

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Бахыт Әлішер Қуанышұлы

«Лазерлік дальномерді жобалау»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы



Дипломдық жұмыс орын  
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Бахыт Әлішер Куанышұлы

Тақырыбы: «Лазерлік дальномерді жобалау».

Университет ректорының «04» желтоқсан 2023ж. №548- П/Ө бұйрығымен  
бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі 30 «сәуір» 2023ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері:

1. Оптикалық талшықтық датчик;
2. Arduino платасы;
3. Дальномердің әрекет ұзақтығы  $t = 2$  мс, дәлдігі – 5 мм;
4. Қашықтықты өлшеудің триангуляция әдісі.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Қимылды анықтау;
- б) Дальномерді таңдау, өлшеу жүргізу.
- в) Сұлба құрастыру;
- г) Қашықтықты лазерлік дальномермен өлшеу.

Сызбалық материалдар 15 слайдпен ppt форматында көрсетілген.  
Ұсынылатын негізгі әдебиет:


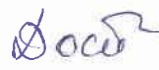

- 1) Ермахов Б.А., Возницкий М.В. Получение и обработка информации в лазерных дальномерах, Оптический журнал, 2010. С 241-255.
- 2) Боланов И.Ф. Энергетическая оценка импульсных лазерных дальномеров. Пособие по методике инженерного расчета, СПб ИТМО, 2011. – 19 с.
- 3) Ключин Е.Б. Инженерная геодезия. М.Высшая школа, 2012 . – 46 с.
- 4) <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-issledovanie-lazernogo-dalnomera/viewer>

Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Нәтижелер
Теориялық бөлім	07.02.2024 ж - 23.03.2024 г.	орындалды
Дальномерді таңдау, өлшеу жүргізу.	24.03.2024 ж. - 19.04.2024	орындалды
Қашықтықты лазерлік дальномермен өлшеу.	20.04.2024 ж. – 30.04.2024 г.	орындалды

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

Қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Теориялық бөлім	PhD докторы, ЭТЖҒТ каф. аға оқытушы Досбаев А.М.	27.05.2024	
Есептік бөлім	PhD докторы, ЭТЖҒТ каф. аға оқытушы Досбаев А.М.	27.05.2024	
Норма бақылау	Техн.ғыл.магистрі, ЭТЖҒТ каф.ассистенті Ақылжан П.	27.05.2024	

Ғылыми жетекшісі 

Ж.М.Досбаев

(колы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Ә.Қ.Бахыт

(колы)

Күні « 27 » 05 2024 ж.

## АНДАТПА

Жұмыстың мақсаты өндірістік мақсатта қолданылатын жақын және өте жақын арақашықтықты өлшейтін радиоөлшегіштің сигналды өңдеу мен қалыптастыру әдістерін талдау, арақашықтықты өлшеуде жоғары дәлдікті қамтамасыз ету.

Жұмыстың негізгі міндеттері:

- Назарға қысқа диапазоны радиолокациялық жүйесінде түрлі мақсаттар үшін жиілік төмендетілген дальномер арекшеліктерін ескеру.
- Сызықтық әсерін төмендету немесе қашықтықты есептеу кезінде оны қарастыру алгоритмдер бар сызықтық модуляция тән генераторлар және даму жиілігі дейін құрылғыны талдау.

## АННОТАЦИЯ

Целью является создание научно - методических основ для проектирования и разработки прецизионных промышленных частотная модуляция радиодальномеров малых и сверхмалых расстояний, методов формирования и обработки сигналов.

Основные задачи исследования:

- разработка моделей сигналов и помех, учитывающих особенности работы частотно-модулированный дальномер различного назначения в системы ближней радиолокации.
- разработка методов оптимизации частотно-модулированный дальномер, основанных на принципе адаптации, позволяющих более полно реализовать потенциальные возможности исследуемых систем.

## ANNOTATION

The aim of the research is the creation of scientific and methodological bases for the design and development of precision industrial frequency modulation of radio range meters of small and ultra-small distances.

The main objectives of the study are:

- Development of signal and interference models that take into account the operation of a frequency-modulated range finder for various purposes in near-radar systems.
- Development of optimization methods for frequency-modulated rangefinder, based on the principle of adaptation, allowing more fully realize the potential capabilities of the research systems.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Жиілікті модуляциялау диапазонының сигналдарын өңдеудің дәстүрлі әдістері	9
1.1 Кіріспе ескертулер	9
1.2 Лазердің көмегімен қашықтықты өлшеу әдістері	10
1.3 Дальнометрия. Дальномер туралы түсінік	16
1.4 Лазерлік дальномер. Жұмыс істеу принципі	18
1.5 Жиілік модуляцияланған диапазонды талдаудың уақытша әдісі	23
1.6 Тапсырманың қойылымы	24
1.7 Кедергі және шу модельдері	26
2 Жиілік айырмашылығын өлшеудің санау әдісімен жиілікті модуляциялау параметрлерін оңтайландыру	29
2.1 Кіріспе ескертулер	29
2.2 Модуляция параметрлерін адаптивті оңтайландырумен жиілік диапазонының жұмыс алгоритмі	29
2.3 Жиілік модуляциясының параметрлерін оңтайландырумен жиілік диапазонының әдістемелік қателігі	30
2.4 Шығарылатын сигналдардың адаптивті модуляциясы бар жиілік диапазонын сандық модельдеу нәтижелері	31
3 Эксперименттік құрылғылар мен аппаратуралар	34
3.1 Радиотолқындардың көмегімен қашықтықты өлшеу	35
3.2 Радиотолқындардың көмегімен қашықтықты өлшеу	37
Қорытынды	40
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	41
Қосымшалар	44

## КІРІСПЕ

Үздіксіз радиациялық радиолокациялық жүйелердің дамуында үш маңызды кезенді ажыратуға болады [1]. Алғаш рет қашықтықты үздіксіз жиіліктік модуляцияланған (см) сигналмен өлшеу әдісі өткен ғасырдың 20-жылдарында ұсынылды. Алғашқылардың бірі-американдық инженер Дж.О.Бентли, «аэропанның биіктігін өлшеуге арналған Индикаторлық жүйеге» [2] патент алған. Оның ұсынысында см бар радио қашықтық өлшегіштің барлық негізгі түйіндері болды; FM таратқышы, бақылаушы сүзгі, сызықтық емес элементтегі араластырғыш, онда таратқыш пен қабылдағыш антенналар арасындағы ағып кету нәтижесінде таратқыш қуатының бір бөлігі гетеродинді сигнал ретінде келді, айырмашылық жиілігінің сигнал күшейткіші және диапазон индикаторы болып табылатын жиілік өлшегіш. Мұндай жақын радиолокациялық жүйе (BPD) өте қарапайым, сондықтан өте сенімді. Бентли диапазонының айрықша ерекшелігі таратқыш пен гетеродин жиілігін синхронды электромеханикалық (электр қозғалтқышы) қайта құру, сондай-ақ өлшенетін биіктіктің шағын диапазоны болды.

Қашықтықты өлшеу үшін импульстік радиолокаторлар мен RM радиолокаторлары жиі қолданылады. Өнеркәсіпте радиолокацияның алғашқы осындай қосымшалары RM радиолокаторларының негізінде пайда болды. Болашақта мұндай өндірілген құрылғылардың ең көп үлесі ТБИ үлесіне келеді.

Осылайша, біз жиілік радиолокациясын қолданудың жаңа саласы туралы айтып отырмыз деп айтуға болады.

Жоғарыда келтірілген ойларға сүйене отырып, ұсынылған диссертацияда өнеркәсіптік жақын радиолокациялық жүйелердегі үздіксіз жиілік-модуляцияланған сигналдың көмегімен қашықтықты өлшеу дәлдігін арттырудың ғылыми - әдістемелік негіздерін әзірлеу мәселесі қойылып, шешілді.

Жұмыстың мақсаттары мен міндеттері. Жұмыстың мақсаты-шағын және ультра қысқа қашықтықтағы радио қашықтық өлшегіштерін, қашықтықты өлшеу дәлдігін арттыруды қамтамасыз ететін сигналдарды қалыптастыру және өңдеу әдістерін жобалау және әзірлеу үшін ғылыми-әдістемелік негіздерді құру, ғылыми нәтижелерді өндіріске енгізу және алынған нәтижелерді нақты қашықтық өлшегіш үлгілерінде тексеру.

# 1 Жиілікті модуляциялау диапазонының сигналдарын өңдеудің дәстүрлі әдістері

## 1.1 Лазер анықтау

Лазер (ағылш. laser, light amplification by stimulated emission of radiation «еріксіз сәулелену арқылы жарықты күшейту») немесе оптикалық кванттық генератор – бұл айдау энергиясын (жарық, электр, жылу, химиялық және т.б.) когерентті, монохроматикалық, поляризацияланған және тар бағытталған сәулелену ағынының энергиясына түрлендіретін құрылғы.

Лазер жұмысының физикалық негізі – мәжбүрлі (индуцирленген) сәулеленудің кванттық-механикалық құбылысы. Лазердің сәулеленуі үздіксіз, тұрақты қуаты бар, немесе импульстік, шекті үлкен қуатқа жететін болуы мүмкін. Кейбір сұлбаларда лазердің жұмыс элементі басқа көзден сәулелену үшін оптикалық күшейткіш ретінде пайдаланылады. Жұмыс ортасы ретінде заттың барлық агрегаттық күйін пайдаланатын лазерлердің көптеген түрлері бар.

Лазерлердің кейбір түрлері, мысалы, бояғыш ерітінділердегі лазерлер немесе полихроматикалық қатты денелі лазерлер кең спектрлік диапазонда жиіліктің тұтас жиынтығын (оптикалық резонатор моды) жасай алады. Лазерлердің габариттері бірнеше жартылай өткізгіш лазерлер үшін микроскопиялардан неодимды шыныдағы кейбір лазерлер үшін футболалаңының өлшемдеріне дейін әртүрлі. Лазерлердің сәулеленуінің бірегей қасиеттері оларды ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында, сондай-ақ компакт-дискілерді оқу мен жазудан бастап және басқарылатын термоядролық синтез саласындағы зерттеулермен аяқталатын тұрмыста пайдалануға мүмкіндік берді.

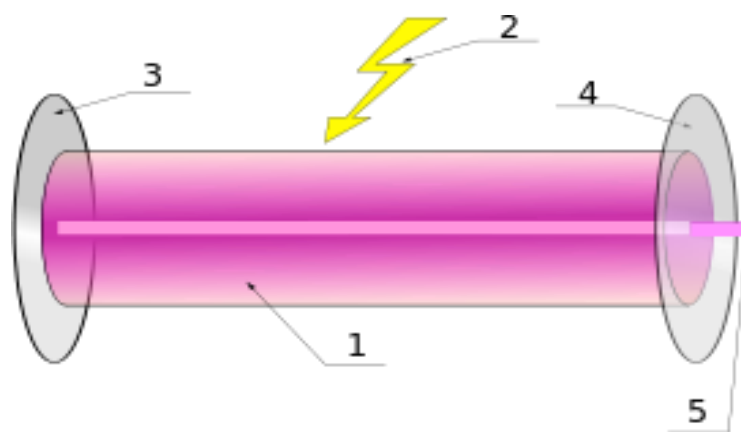
Лазер жұмысының физикалық негізі мәжбүрлі (индукцияланған) сәулелену құбылысы болып табылады. Құбылыстың мәні атомның (немесе басқа кванттық жүйе) қозған энергиясы сәулеленуге дейінгі және одан кейінгі атом деңгейлерінің энергияларының әртүрлілігіне тең болса, оны жұтусызбасқа фотонның әсерінен фотонды сәулеленуге қабілетті. Бұл ретте, сәулеленуді тудырған когерентен фотонға сәулеленетін фотон (оның «дәл көшірмесі» болып табылады). Осылайша, жарық күшейе түседі. Бұл құбылыс кенеттен сәулеленуден ерекшеленеді, онда сәулеленетін фотондардың кездейсоқ таралу бағыттары, поляризация және фазасы бар.

