының ақпараттық арна мен синхронизация арнасында біруақыттың тынып қалу әсерінде зерттеулер жүргізіледі;

Тактілі синхронизация бақыланбайтын жүйесінің алгоритмі жасалды, ол ақпараттық сигнал бойынша және бірдей белгіленетін импульстік ұзақ жүйелілігінде тактілі синхронизация сұлбасының бақыланбайтын синхрондалуға кіруін қамтамасыз етеді.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

- 1 Бабков В.Ю. Системы мобильной связи с кодовым разделением каналов. .СПб.:ГУТ, 1999.
- 2 Васильев В.Н., Буркин А.П., Свириденко В.А. Системы связи. – М.:Высшая школа, 1987.
- 3 Грандштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Физматгиз, 1962.
- 4 Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко – Трендз Ко, 1999.
- 5 Иматов В. П. Системы мобильной связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. 272с.
- 6 Котельников В. А. Теория потенциальной помехоустойчивости. – М.: Радио и связь, 1998.
- 7 Маковеева М.М., Ю.С. Шинаков Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 2002.
- 8 Нездяев Л.М. Долог путь к единому стандарту. – М.: Сети, 2000, №1.
- 9 Нейман В.Л. Сотовая система подвижной радиосвязи: Учебное пособие. – М.: МИИТ, 1996.
- 10 Ратынский М.В. Основаны сотовой связи / Под ред. Д.Б. Зими́на. – М.: Радио и связь, 1998.
- 11 Тепляков И.М. Основаны построения телекоммуникационных систем и сетей. – М.: Радио и связь, 2004.
- 12 Толмачев Ю.А. Универсальные мобильные системы связи. Перспективы развития // Электросвязь, 1999, - №4.
- 13 Уильям К. Ли Техника подвижных систем связи. –М.: Радио и связь, 1985.
- 14 Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. –М.: Радио, 1970.
- 15 Kozlova E., Faleeva O., Lzarev V., Reznicov S., «The allocated control system of registration of the mobile network», Tifh International Conference on Advanced Computer Systems, Institute of Computer Science and Information Systems, Technical University of Szczecin, Szczecin – Poland, 1998.
- 16 Steel R. Mobile radio communication. Pentech Press Publishers, London, 1994.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрлерінің атауы)

Оразалиев Әлфараби
(оқушының аты жөні)

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандық атауы мен шифры)


Тақырыбы: «Телекоммуникация саласында ұялы мобильді радиобайланыс
жүйесін жобалау»

Жылжымалы объектері бар радио жүйелердегі цифрлы хабарламаларды қабылдаудың бөгеулікке орнықтылығындағы радиоарнадағы сигналдың біртегізде жылдам және баяу тынып қалу әсерін зерттеу болып табылады. Талдау нәтижелері, төмендеу сапасы көптеген жылжымалы байланыс жүйесіне сәйкес келетін жылжымалы байланыс жүйесінің радиоарналарының параметрлеріне негізделген.

Дипломдық жобада математикалық модельді аналитикалық әдіспен құру негізіндегі, қабылдағыштың кірісіндегі сигналдардың параметрлерін анықтайтын радиоарналардың әртүрлі статистикалық сипаттамалары және классификациясы қолданылған.

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (80%) деген баға, ал студент Оразалиев Әлфараби 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

 Толен Г.Б.
(қолы)

«30» 04 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

тех.ғыл.канд, профессор

 Е.Таштай

«08» 02 2019 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Оразалиев Әлфараби

Тақырыбы: Телекоммуникация саласында ұялы мобильді радиобайланыс жүйесін жобалау.

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

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі “___” _____ 2019 жыл.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын радиобайланыстың ұялы мобильді жүйелерінің сипаттамалары.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) Телекоммуникация саласындағы ұялы байланыстар;
- 2) Радиобайланыстың ұялы мобильді жүйелерінің сипаттамалары;
- 3) Бөгеулікке орнықты сандық хабарды қабылдауда жылдам және баяу тынып қалулардың әсер етуін талдау;

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызбалық материалдар мобильді байланыстың ұялы жүйелері сызбасы көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер тізімі:

- 1 Бабков В.Ю.
- 2 Васильев В.Н.,
- 3.Буркин А.П.,
- 4.Свириденко В.А.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрлерінің атауы)

Оразалиев Әлфараби
(оқушының аты жөні)

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «Телекоммуникация саласында ұялы мобильді радиобайланыс жүйесін жобалау»


Осы дипломдық жобаның мақсаты жылжымалы объектері бар радиожүйелердегі цифрлы хабарламаларды қабылдаудың бөгеулікке орнықтылығындағы радиоарнадағы сигналдың біртектілікке жылдам және баяу тынып қалу әсерін зерттеу болып табылады. Өңделген дипломдық жобадағы қолданып орындалған талдау нәтижелері, төмендеу сапасы кәптеген жылжымалы байланыс жүйесіне сәйкес келетін жылжымалы байланыс жүйесінің радиоарналарының параметрлеріне негізделген.

Дипломдық жобада баяу және жылдам тынып қалу жағдайындағы сигналдарды сипаттайтын, математикалық модельді аналитикалық әдіспен құру негізіндегі, қабылдағыштың кірісіндегі сигналдардың параметрлерін анықтайтын радиоарналардың әртүрлі статистикалық сипаттамалары және классификациясы қолданылған.

Жобаның нәтижесі тәжірибе түрінде статистикалық имитациялық модельдеу нәтижесінде тексеріледі. Қойылған есептерді шешу үшін әдістер және кездейсоқ жағдайлар теориясының математикалық аппараты, оптималды қабылдау теориясы, кезектесу жүйе теориясы, сонымен қатар аппроксимация теориясы қолданылған.

Жалпы, дипломдық жобаға "жақсы" (80%) деген баға, ал студент Оразалиев Әлфараби 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

 Толен Г
(қолы)

«___» _____ 2019 ж.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрлерінің атауы)

Оразалиев Әлфараби
(оқушының аты жөні)

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандық атауы мен шифры)


Тақырыбы: «Телекоммуникация саласында ұялы мобильді радиобайланыс
жүйесін жобалау»

Жылжымалы объектері бар радио жүйелердегі цифрлы хабарламаларды қабылдаудың бөгеулікке орнықтылығындағы радиоарнадағы сигналдың біртегізде жылдам және баяу тынып қалу әсерін зерттеу болып табылады. Талдау нәтижелері, төмендеу сапасы көптеген жылжымалы байланыс жүйесіне сәйкес келетін жылжымалы байланыс жүйесінің радиоарналарының параметрлеріне негізделген.

Дипломдық жобада математикалық модельді аналитикалық әдіспен құру негізіндегі, қабылдағыштың кірісіндегі сигналдардың параметрлерін анықтайтын радиоарналардың әртүрлі статистикалық сипаттамалары және классификациясы қолданылған.

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (80%) деген баға, ал студент Оразалиев Әлфараби 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

 Толен Г.Б.
(қолы)

«30» 04 2019 ж.