Барлық лазерлер үш негізгі бөліктен тұрады:

- белсенді (жұмыс) орта;
- айдау жүйелері (энергия көзі);
- оптикалық резонатор (егер лазер күшейткіш режимінде жұмыс істесе, болмауы мүмкін).

Олардың әрқайсысы лазердің жұмысы үшін өзінің белгілі бір функцияларын орындауды қамтамасыз етеді [1]. Лазер құрылғысы 1.1-суретте көрсетілген.

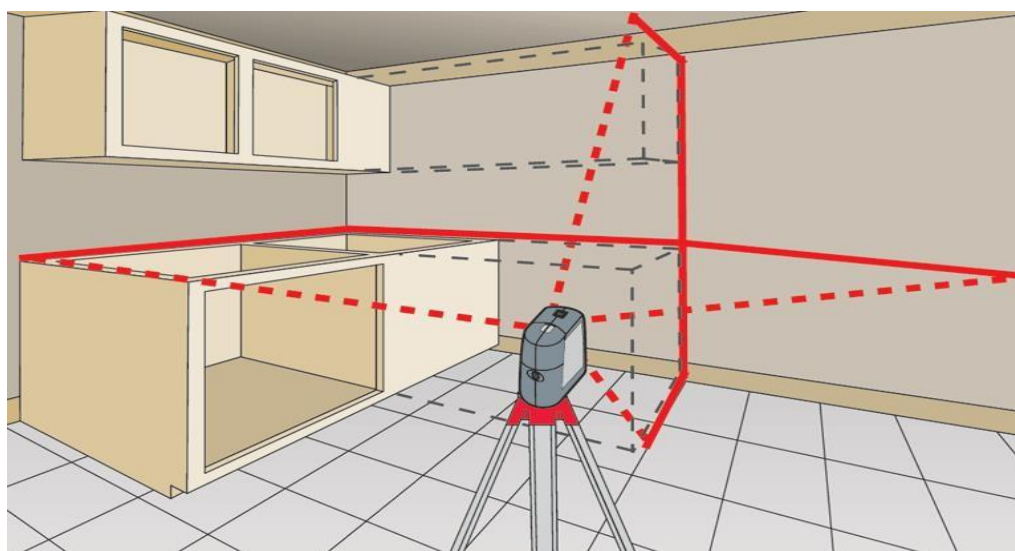




1.1 - сурет – Лазер құрылғысы: 1-белсенді орта; 2-лазерді айдау энергиясы; 3-мөлдір емес айна; 4-жартылай мөлдір айна; 5-лазер сәулесі

## 1.2 Лазердің көмегімен қашықтықты өлшеу әдістері

Лазерлер қашықтықты немесе ығысуды өлшеудің әртүрлі байланыссыз тәсілдері кезінде пайдаланылады. Лазерлердің көмегімен ұзындық пен қашықтықты дәл өлшеу жүзеге асырылады. Оны біз 1.2-суретінен көре аламыз. Лазерлік жүйелер деректерді өте үлкен жылдамдықта ала алады (бірнеше мегагерцке дейін өткізу қабілеті бар), үлкен өлшеу диапазондары үшін қолданылады, бірақ бұл сапалар, әдетте, бір өлшеу тәсілімен біріктірілмеген. Нақты талаптарға байланысты әртүрлі техникалық тәсілдер қолданылады. Олар, мысалы, архитектура, өндірісте бақылау, орын алған жерлерді талдау, әскери мақсатта және т. б. салаларда қолданудың кең спектрін табады.



1.2 - сурет – Лазер арқылы өлшеу жүргізу

Қашықтықты лазерлік өлшеу үшін пайдаланылатын ең маңызды технологиялардың кейбіреулері:

- триангуляция;
- уақыт өту;
- фазалық ығысу;
- жиіліктік модуляция;
- интерферометрия.

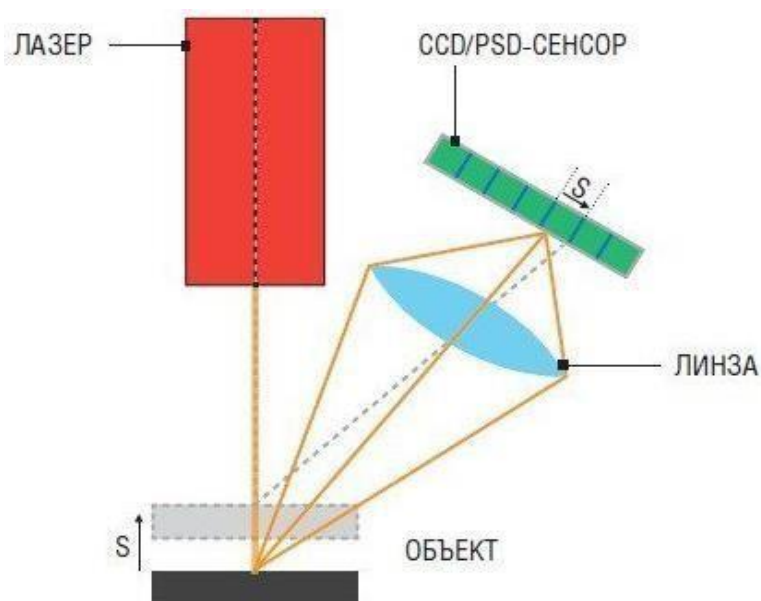
Триангуляция – лазерді жиі қолдану арқылы 1 мм-ден көп километрге дейінгі диапазонда қашықтықты өлшеу үшін пайдаланылатын геометриялық әдіс [3]. Ол лазерлік сәуленің жақсы коллимирленген формада (яғни аз шығынмен) үлкен қашықтықтарға таралу қабілетін пайдаланады. Әдетте, лазерлік сәуле лазерлік құрылғыдан өлшеу қажет қашықтыққа дейінгі нүктені жарықтандырады, мәні бойынша, лазер көрсеткіш ретінде пайдаланылады. Бұл нүктеден шашыраған немесе айналы көрініс лазерлік сәуледен белгілі бір қашықтықта орнатылатын детектор арқылы бақыланады, осылайша лазерлік сәулеленудің көзі, объект және детектор үшбұрыш құрайды. Линза детекторда ЗБА-матрицада (зарядтау байланысы бар аспап) шағылысқан жарықты фокустайды және де чиптегі ашық дақтың орналасуы кіріс жарықтың бағытын, яғни қашықтық есептелуі мүмкін лазерлік сәуле мен қайтарылған жарықтың арасындағы бұрышын көрсетеді.

Анықтаудың жоғары жылдамдығы қозғалатын бөліктің, мысалы, қандайда бір машинаның орналасуын бақылауға мүмкіндік береді. Алынған дәлдік, әдетте, қашықтықтың бір мыңдық бөлігіне жетуі мүмкін. Шашыраңқы көрініс үшін қашықтық белгілі бір шағылысқан оптикалық қуат алу талабымен шектелуі мүмкін; айналы шағылысу кезінде әлдеқайда үлкен қашықтықтар өлшенуі мүмкін, бірақ өлшеу бағытында қандай да бір бұрыштық теңестіру қажет. Триангуляция принципі екі өлшемде жылдам сканерлеу жүргізілетін лазерлік сәуле көмегімен іске асырылуы мүмкін. Осылайша, үш өлшемді (3D) суреттерді алуға болады.

Лазер көзіне қойылатын талаптарға келетін болсақ, ең дұрысы, триангуляцияға арналған лазерлік көзінде үлкен қашықтықта шағын дақты жарықтандыру үшін жоғары сапалы шоғыр болуы керек. Сонымен қатар, шашыраңқы көрініс мақсаттары үшін белгілі бір оптикалық қуат қажет. Көзге қауіпсіз лазерлік сәулелену толқынының ұзындығын (мысалы, 1,5 мкм аймағында) пайдалану жақсы, бірақ көрінетін сәуле дұрыс нүкте жарықтандырылғанына көз жеткізуге көмектеседі [4]. Қашықтықты өлшеудің триангуляция әдісі 1.3 - суретінде көрсетілген.

Уақыт өту әдісі (импульсті) – лазерлік импульстің өлшеу құралынан жоспарлаған жерге дейін жету және кері қайту уақытын өлшеуге негізделген. Мұндай әдістер, әдетте, жүздеген метрден бірнеше километрге дейінгі үлкен қашықтық үшін қолданылады. Алдыңғы қатарлы технологияларды (жоғары сапалы телескоптар, өте сезімтал фотодетекторлар және т. б.) пайдалана отырып, Жер мен Ай арасындағы қашықтықты бірнеше сантиметрге дейінгі дәлдікпен өлшеуге болады. Қысқа қашықтықты өлшейтін қарапайым құрылғылардың типтік дәлдігі бірнеше миллиметрге немесе сантиметрге тең [3].

Уақыт өту әдісі қашықтықты сканерлейтін лазерлік радар түріндегі, мысалы, ұшақтарда қолданылатын лазерлік дальномер арқылы өлшеу үшін жиі пайдаланылады. Бұл жағдайда аппарат қысқа жарық импульсын жібереді және импульстің көрсетілген бөлігі анықталған уақытты өлшейді. Содан кейін жарық жылдамдығының мәнін біле отырып, қашықтық есептеледі. Жоғары жылдамдықпен байланысты, уақытша дәлдік өте жоғары болуы керек – мысалы, 15 см кеңістіктік дәлдік үшін 1 нс.



1.3 - сурет – Қашықтықты өлшеудің триангуляция әдісі

Уақыт өту өлшеулері үлкен қашықтықты өлшеу үшін қолданылатындықтан, лазерлік шоғырдың сапасы анықтаушы мәнге ие. Бұдан басқа, телескоп шоғырдың үлкен диаметрін және тиісінше үлкейтілген рэлеев ұзындығын, яғни шоғырдың аз шығындылығын алу үшін пайдаланылуы мүмкін. Мақсат шағылысқан жарықтың санын арттыру мақсатында ретрорефлектормен жабдықталуы мүмкін. Қолданылатын импульстің ұзақтығы, әдетте, 100 пс-тан бірнеше ондаған нс-қа дейін. Үлкен қашықтық үшін жоғары импульс энергиясы қажет. Бұл лазерлік қауіпсіздік мәселелерін қозғауы мүмкін, әсіресе, лазер толқынының ұзындығы көз үшін қауіпсіз емес аймаққа жатса. Нано-дан микроджоульге дейінгі энергия импульстері үшін (орташа қашықтықты өлшеу үшін талап етілетін) әрби шынысындағы лазерді қолдануға болады, ол спектр аймағындағы көзге қауіпсіз 10 мкДж-ге жуық энергиясымен жеткілікті қысқа импульстерді (ұзақтығы 1 нс) генерациялай алады [5]. 1.4 - суретте қашықтықты өлшеудің уақыт өту әдісі көрсетілген.

Фазалық ығысу әдісі қарқындылығы бойынша модульденген лазерлік сәулелерді пайдаланады. Интерферометриялық әдіспен салыстырғанда, оның дәлдігі төмен, бірақ ол үлкен қашықтықтағы бір мәнді өлшеуге мүмкіндік береді және шашыраңқы көрініспен болатын мақсаттар үшін қолайлы.

Фазалық ығысу әдісі кейде ұшып өту уақыты әдісі деп аталады, өйткені фазаның ығысуы ұшып өту уақытына пропорционал, бірақ бұл термин жарық импульсінің ұшып өту уақыты өлшенетін, жоғарыда сипатталған әдіс үшін неғұрлым қолайлы болып табылады.



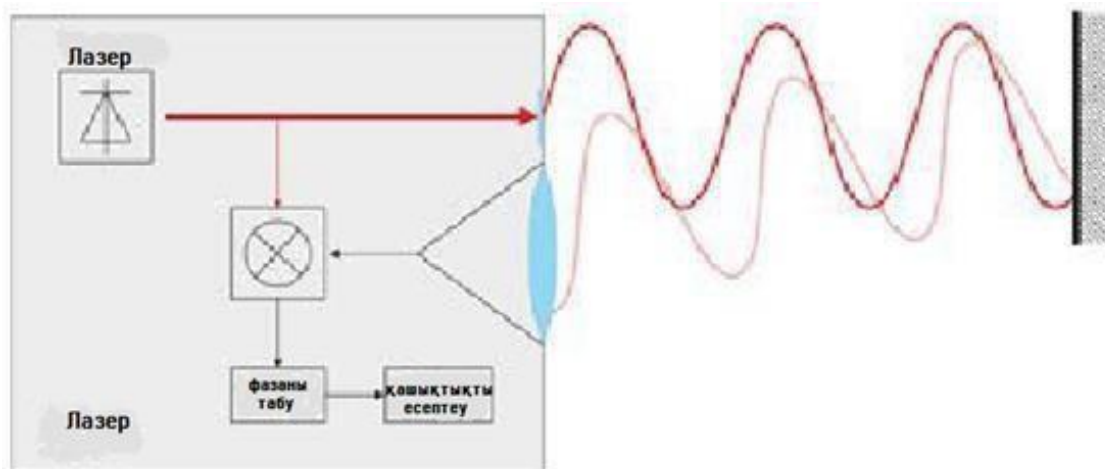
1.4 - сурет – Қашықтықты өлшеудің уақыт өту әдісі

Фазалық ығысу әдісі қарқындылығы бойынша модульденген лазерлік сәулелерді пайдаланады. Интерферометриялық әдіспен салыстырғанда, оның дәлдігі төмен, бірақ ол үлкен қашықтықтағы бір мәнді өлшеуге мүмкіндік береді және шашыраңқы көрініспен болатын мақсаттар үшін қолайлы. Фазалық ығысу әдісі кейде ұшып өту уақыты әдісі деп аталады, өйткені фазаның ығысуы ұшып өту уақытына пропорционал, бірақ бұл термин жарық импульсінің ұшып өту уақыты өлшенетін, жоғарыда сипатталған әдіс үшін неғұрлым қолайлы болып табылады [3].

Лазерлік дальномерлер фазалық ығысу әдісіне жиі негізделеді, қашықтықты өлшеу әдісі келесідей. Синусоидалы модульденген оптикалық қуаты бар лазерлік сәуле мақсатқа бағытталады. Шағылысқан жарық (шашыраған немесе айналы шағылысқан) және берілген жарықпен салыстырғандағы қуат модуляциясының фазасы бақыланады. Фазалардың алынған айырмасы бойынша қашықтық анықталады. Модуляцияның жоғары жиілігі жоғары дәлдікті алуға мүмкіндік береді.

Интерферометрге келсек, фазалық ығысу әдісі қашықтыққа қатысты белгісіздікті болжайды, өйткені фаза қашықтығының ұлғаюымен фаза периодты түрде өзгереді. Алайда, периодтылық интерферометрден әлдеқайда көп, себебі модуляция жиілігі оптикалық жиіліктен әлдеқайда төмен. Сонымен қатар, белгісіздік екі түрлі модуляция жиілігімен өлшеу арқылы оңай жойылуы мүмкін. Интерферометрлермен салыстырғанда фазалық ығысу техникасына негізделген құрылғылардың дәлдігі азырақ, бірақ олар үлкен қашықтықты бір мәнді өлшеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, олар кедір- бұдыр бетінен болатын шашыраңқы көрініс үшін қолайлы [8]. Қашықтықты өлшеудің фазалық ығысу әдісі 1.5 - суретте көрсетілген. Жиіліктік модуляция әдістері жиілік

өзгерісінің қайталанатын сызықтық заңмен жиіліктік- модульденген лазерлік сәулелерді пайдаланады. Өлшенетін қашықтықтар шығыс және қабылданған шоғырдың соғылуы арқылы өлшенуі мүмкін жиіліктің ығысуына ауыстырылуы мүмкін.

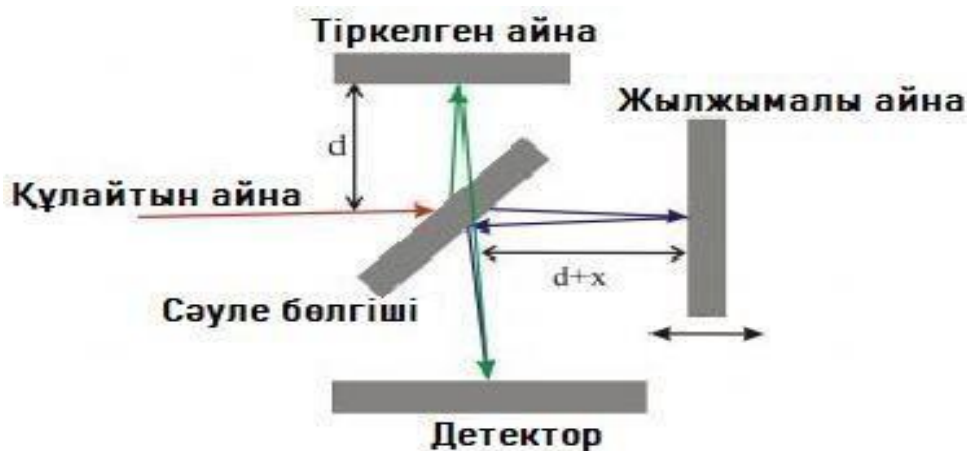


1.5 - сурет – Қашықтықты өлшеудің фазалық ығысу әдісі

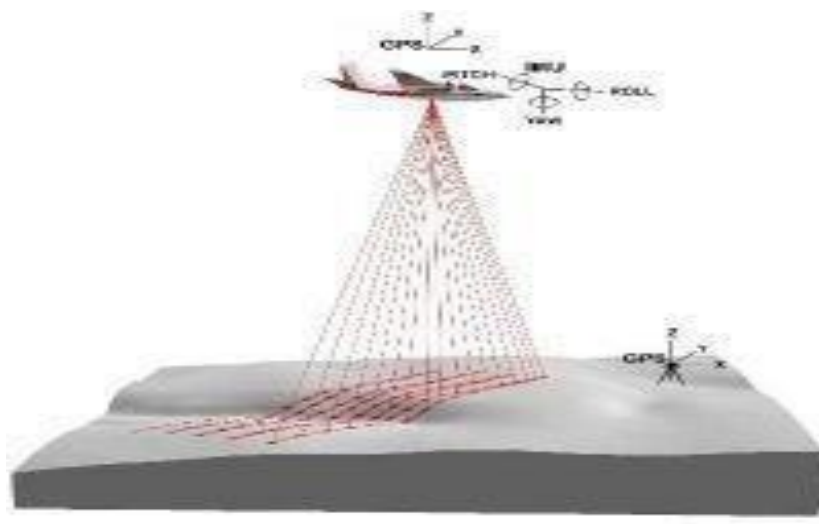
Интерферометрия қолданылатын жарық толқынының ұзындығынан асатын дәлдікпен қашықтықты өлшеуге мүмкіндік береді. Аз қашықтықта, кейде мақсатқа дейін дыбыстың ұшып өту уақытын тіркейтін ультрадыбыстықдальномерлер қолданылады. Бұл ретте, құрылғыда қашықтықты өлшеу үшін емес, дұрыс бағытты орындау үшін ғана лазерлік көрсеткіш болуы мүмкін [3]. Интерферометр толқындардың интерференциясы қолданылатын өлшеу құралы. Барлық интерферометрлердің жұмыс істеу принципі бірдей, олар когерентті толқындарды алу әдістерімен және қандай шама тікелей өлшенетінімен ажыратылады. Жарық шоғыры сол немесе басқа құрылғының көмегімен әртүрлі оптикалық жолдармен өтетін, содан кейін бірге түсетін когерентті шоғырдың екі немесе одан да көп санына бөлініп, кейін қосылады. Шоғырлардың қосылған жерінде интерференционды көрініс байқалады, яғни интерференционды максимумдар мен минимумдардың пішіні мен өзара орналасуы жарық шоғырын когерентті шоғырларға бөлу тәсіліне, интерференциялаушы шоғыр санына, олардың оптикалық жолдарының әртүрлілігіне (жүрістің оптикалық әртүрлілігіне), салыстырмалы қарқындылығына, көздің өлшеміне, жарықтың спектральды құрамына байланысты [6]. Қашықтықты өлшеудің интерферометрия әдісі 1.6 - суретте көрсетілген.

Лазерлі радар – жоғарыда сипатталған қашықтықты өлшеу әдістерінің бірін пайдаланатын құрылғы және берілген бағытты екі өлшемде сканерлейді. Бұл сурет, немесе, дәлірек айтқанда, робототехникада қажет болатын мақсат профилін алуға мүмкіндік береді. Жоғары жылдамдықпен осындай профильдерді алу үшін фазалық ығысуды өлшеуге арналған кіріктірілген аппаратурасы бар ЗБА-ға (зарядтау байланысы бар аспаптар) ұқсас сенсорлық чиптер бар, сондықтан әрбір пиксель үшін қашықтық бір мезгілде өлшенуі

мүмкін. Бұл шағын құрылғылар арқылы үш өлшемді суреттерді жылдам алуға мүмкіндік береді. 1.7 - суретінде лазерлі радар көмегімен өлшеу жүргізіліп жатырғанын көре аламыз.



1.6 - сурет – Қашықтықты өлшеудің интерферометрия әдісі



1.7 - сурет – Лазерлі радар көмегімен өлшеу жүргізу

Ультрадыбыстық немесе радио және микротолқынды құрылғылармен (радарлармен) салыстырғанда қашықтықты өлшеудің лазерлік әдістерінің негізгі артықшылығы, лазерлік сәуле толқын ұзындығы әлдеқайда аз, бұл тар сканерлеу шоғырын бағыттауға және осылайша, неғұрлым жоғары кеңістіктік рұқсатқа қол жеткізуге мүмкіндік береді. Тағы бір артықшылығы, оптикалық жолақ сүзгісі басқа оптикалық жиіліктерден туындайтын шуды өте тиімді бөлуге мүмкіндік береді.

Лазерлерді қолдану арқылы өлшеудің барлық басқа әдістеріндегі сияқты қашықтықты лазерлік өлшеу кезінде лазерлік шу бар. Шумен байланысты басқа да проблемалар шуды анықтау, жарық шашырауы, спектр-эффекттер нәтижесінде пайда болуы мүмкін. Мақсаттар әртүрлі шағылысу және шашырау қасиеттеріне

ие болуы мүмкін. Проблемалар өте төмен шағылысудан немесе айналы шағылысудан туындауы мүмкін. Лазерлерді пайдалану қауіпсіздіктің маңызды мәселелерін көтеретініне назар аудару керек, әсіресе сенімділік модуляциясынан қысқа қарқынды импульстерді пайдалану кезінде. Осыған байланысты қауіп көзге қауіпсіз лазерлер толқындарын пайдалану арқылы азаюы мүмкін [3].

### 1.3 Дальнометрия. Дальномер туралы түсінік

Дальномер – бақылаушыдан объектіге дейінгі қашықтықты анықтауға арналған құрылғы 1.8 - сурет. Электрмагниттік сәулеленудің тұрақты жылдамдықпен таралу қабілеті объектіге дейінгі қашықтықты анықтауға мүмкіндік береді. Дальномер геодезияда, фотосуреттегі айқындылыққа, қарудың көздеу құралдарында, бомбалау жүйесінде және т. б. қолданылады.



1.8 - сурет – Дальномер

Дальномер активті және пассивті болып екіге бөлінеді. Активті дальномерлерге жататындар:

- дыбыстық дальномер;
- жарықты дальномер;
- лазерлі дальномер және т.б. Пассивті дальномерлерге жататындар:
- оптикалық параллакс қолданатын дальномер;
- объектіні қандай да бір үлгіге салыстыруды пайдаланатын дальномер

және т.б.

Активті дальномер мен мақсат арасындағы қашықтықты анықтау міндеті зондирлеуші сигнал мен мақсаттан көрсетілген сигнал арасындағы тиісті уақыт аралығын өлшеуге негізделеді. Лазерлік сәулелену модуляциясының қай сипаты қолданылуына байланысты қашықтықты өлшеудің импульсті және фазалық әдістері бар.

Дальнометрлеудің импульсті әдісінің мәні объектіге зондирлеуші импульсті жіберу болып табылады, ол сәйкесінше дальномерде уақытша есептеуішті іске қосады. Объектімен көрсетілген импульс дальномерге келген кезде, ол есептеуіштің жұмысын тоқтатады. Уақыт аралығы бойынша оператор алдында дисплейде объектіге дейінгі қашықтық автоматты түрде көрсетіледі.

Дальнометрлеудің импульстік әдісі кезінде келесідей қатынас қолданылады:

$$L = \frac{ct}{2} \quad (1.1)$$

мұндағы,  $L$  – объектіге дейінгі қашықтық;

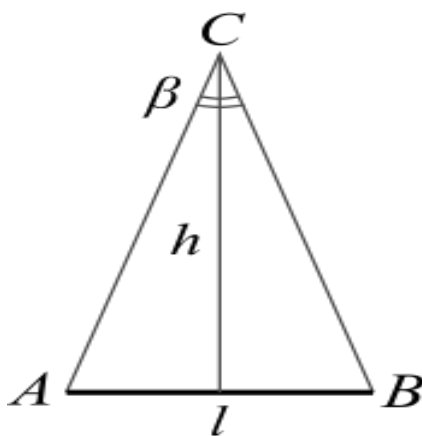
$c$  – сәулеленудің таралу жылдамдығы;

$t$  – импульстің мақсатқа дейінгі және кері өту уақыты.

Бұл қатынасты қарастыру қашықтықты өлшеудің потенциалды дәлдігі энергия импульсінің объектіге дейінгі және кері өту уақытын өлшеу дәлдігімен анықталатынын көрсетеді. Импульс қысқа болса, соғұрлым жақсы.

Дальнометрлеудің фазалық әдісі кезінде лазерлік сәулелену синусоидалы заң бойынша модуляцияланады. Әдетте, жиілігі 10-150 МГц болатын синусоидалы сигнал қолданылады. Бұл ретте сәулелену қарқындылығы айтарлықтай шектерде өзгереді. Объектіге дейінгі қашықтыққа қарай объектіге түсетін сигнал фазасы өзгереді. Объектіден көрсетілген сигнал қабылдау құрылғысына қашықтыққа байланысты белгілі бір фазамен келеді. Фазалардың әртүрлілігін өлшей отырып, объектіге дейінгі қашықтықты анықтайды [2,10].

Пассивті түрдегі дальномермен қашықтықты өлшеу ABC тең бүйірлі үшбұрышының  $h$  биіктігін анықтауға негізделген, мысалы,  $AB = l$  (база) белгілі жағы және  $\beta$  (параллактикалық бұрыш) қарсы бұрышы арқылы.  $l$  немесе  $\beta$  шамаларының бірі, әдетте тұрақты, ал екіншісі – айнымалы (өлшенетін) болып табылады. Бұл белгі бойынша тұрақты бұрышы бар дальномерлер және тұрақты базасы бар дальномерлер ажыратылады [9]. 1.9-суретте пассивті дальномерлердің жұмыс істеу принципі көрсетілген.



1.9 - сурет – Пассивті дальномердің жұмыс істеу принципі.

мұндағы,  $AB = l$  – дальномер объективтерінің арасындағы қашықтық



(дальномер базасы);

$C$  – қашықтықты анықтау керек объект;

$h$  – дальномер және бақылау объектісі арасындағы қашықтық.

#### 1.4 Лазерлік дальномер. Жұмыс істеу принципі

Лазерлік дальномер – лазерлік сәулені қолдана отырып қашықтықты өлшеуге арналған аспап. Инженерлік геодезия, топографиялық түсіру кезінде, әскери істе, навигацияда, астрономиялық зерттеулерде, фотосуретте, құрылыста кеңінен қолданылады. Қазіргі заманғы лазерлік дальномерлер көп жағдайда шағын және қысқа мерзімде қажетті объектілерге дейінгі қашықтықты үлкен дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді [17]. Сонымен қатар бұл құрылғы арқылы жанама өлшеу жүргізіп, аудан мен көлемді есептеуге болады. 1.10 - суретте лазерлік дальномер арқылы бөлменің көлемін өлшеу көрсетілген.

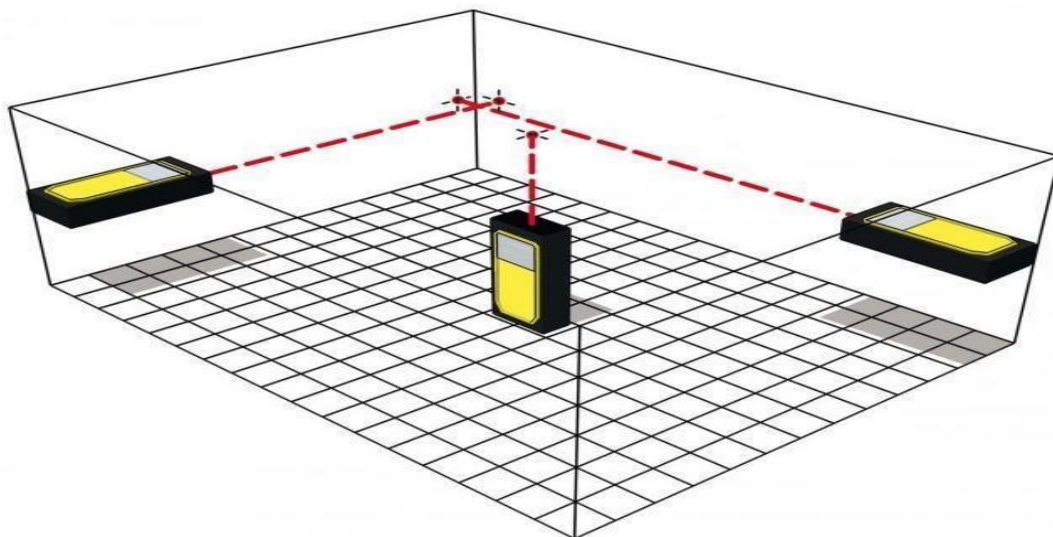
Лазерлік дальномерден басқа ультрадыбыстық дальномер болады. Бірақ оның ультрадыбыстыққа қарағанда көптеген артықшылықтары бар.

Артықшылықтары:

- өлшеу диапазоны 30-дан 250 метрге дейін (кейбір кәсіби модельдер);
- барлық диапазонда  $\pm 1-5$  мм жоғары өлшеу дәлдігі;
- тіпті өте кішкентай нысандарға дейінгі қашықтықты өлшеу, мысалы,

шегелер шляпалары;

Тіпті қарапайым модельдерде кең есептеу функционалы: ауданы, көлемі, Пифагор теоремасы және т. б.



1.10 - сурет – Лазерлік дальномер арқылы бөлменің көлемін өлшеу

Әр аспаптың артықшылығымен қатар кемшіліктері де болады. Бірақоның ультрадыбыстық дальномерге қарағанда кемшіліктері аздау. Төменде лазерлік дальномердің кемшіліктері көрсетілген.

Кемшіліктер:

- жарқын жарықтандыруда және ашық жарық күнде дұрыс жұмыс

жасамау (мәселе арнайы шағылыстырғыштарды пайдалану арқылы шешіледі);

- терезелер мен айналарға дейінгі қашықтықты өлшеу мүмкін емес.

Аздаған кемшіліктерге қарамастан, тіпті ең қарапайым лазерлік дальномер ультрадыбыстық дальномерді жеңеді. Сіз жақсы дәлдік пенәмбебап пайдалануға қол жеткізесіз. Егер неғұрлым қымбат модельдерді қарастырсаңыз, сіз бірқатар пайдалы функцияларды аласыз:

- кірістірілген жады аралық нәтижелер жазбаларына алаңдамай, өлшеу серияларын жасауға мүмкіндік береді;
- аналитикалық функциялар: бұрышты, белгісіз биіктікті және басқаларды есептеу;
- таймер бойынша өлшеулерді іске қосу пернелерге басқан кезде аспаптың ығысуын болдырмай, өлшеу қателігін төмендетеді;
- барлық өлшеу нәтижелерін сызбаларға көшіру үшін смартфонмен синхрондау.

Технологияның дамуымен ультрадыбыстық дальномерлер лазерлік дальномерлерге жол бере отырып, олардың дәлдігі мен әмбебаптығы арқасында екінші жоспарға біртіндеп кетеді. Құны бойынша айырмашылық азаяды және бүгінгі күні әркім лазерлік дальномерге қол жеткізе алады [19]. Лазерлік дальномер жұмыс істеу принципі бойынша импульстік және фазалық болып бөлінеді.

Импульстік дальномер сұлбалық іске асыруы бойынша ең қарапайым лазерлік дальномер болып саналады. Ол, шын мәнінде, толқын ұзындығындағы басқа диапазонда жақсы белгілі және радиолокацияда қолданылатын объектіні табу мен кейіннен бақылау принципін қайталайды. 1.11 - суретте импульстік лазерлік дальномердің жұмыс істеу принципі көрсетілген.



1.11 - сурет – Импульстік лазерлік дальномердің жұмыс істеу принципі

Объектінің болуы мүмкін жағына қысқа радиоимпульс жіберіледі. Содан кейін РЛС қабылдағышы (радиолокациялық станция) объектіден көрсетілген сигналды қабылдауына қосылады. Шағылысқан радиоимпульсті зондирлеушіге қатысты кідірту бойынша мақсатқа дейінгі қашықтық анықталады. Бұл ретте радиоимпульсті жіберу бағытының бұрыштық координаттары табылған объектінің бұрыштық координаттарына сәйкес келеді. Ұзындықты өлшеу дәлдігі радиоимпульстардың ұзақтығымен анықталады. Сәуле шығару көзін лазерге

ауыстыру объектіге дейінгі қашықтықты өлшеу және оны кеңістікте оқшаулау жоспарында жаңа мүмкіндіктерге қол жеткізумен, сондай-ақ оны пайдалануға бірқатар шектеулердің пайда болуымен байланысты. Импульсті лазерлік дальномерсұлбасы екі тәуелсіз арна – сәуле шығару және қабылдағыш арналарынан тұрады. Сәуле шығару каналында сәуле шығару көзі – лазер, және лазердің шығу шоғырының кеңейткіші – телескоп. Телескопты дальномердың сұлбасына қосу қажеттілігі лазердің шығыстық сәулеленуінің бұрыштық шығындалуын қысқартуға ұмтылуымен негізделген.

Үздіксіз FM сигналының көмегімен диапазонды өлшеу әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылуы мүмкін. Жұмыстың келесі бөлімдері үшін қажетті қатынастарды алуға мүмкіндік беретін осындай диапазонның құрылымдық схемасының бір мүмкін нұсқасы 1.1 - суретте көрсетілген. Араластырғыштың Қашықтықты лазерлік дальномермен өлшеу

Жергілікті жердегі желінің ұзындығын анықтау әр түрлі аспаптардың көмегімен және әр түрлі тәсілдермен жүзеге асырылуы мүмкін. Өлшеу әдісін таңдау көбінесе бізде бар құралға және өлшеуге тура келетін жағдайларға байланысты. Қашықтықты өлшеудің ең қарапайым тәсілдерінің бірі – лазерлік дальномермен өлшеу.

Лазерлік дальномер – бұл батырмаға бір басу арқылы қашықтықты оңай және тез білуге мүмкіндік беретін қарапайым, жылдам өлшеулерді орындауға арналған аспап. Дәлірек нәтиже алу үшін және өлшеудің ыңғайлылығы үшін лазерлік дальномердің көпшілігінде есептеу нүктесін таңдауға болады: аспаптың алдыңғы бөлігі немесе арнайы қайырмалы қапсырма (мысалы, рекалардан, қабырғалардан немесе басқа да тік беттерден өлшеу кезінде). Лазерлік дальномердің кейбір модельдерінде оларды штативке орнату мүмкіндігі бар.

Лазерлік дальномердің жұмыс істеу принципі мынадай: лазерлік сәуле мақсаттан көрініс табады және аспаппен тіркеледі. Аспап лазер сәулесі мақсатқа дейін және кері өтетін уақытты белгілейді. Лазерлік сәуленің өту жылдамдығы объектіге дейінгі қашықтықты анықтауға мүмкіндік береді.

Лазерлік дальномерді пайдаланудың негізгі артықшылықтары:

- жеңілдігі және өлшеу жылдамдығы;
- қашықтықты анықтаудың жоғары дәлділігі (қазіргі заманғы лазерлік дальномерлердің орташа дәлдігі  $\pm 1,5$  мм);
- өлшеу ленталары мен рулеткалары үшін кедергілері бар күрделі жерде пайдалану мүмкіндігі;
- мақсатты визалау қолайлылығы (құралдың қандай да бір затқа «көру сәулесі» бағыты);
- қашықтықты ғана емес, басқа шамаларды (аудан, көлем) өлшеу мүмкіндігі.

Лазерлік дальномерлерді қауіпсіз пайдалану үшін белгілі бір ережелерді ұстану қажет:

- аспаптың нұсқаулығында көрсетілген талаптарды ұстану;
- аспапты тек қана тағайындауы бойынша пайдалану (өлшеу үшін);
- лазер сәулесін адамдарға немесе жануарларға бағыттамаңыз (лазер сәулесі тіпті үлкен қашықтықта да көзге зақым келтіруі мүмкін);

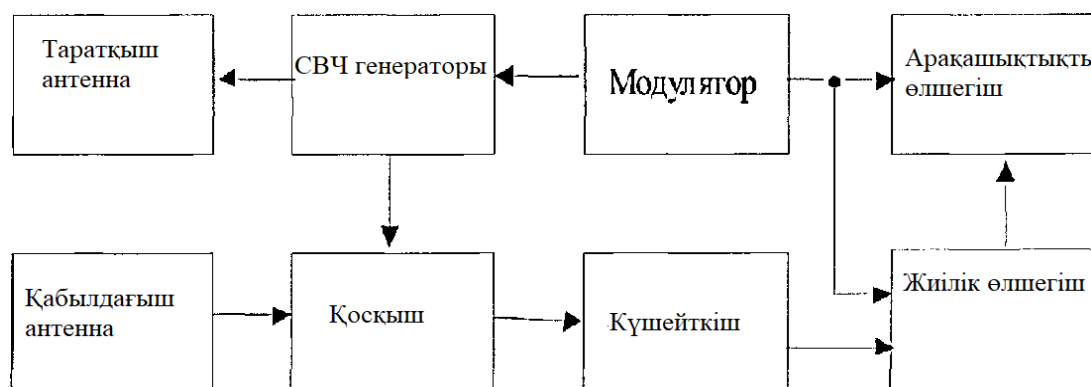
- аспапты көз деңгейінен жоғары немесе төмен пайдалану;
- аспапты ашуға тыйым салынады (жөндеу және басқа қызмет көрсетуді мамандандырылған шеберханаларда жүзеге асыру қажет);
- аспапты жарылыс қаупі бар және тез тұтанатын заттардың жанында пайдалануға тыйым салынады.

Өлшеу үшін аспапты өлшенетін қашықтықтың бастапқы нүктесіне орнату және өлшеу функциясын іске қосу қажет. Осы нақты аспапта қашықтықты өлшеу функциясын іске қосу үшін нұсқаулықты пайдаланыңыз (әдетте, өлшеуді жүзеге асыру үшін бір түймені басу қажет). Өлшеуден кейінгі қашықтық дисплейде көрсетіледі. Алынған нәтижелердің максималды дәлдігіне қол жеткізу үшін, әсіресе үлкен қашықтықты өлшеу кезінде лазерлік дальномерді бекіту қажет, ол үшін ол штативке орнатылады. 1.13 - суретте дальномерді бағыттап өлшеу жүргізіліп жатырғанын көруге болады.

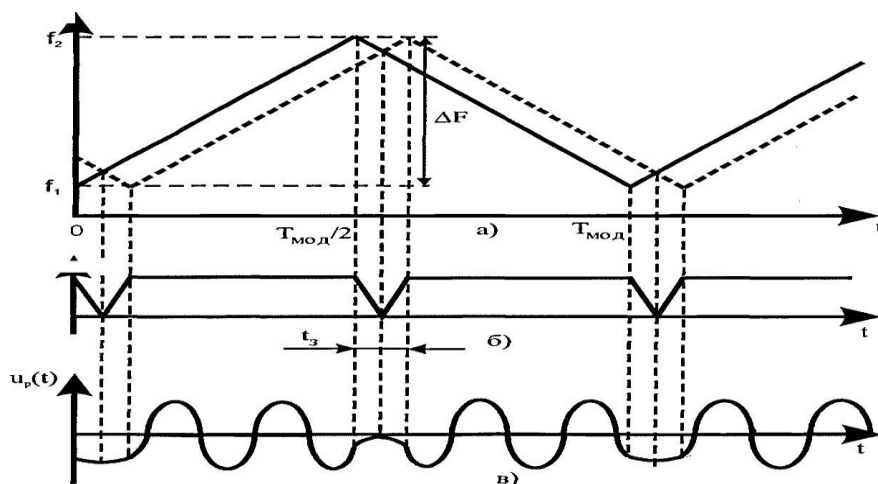
шығысында сигнал пайда болады, оның жиілігі өлшенетін диапазонға байланысты. Сондықтан ТВМ-дегі негізгі өлшеу операциясы синусоидалы ИБС жиілігін өлшеу болып табылады.

Өңдеудің барлық кезеңдерінің қарапайымдылығы мен физикалық мөлдірлігі және бір қарағанда, жақсы зерттелген жиілікті өлшеу әдістері әдістің жоғары сенімділігін қамтамасыз етеді және көбінесе қосымша зерттеу қажеттілігін жоққа шығарады. Алайда, бұл қарапайымдылықта белгілі жиілікті бағалау әдістері арқылы жоғары өлшеу дәлдігіне қол жеткізуді шектейтін себептер бар. Сондықтан жиілік диапазонында сигналдарды қалыптастыру мен өңдеуде және оның жұмысын талдауда қолданылатын дәстүрлі әдістерді мұқият қарастыру қажет. Мұндай қарастырудың мақсаты жеткілікті өрескел өлшеулерде маңызды емес факторлар болып табылады, бірақ жоғары дәлдікке қол жеткізуге келгенде айтарлықтай мәнге ие болады.

ТМ-мен қашықтық өлшегіштердің жұмысын теориялық талдау дәстүрлі түрде екі әдіс негізінде жасалады: уақыт аймағында МРВ өңдеуге негізделген спектрлік және жеңілдетілген әдіс [4, 16, 19, 50, 53, 54], көбінесе нөлдік деңгей сигналымен қиылысу нүктелерінің орналасуы мен санын талдаудан тұрады. Әрі қарай, қысқартудың бұл әдісі уақытша деп аталады. Әдебиетте ол әртүрлі нұсқаларда бар.



1.12 - сурет – Қарапайым жиілік диапазонының құрылымдық схемасы



1.13 - сурет – Сәулеленген және қабылданған сигналдардың(а)айырмашылық жиілігінің (б) және CRF (в) жиілігінің графигі

Бұл жұмыста ең жақсы нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік беретін қазіргі заманғы ЦОС теориясының жетістіктерін ескере отырып, МБЖ өңдеудің екі әдісі де қолданылатын болады.

Көрсетілген әдістерді, олардан туындайтын сигналдарды өңдеу процедураларын, қателік көздерін және қашықтықты өлшеу дәлдігін қысқаша қарастырыңыз. Аталған талдау әдістерінің екеуіне де жиілікті модуляциялау Заңының кезеңділігіне байланысты Дискреттік әдістемелік қате (ОД) [54] деп аталатын тұрақты қателік [4, 12, 19] тән екені белгілі. Көптеген жағдайларда ОД жол берілмейді, сондықтан оны азайту үшін шаралар қабылдау қажет [4, 12].

Бұл мақсатқа әр түрлі әдістермен қол жеткізуге болады, олар шығарылған және қабылданған сигналдар бойынша кез - келген қосымша әрекеттен тұрады [4, 12]. Әрі қарай, осы әдістердің барлығын Дискреттік қатені тегістеу әдістері (MSOD) деп атаймыз. Дәл осы әдістер қашықтықты өлшеудің жоғары дәлдігіне қол жеткізуге мүмкіндік береді, бірақ олардың әрқайсысында өлшеудің минималды қол жетімділігіне тән шектеулер бар және барлығы өңдеуді цифрлық жүзеге асыруға мүмкіндік бермейді. Сондықтан олар қамтамасыз ететін өлшеу қателігінің мөлшерін сигналдарды өңдеу үшін қажетті қосымша операциялармен салыстырған жөн. Осы мақсатта барлық әдістерге бірыңғай көзқарас негізінде өңдеуді оңтайландыру принциптерін әзірлеу қажет. Сонымен қатар, біз сигналдарды цифрлық өңдеу негізінде қарапайым іске асыруға мүмкіндік беретін әдістерге және 4М көмегімен радиолокацияның барлық мүмкіндіктерін толығымен жүзеге асыруға мүмкіндік беретін әдістерге назар аударамыз.

Өздеріңіз білетіндей, 4m диапазоны қашықтықты өлшеу үшін ғана емес, сонымен қатар Доплер жиілігін өлшеу негізінде нысананың қозғалу жылдамдығын өлшеу үшін де қолданыла алады. Мұндай құрылғылардағы Доплер жиілігін оқшаулау әдістері жақсы зерттелген [4] және мұнда қарастырылмаған. Осы себепті біз шағылысқан сигнал жиілігінің доплерлік сдысуын бұдан әрі ескермейміз.

## 1.5 Жиілік модуляцияланған диапазонды талдаудың уақытша әдісі

Бұл әдісті қысқаша қарастырыңыз, негізінен жұмыс бойынша [4], тек негізгі ойларға назар аударып, оның шектеулерін белгілеуге мүмкіндік беретін немесе жұмыстың келесі бөлімдерінде қолданылатын нәтижелерді келтіріңіз.

Нәтижесінде спектрлік аймақтағы CRF өңдеудің дәстүрлі әдістерінде қашықтықтың біркелкі өзгеруімен максималды спектрлік компоненттің орны  $g_{mode}$  қадамымен дискретті түрде өзгереді, ал өрнек бойынша есептелген сәйкес қашықтық (1.12) 5K дискреттілігімен өзгереді (1.15). Осылайша, IBS-ті талдау мен өңдеудің бұл әдісі сонымен қатар  $cm$  жиілігіне байланысты қашықтықты санаудың дискреттілігіне әкеледі.

IBS өңдеудің қарастырылған классикалық әдістерінде OD шамасын физикалық шектеуі бар және қашықтықты өлшеудің жоғары дәлдігіне қол жеткізуге мүмкіндік бермейтін ДБ жиілігінің ауытқу шамасын арттыру арқылы ғана азайтуға болады.

Жиілік модуляцияланған қашықтық өлшегішпен өлшеу қателігінің көзі. Әдетте, жеткілікті өрескел өлшеулерде электромагниттік толқынның таралу жылдамдығы сыртқы жағдайларға тәуелсіз өзгермейтін болып саналады. Жоғары дәлдіктегі өлшемдерге келетін болсақ, қысым мен температураның өзгеруі кезінде оның өзгеруін ескеру қажет, өйткені [28, 42] бұл өзгерістер бір пайызға жетуі мүмкін. Алайда, бұл өзгерістер жүйелі болып табылады және есептеулерді орындау кезінде түзету түзетулерін енгізу арқылы оңай ескерілуі мүмкін. Сондықтан, бұл жұмыста электромагниттік толқынның таралу жылдамдығы тұрақты және  $Ic2 = 0$  шамасы болып саналады.

$T_{mod}$  модуляциясының берілген кезеңінің қалыптасу қателігі оңай жасалуы мүмкін, сондықтан әрі қарай қарастырылмайды.

## 1.6 Тапсырманың қойылымы

Радиосигналдың жиілігін өлшеу туралы айтатын болсақ, мұнда жиілікті өлшеудің барлық белгілі әдістері қолданылады [7-9]. Алайда, олардың көпшілігі өлшеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз еткенімен, (1.12), (1.17) формулалар бойынша қашықтықты анықтау дәлдігі жеткіліксіз болуы мүмкін екенін нақтылау қажет. Бұл жоғарыда аталған жиілік пен модуляция кезеңінің ауытқуын дәл анықтау және сақтау қажеттілігіне байланысты. Осыған байланысты, жақында [22] танымал техникалық шешім коаксиалды кабельдің бір бөлігінде орындалған тірек арнасын жақын радиолокаторда пайдалану болды. Есептеу формуласының орнына  $T_{mod}$  және AF болмаған басқа формула қолданылды:

$$R = \frac{R_0 F_r}{F_{r0}} \quad (1.2)$$

мұндағы  $R_0$ - тірек арнасының электрлік ұзындығы,  $F_{r0}$ - тірек арнасында

өлшенген айырмашылық сигналының жиілігі.

Радиолокациялық сигналдың феноменологиялық моделі. Тұрақты мақсат моделі. Тұрақты мақсат нүктелік және ұзартылған болуы мүмкін [12-14]. Екі жағдайда да ол қашықтық өлшегіштен мақсаттың көрінетін шағылысу орталығына (ССО) дейінгі  $R$  қашықтығымен сипатталады, бұл жағдайда өзгермейтін шағылысу қасиеттері бар тұрақты нүкте болып табылады.

Бірінші түрдің мақсаттарына таза нүктелік рефлекторлар (мысалы, сфера), сызықтық рефлекторлар және шағылысу сипатындағы айна тәрізді беттік рефлекторлар (мысалы, металл парақтар немесе сұйықтықтың тегіс беттері) жатады, егер КЦО рефлектордың қандай да бір физикалық нүктесімен ерекше байланысқан болса.

Ұзартылған тұрақты мақсаттар құрамында бірнеше шашырау орталықтары бар, олардың өзара орналасуы өзгермейді және олардың арасындағы қашықтық радиолокатордың ажыратымдылық элементінен аспайды. Бұл жағдайда ККО осы шашырау орталықтары арасындағы қашықтық пен бұрыштық позиция бойынша кез келген позицияны иеленуі мүмкін және тіпті осы орталықтардың физикалық орналасуын шектейтін аймақтың шекарасынан асып кетуі мүмкін [12]. Мұндай мақсаттың бағдары сәл өзгерген кезде, ККО позициясы бұрыш пен диапазон бойынша өзгереді. Болашақта біз тек таза нүктелік рефлекторды қарастырамыз (1.2 - сурет).

Тұрақты нысананың шағылысатын қасиеттері  $\dot{S}$  кешенді поляризациялық шашырау матрицасымен сипатталады [15].

$$\dot{S} = \begin{bmatrix} \dot{S}_{11} & \dot{S}_{12} \\ \dot{S}_{21} & \dot{S}_{22} \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

Мұнда векторлармен берілген кез-келген поляризациялық негіздегі күрделі шағылысу коэффициенттері:

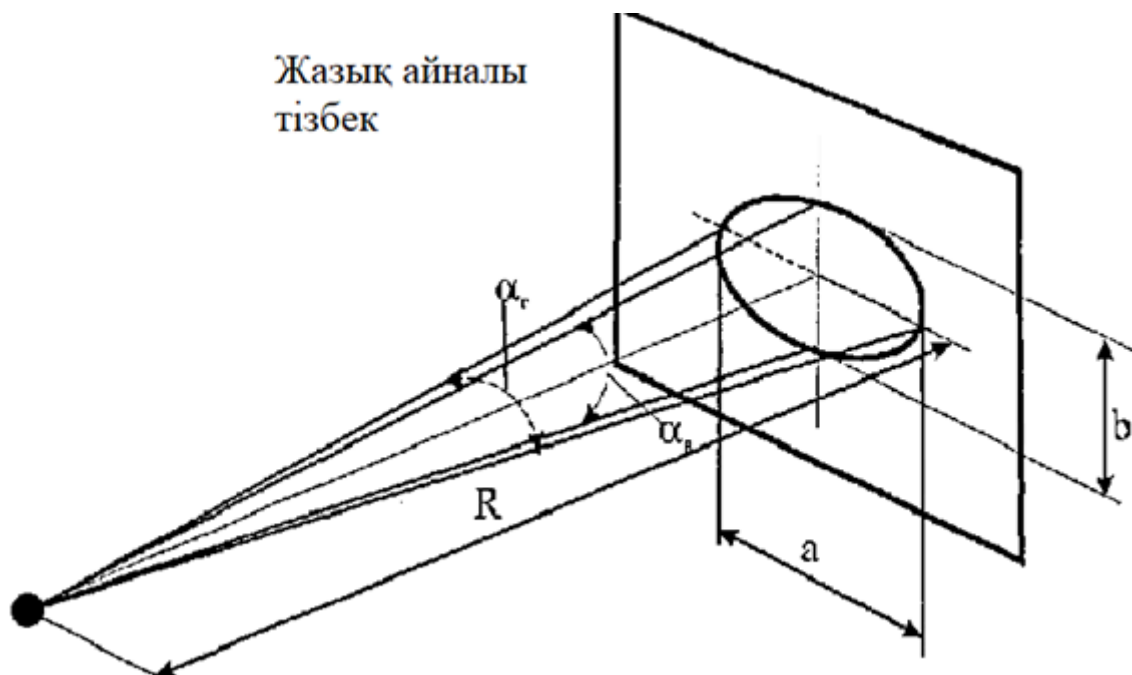
$$\vec{\theta}_1 = \vec{\theta}(\psi_{n\theta}, \tau_{n\theta}) \vec{\theta}_2 = \vec{\theta} \left( \psi_{n\theta} + \frac{\pi}{2}, -\tau_{n\theta} \right) \quad (1.4)$$

мұндағы  $\vec{\theta}_1$  және  $\vec{\theta}_2$  – сәйкесінше поляризациялық базистің бағдарлану және эллиптикалық бұрыштары;

Кэш - базистің эллиптикалық коэффициенті.



1.14 - сурет – Радиолокациялық мақсаттың нүктелік моделі



1.15 - сурет – Жалпақ шағылыстырғыштан шағылысу

Өзгермелі мақсат моделі. Тербелмелі мақсат нүктелік және ұзартылған болуы мүмкін. Олардың айырмашылығы мынада: нүктелік мақсатта шағылысқан сигналдың қарқындылығы мен фазасының ауытқуы ғана байқалады, ал ұзартылған мақсатта - сонымен қатар қашықтық пен бұрыштық координаттар бойынша ктo позициясының ауытқуы [12].

Нормаланған сигнал параметрлерін бөлу. В қосымшасында және Г қосымшасында радиолокацияға тән екі мысал үшін шағылысқан сигналдың немесе ра-диолокациялық мақсаттың қандай да бір нормаланған сипаттамасы болып табылатын кездейсоқ параметрлердің таралуы алынды. Бұл үлестірімдер бірдей пішінге ие және жалпыланған бета үлестіру деп аталады. Кейбір қолданбалы тапсырмаларда қабылданған сигналды немесе оның кез-келген сипаттамаларын осындай түрлендіру қажеттілігі туындайды. Мысалы, спектрдің ауырлық центрін өрнек бойынша бағалау (1.79) немесе сигналдың орташа деңгейімен байланысты ақпаратсыз параметрден арылуға мүмкіндік беретін инвариантты сигнал түрлендіруі [13].

## 1.7 Кедергі және шу модельдері

Бұл жұмыста біз әдейі ұйымдастырылған кедергілерді немесе басқа қашықтық өлшегіштердің сигналдарын қарастырмаймыз. Қашықтықты өлшеу қажет болатын пайдалы шағылыстырғышпен бірге қашықтық өлшегіштің жұмыс аймағына түсетін кез-келген кедергі шағылыстырғыш кедергі деп санаймыз.

1-тарауда көрсетілген ICP өңдеу әдістерінің ішінен бірнеше рефлекторлардың ажыратымдылығын алуға тек спектрлік ICP [9] және сызықтық модель әдісі мүмкіндік береді. Алайда, кез-келген сигналдың



спектрінде жиілік аймағында көптеген әлсіреген бүйірлік жапырақшалар бар екенін есте ұстаған жөн. Кедергі жасайтын рефлектор спектрінің бүйірлік жапырақшалары пайдалы рефлектор спектрінің негізгі жапырақшасына қойылып, оның пішіні мен максимумының орнын бұрмалайды. Сондықтан жиілікті бағалаудың кез-келген әдісі қосымша өлшеу қателігінің пайда болуына әкеледі, оның мәні пайдалы және кедергі келтіретін рефлекторлар арасындағы қашықтық ұлғайған сайын азаяды. Уақытша аймақта CRP өңдеу кезінде қашықтықты өлшеу қателігі сөзсіз туындайды, оның мәні кедергі шағылысу деңгейіне және пайдалы және кедергі келтіретін шағылыстырғыштар арасындағы қашықтыққа байланысты болады. Бұл жағдайларда осы кедергінің әсерінен туындаған қашықтықты өлшеу дәлдігінің төмендеу дәрежесін бағалау және кедергі келтіретін шағылыстардың рұқсат етілген деңгейіне қойылатын талаптарды тұжырымдау маңызды [11, 18].

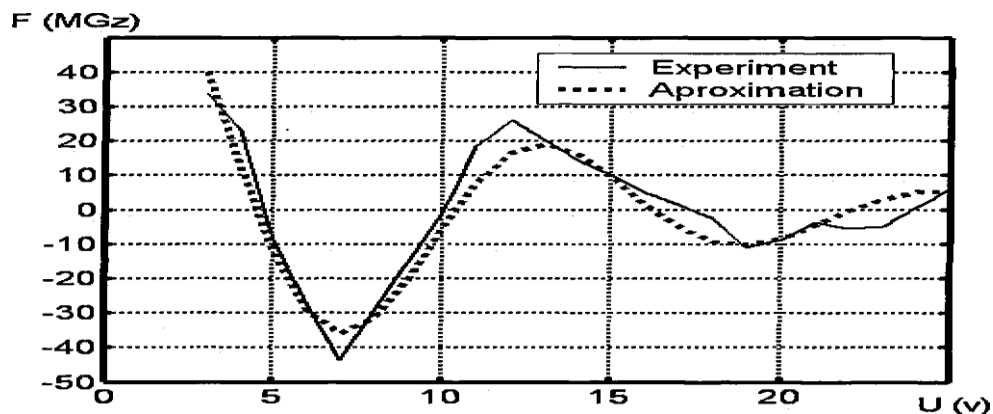
Жиілік модуляцияланған генератордың модуляциялық сипаттамасының математикалық моделі. Бұл жағдайда біз қашықтықты өлшеу дәлдігіне әсер ететін 4m генераторының сыртқы сипаттамаларын білдіретін модель туралы айтып отырмыз.

Көп жағдайда 4M генератор ретінде ГУН [15] қолданылады. Мұндай генераторлардың схемасы өте алуан түрлі және қолданылатын жиілік диапазонына байланысты. Көбінесе варактор жиілікті қайта құру үшін басқарылатын элемент ретінде қолданылады. Бұл жиіліктің өзгеруінің нақты сипатын анықтайтын оның қасиеттері, ол  $MX \text{ Co}(i \bmod)$  сызықтығына байланысты.

Сонымен қатар, генерация жиілігінің басқару кернеуіне тәуелділігі жалпы жағдайда инерциялық болып табылады. Сонымен қатар, ГУН пам деңгейімен, модуляцияның рұқсат етілген жылдамдығымен, генерация жиілігін қайта құру шектерімен және жиіліктің тұрақтылығымен сипатталады.

Микротолқынды генератордың жиілігін қайта құру сызықтығы қашықтықты өлшеудің жоғары дәлдігіне қол жеткізудің негізгі шарттарының бірі болып табылады. Әдетте, арнайы шараларды қолданбай, мүктің жоғары сызықтығына қол жеткізу мүмкін емес. Мүк сызықтық дәрежесін бағалау үшін әртүрлі параметрлер қолданылады. Олардың бірі-сызықтық емес коэффициент [15, 16]. Басқа параметрлер мүктің қуат қатарына ыдырауына негізделген. Жиіліктің сызықтық заңнан салыстырмалы ауытқуын білдіретін коэффициенттерді қолдану ең айқын болып табылады. Бұл коэффициенттердің жалпы кемшілігі-мүк пішінінің қашықтықты өлшеу қателігіне әсерін сандық талдау жасай алмау.

Неғұрлым ыңғайлы-белгілі бір өрнек түріндегі мүк аналитикалық жазбасы. Бұл өрнектерді жуықтау әдістері арқылы таңдауға болады. [15] толқынды пішінді мүкті жуықтау үшін өрнек қолданылады:



1.16 - сурет – Жуықтау сызығы бар мүк тербелмелі компоненті

Қорытындылар:

1) бұл жұмыс үшін пайдаланудың қарапайымдылығы мен сипаттаманың барабарлығы тұрғысынан ең қолайлы болып тұрақты рефлектор және тербелмелі рефлектор түріндегі радиолокациялық мақсаттың феноменологиялық моделі табылады.

Тұрақты рефлектор поляризациялық шашырау матрицасының тапсырмасымен және рефлекторға дейінгі қашықтықпен анықталатын нүктелік рефлектор немесе жалпақ үлестірілген рефлектор болуы мүмкін. Тұрақты рефлектордың маңызды параметрлері инвариантты параметрлер болып табылады.

Тербелмелі рефлектор кездейсоқ қарқындылығы бар көптеген қарапайым рефлекторлар түрінде ұсынылады. Мұндай рефлектор туралы толық ықтималдық ақпарат одан шағылысқан жазық жартылай поляризацияланған толқынның ортогональды поляризацияланған компоненттерінің нормаланған амплитудасының бірлескен ықтималдық тығыздығында болады. Бұл үлестіру Заңының параметрлері қарапайым толқындардың санымен және рефлекторлардың физикалық табиғатына байланысты амплитудалар мен фазалардың бірлескен ықтималдық тығыздығының түрімен анықталады.

2) осындай мақсаттан көрінетін шағылысу орталығының қашықтығы бойынша позиция жалпы жағдайда күрделі бөлу Заңымен сипатталатын кездейсоқ шама болып табылады. Көрінетін шағылысу орталығы ұзартылған шағылыстырғыштың физикалық өлшемдерінен тыс болуы мүмкін. Сондықтан кеңістікте бөлінген күрделі мақсаттар үшін қол жеткізу мүмкін емес қашықтықты өлшеу қателігі KZO флюктуациясының шегінен аз. Қашықтық өлшегіштің шекті дәлдік сипаттамаларын тұрақты рефлектор болған жағдайда ғана алуға болады.

## **2 Жиілік айырмашылықтарын өлшеудің санау әдісімен жиілікті модуляциялау параметрлерін оңтайландыру**

### **2.1 Кіріспе ескертулер**

Санау әдісі өлшеу жиілік айырмашылығы бағдарламалық жасақтама мен аппараттық құрал ең қарапайым түрде жүзеге асырылады, яғни оны ВН-ны жеңілдетілген іске асыру үшін пайдалану үрдісі табиғи болып табылады. Жоғарыда айтылғандай, модуляция Заңының жиілігі фазалық секірулердің себебі болып табылады жиілік айырмашылығының сигналы және пайда болуы Дискреттік қате санау әдісін қолдану кезінде. 4m зондтау сигналының модуляция Заңының кезеңділігі жиілік айырмасы сигналының фазалық өзгермелі тербеліс түрін алуына әкеледі, онда фазалық секірулер модуляцияның жартылай периодтарының шекараларында болады. Фазалық секірудің шамасы өлшенетін қашықтыққа байланысты және қашықтық өзгерген кезде ол мезгіл-мезгіл  $0^\circ$  - тан  $180^\circ$  - қа дейінгі аралықта өзгерісті жүзеге асырады, бұл кезең тасымалдаушы тербелістің толқын ұзындығының жартысына тең. Бұл қасиет жиілік айырымының сигналы айырмашылық жиілігін өлшеу уақытын модуляцияның бір жарты кезеңімен шектейді  $T_{обр} = T_{mod} / 2$ .

Сонымен қатар, ол сигнал/шу қатынасын жақсарту үшін қажетті жиілік айырмашылығының сигналын тар жолақты сүзуге мүмкіндік бермейді. Жоғары болған кезде фазаның секіру мәндері тар жолақты сүзу паразиттік амплитудалық Модуляцияға әкеледі жиілік айырмасының сигналы амплитудасының төмендеуімен жиілік айырмасының сигналы нөлге дейін (фазаның секіруімен  $180^\circ$ ) және нәтижесінде осы уақыт аралықтарында сигнал / шу қатынасы төмендейді.

Бұл құбылысты 4М көмегімен SD қалыптастыру мен өңдеуді оңтайландыру арқылы жоюға болады. фазалық секірулердің болмауын қамтамасыз ету үшін модуляция параметрлерін осылай басқару керек периодты 4m қолданған кезде жиілік айырмашылығының сигналы. CP4 сәйкес үздіксіз синусоиданың түрін алады. Нәтижесінде cp4 кезеңдерінің Дискреттік қатесін қолайлы деңгейге дейін азайту арқылы cp4 өңдеу аралығын арттыруға болады. Төменде көрсетілгендей, бұл режимге жету үшін модуляция кезеңінің ұзақтығын және таратқыштың жиілікті түрлендіру диапазонының өлшемін басқару қажет.

### **2.2 Модуляция параметрлерін адаптивті оңтайландырумен CМD жұмыс алгоритмі**

Ол үшін таратқыш жиілігінің ауытқуын шектеуден басқа, таратқыштың жиілігі осы диапазонда болатын  $T_r$  жұмыс аралығын тұрақтандыру қажет. Соңғы үш негіздің әрекетін бағалау ғылыми қызығушылық тудырмайды, өйткені олардың жиілікті түрлендірудің берілген көлбеу шамасы мен оның ағымдағы мәні арасындағы келіспеушіліктің пайда болуына қосқан үлесі сөзсіз. Сондықтан әрі қарай өлшеу қателігінің алғашқы 4 компонентіне талдау жасалады.

CSO-да фазаларды «тігудің» басқа әдісін қолдануға болады. Санау есептеу құралының жадына бірнеше кезеңдегі жиілік айырмашылығының сигналы және оларды талдау жазылады, нәтижесінде фазалық секірулерді қамтитын бөлімдер сигналдан алынып тасталады және фазалық параметр бойынша көршілес бөлімдер тігіледі. Бұл ретте сигналдың лақтырылатын учаскелерінің ұзындығын ескере отырып, қашықтықты есептеу үшін қолданылатын жиіліктің ауытқу шамасын түзету жүргізіледі. Әдіс фазалық секірулердің жойылу сәттерін анықтай алады. Бұл процедураны модельдеу сигналдың қосымша интерполяциясын қолданған жағдайда оның айтарлықтай тиімділігін білдіреді.

### **2.3 Жиілікті модуляциялау параметрлерін оңтайландырумен жиілікті модуляцияланған қашықтық өлшегіштің әдістемелік қателігі**

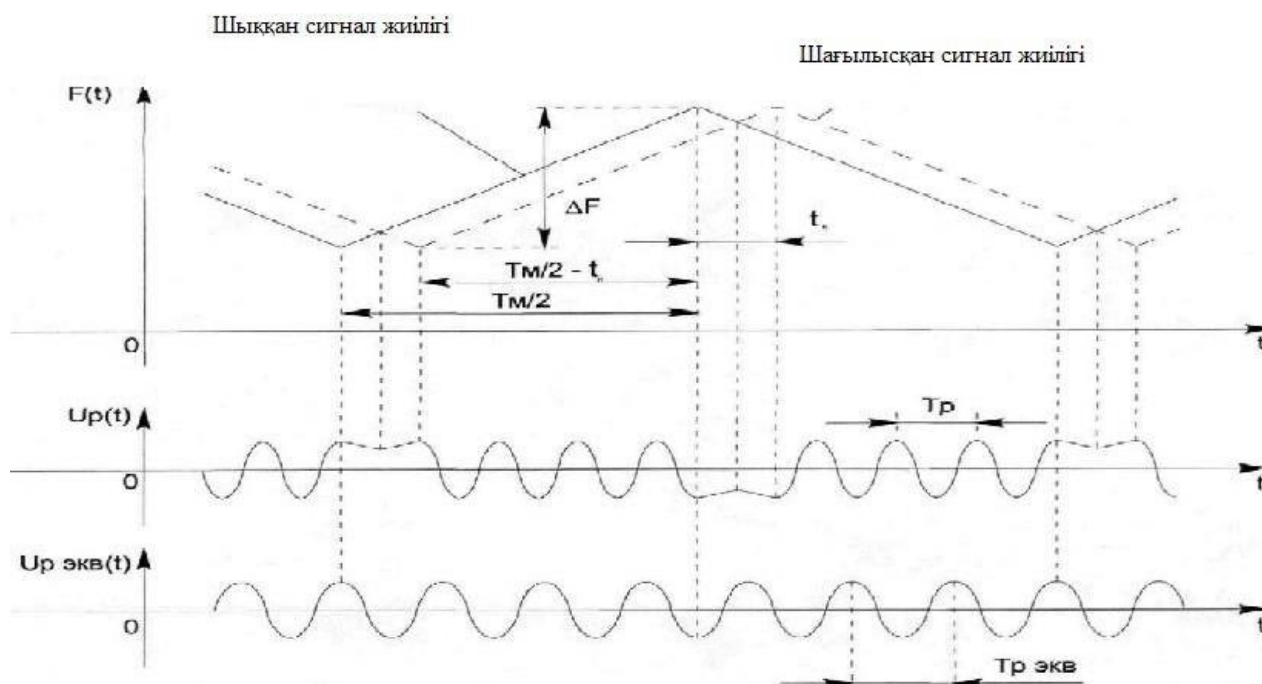
TP уақыт аралығының ұзақтығын тұрақтандыру кезінде өрнекке сәйкес модуляцияны оңтайлы басқару нұсқасын талдаймыз. Бұл эпизодтағы әдістемелік қателік екі себеппен туындайды: периодтар санының дискреттілігі жиілік айырымының сигналы және фазаның әр айқас нүктесінде U сигнал кезеңінің созылуы. Олардың әдістемелік қателікке әсер ету нәтижесі әдіске байланысты өлшеу айырмашылық жиілігі [15]. Бұл жағдайда уақыт аралығының ұзақтығын таңдау арқылы ерекшеленетін екі әдісті қолдануға болады, оның барысында периодтар жиілік айырмашылығының сигналы есептеледі:

1) периодтар санын есептеу жиілік айырмашылығының сигналы, белгілі бір уақыт аралығы үшін  $t$ ;

2) периодтар санын есептеу уақыт аралығындағы жиілік айырмашылығының сигналы  $t$  модуляция кезеңінің еселігі.

Периодтың созылуынан туындаған өлшеу қателігінің құрамдас бөлігінің жүйелі сипаты жиілік айырмасының сигналы осы әдістердің әрқайсысы үшін периодтар санын бір рет санау негізінде қашықтықты есептеу нәтижесін түзету мәселесін тұжырымдауға мүмкіндік береді. Жиілік айырмасының сигналы және есептеу формуласындағы қатаю шамасын есепке алу.

Белгіленген уақыт аралығындағы айырмашылық жиілігінің сигнал периодтарының санын есептеу.



2.1 - сурет - Фазаларды «тігу» нүктелерінде IBS кезеңін қатайту

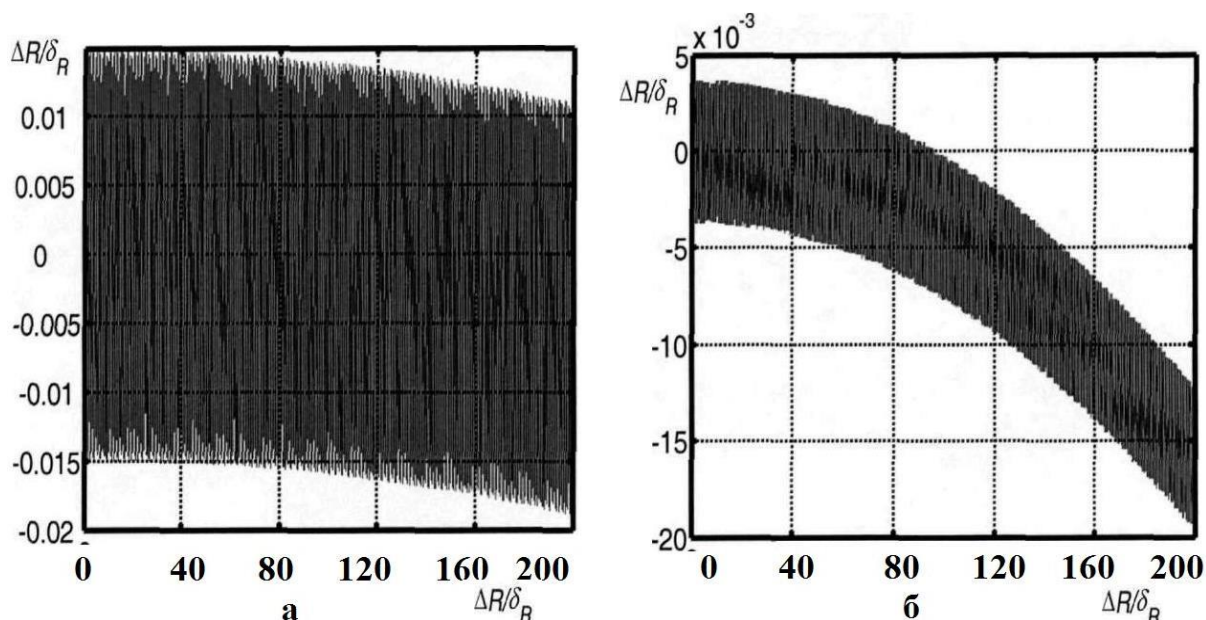
## 2.4 Шығарылатын сигналдардың адаптивті модуляциясымен сандық модельдеу нәтижелері

Шығарылатын сигналдардың адаптивті модуляциясымен CMD модельдеудің мақсаты алынған теориялық нәтижелерді тексеру және жиілік айырмашылығының сигналын өңдеудің қарастырылған әдісін іс жүзінде жүзеге асыру үшін қажетті жағдайларды анықтау болып табылады. Барлық нәтижелер CMD компьютерлік моделі мен модельдеу әдістемесі негізінде алынды.

Графиктерді есептеу сияқты шарттармен жүргізілген модельдеудің салдары. Осы суреттерді салыстыра отырып, біз графиктердің жалпы түрінің толық ұқсастығын көрсетеміз, айырмашылық тек суреттегі дискреттілік мөлшері өлшеу қателігінің конвергентті орташа деңгейіндегі 3.5-суреттегіден бір жарым есе көп. Бұл формулада өлшеу интервалына түскен нөлдердің жалпы санын олардың модуляция кезеңіндегі орнын ескермей дөңгелектеу арқылы санау жүргізілетіндігімен түсіндіріледі.

Бұл Бухгалтерлік есеп кейбір жағдайларда нөлдер саны осы аралыққа түскен жиілік айырмашылығының сигналы формула үшін және әдістеме бойынша модельдеу үшін бір бірлікке ерекшеленетіндігіне әкеледі. Сол сияқты, теориялық формула шамамен алынған және өлшеу қателігінің төмен мәнін береді. Жиілікті бағалаудың тағы бір екінші әдісі үшін үлгі шарттарына сәйкес келетін жағдайларда модельдеу нәтижелері графиктердің толық сәйкестігін білдіреді және мұнда берілмейді.

Шудың әсерін модельдеу кезінде Саны өлшеу қателігінің сипаттамасы салыстырмалы шаманың формуласына сәйкес орташа квадраттық ауытқу болды. Статистикалық тұрғыдан дұрыс нәтиже алу үшін әр сигнал - шу қатынасы үшін және өлшенетін қашықтықтың әр нүктесі үшін есептеулер бірнеше рет қайталанды. Қашықтық бойынша орташаландыру бұрын бір дискретті қателік өлшемдерінде жүргізілді.



2.2 - сурет – Дискретті қателік

Жиілік жиілігінің ерекшеліктерін ескере отырып, айырмашылық жиілігін бағалау үшін кеңінен танымал санау әдісін қолдану әлеуетін зерттеу оның орасан зор екенін анықтауға мүмкіндік берді. мұмкіндігі. Алынған қорытындыларды қысқаша түрінде тұжырымдауға болады:

1) ВН сигналдарын қалыптастыру және өңдеу процедурасын оңтайландыру негізінде жаңа тегістеу әдісі ұсынылды ВН дискретті қатесі, фазалық секірулерді болдырмайтын модуляция параметрлерін оңтайлы адаптивті басқаруда қамтылған жиілік айырмасы сигналы, және бағалау кезінде орташалау аралығын арттыруға мүмкіндік береді жиілік айырмасы.

2) фазаның секірулерін өткізетін жағдайлар анықталды жиілік айырмасының сигналы, яғни фазаның өзара байланыстыру режимін қамтамасыз етеді және басқару алгоритмі ұсынылады параметрлік модуляция, жиіліктің өсуінің орташа тіктігінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді жиілікті модуляциялау көрсетілген режимде.

3) қашықтықты есептеу кезінде жиілік айырмасын бағалау әдісі ұсынылған, фазаны «тігу» режимінде жиілік диапазонында ғана мүмкін болатын жиілік айырмасының сигналы модуляция кезеңдерінің белгіленген Саны ішінде

МЖЖ кезеңдерінің санын есептеуден және бұл ретте алынған айнымалы өлшеу уақыт аралығының ұзақтығын бағалаудан тұрады.

4) жиілікті бағалаудың екі әдісі үшін қашықтықты өлшеудің әдістемелік қателігі қарастырылады және ұсынылған әдіс белгілі әдіспен салыстырғанда ұқсас емес жағдайларда шамамен екі есе аз өлшеу қателігін қамтамасыз ететіндігі көрсетілген.

5) өлшеудің әдістемелік қателігінің жүйелі сипатына негізделген қашықтықты есептеу нәтижелерін түзету процедурасы ұсынылды, бұл түзетудің бірінші қадамында өлшеу қателігін 1000 есе азайтуға мүмкіндік береді.

6) талданатын модельдеу нәтижелері Дискреттік қателерді тегістеу әдісі теориялық нәтижелермен жақсы сәйкес келеді және қарастырылып отырған әдістің іске асырылуы мен перспективалылығын көрсетеді.

Бұл нәтижелерге адаптивті модуляцияны басқаруды, фазалық айқаспалы режимді қолдану арқылы қол жеткізіледі жиілік айырымының сигналы және ең қолайлысын жасауға мүмкіндік беретін жиілікті бағалаудың ұсынылған әдісін қолдану

Жиілік айырмашылығын орташалаудың салмақ әдісі үшін салмақ функциясының параметрлерін оңтайландыру.

### 3 Эксперименттік құрылғылар мен аппаратуралар

Қысқа қашықтықтағы precision cm қашықтық өлшегіші күрделі радиолокациялық жүйе болып табылады және қашықтықты өлшеудің қол жеткізуге болатын қателігі жоғарыда әзірленген зондтау сигналын қалыптастыру алгоритмдерінің қайталану дәлдігіне және RFV өңдеуге байланысты. Цифрлық іске асыруды пайдалану қажетті дәлдікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бірақ ол үшін нақты цифрлық құрылғылар мен алгоритмдердің іске асыру нұсқасы мен параметрлерін дұрыс таңдау қажет. Қарастырылған әдістердің әрқайсысы бойынша есептеулерді ұйымдастыруға қажетті формулалар жоғарыда келтірілген. Алынған теориялық нәтижелерді тексеру және сәтті практикалық іске асыру үшін күтілетін нақты жағдайда таңдалған өңдеу нұсқасы негізінде өлшеу процесін егжей-тегжейлі компьютерлік модельдеу қажет. Бұл тәсіл уақытты едәуір қысқартуға және қашықтықты өлшегішті зерттеу, әзірлеу және жобалау сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Сондықтан мүмкін жағдайларды барынша қамтуға мүмкіндік беретін компьютерлік модельді қарастырған жөн. Алынған нәтижелерді эксперименттік тексеруді ұйымдастыру және жүргізу міндеті де маңызды. Бұл ретте бақылау өлшеу аппаратурасының техникалық сипаттамаларының қажетті шамалардан ықтимал ауытқуларын ескеретін өлшеу шарттары мен өлшеу жүргізу әдістемесін қамтамасыз етуге байланысты және алыс өлшеуіштің қателігін жоғары сенімділік дәрежесімен бағалауға мүмкіндік беретін мәселелерді қарастыру қажет. Алынған теориялық нәтижелердің дұрыстығын және олардың практикалық маңыздылығын дәлелдеудің ең сенімді әдісі-өнеркәсіптің әртүрлі салаларында шұғыл өндірістік мәселелерді шешуге арналған практикалық құралдарға енгізу. Төменде әртүрлі технологиялық резервуарлардың толтыру деңгейін өлшеуге арналған құрал ретінде жиілік диапазондарын пайдалану нұсқалары берілген. Контакт-1 ЖШС Аспап жасау кәсіпорнында жасалған және жоғарыда қарастырылған сигналдарды қалыптастыру және өңдеу әдістерінің негізінде жақын арада әзірлеу және өндіру үшін болжанған құрылғыларды қарастырыңыз. Осы мәселелерді шешу үшін сандық іске асыруға қойылатын талаптарды анықтайтын жоғары дәлдік пен тұрақтылық диапазонының және оның негізгі түйіндерінің FM сигналдарының ерекшеліктерін ескеру қажет[7, 9, 22, 23, 24]:

1. Әдетте IBS динамикалық диапазоны 60-қа жетеді...90 дБ;
2. Шығарылатын сигнал жиілік диапазонындағы генератордың ТМ қуатының біркелкі мощстігінен және микротолқынды жолдың сәйкессіздігінен туындаған ПАМ-ға ұшырайды;
3. «Нөлдік» диапазоннан сигнал болуы керек, оның формасы өте күрделі, қайталау кезеңі модуляция кезеңімен сәйкес келеді, спектрде модуляция жиілігінің еселігі бар көптеген гармоника бар, амплитудасы кейбір жағдайларда пайдалы сигналдан 20 дБ асады;
4. Жергілікті заттардан шағылысу нәтижесінде пайда болатын кедергі сигналдары, сондай-ақ тербелмелі шу бар;
5. IBS жиілігінің диапазоны көп жағдайда Rmod-дан (200) дейін



болады...300) РМОД, яғни оның төменгі бөлігінде «нөлдік» сигнал спектрімен қабаттасады;

6. Микротолқынды модульдің модуляциялық кернеуі қолданылатын КТ түріне байланысты және көбінесе 5 шегінде өзгеруі мүмкін...20 ғ.;

7. Қолданылатын варакторлардың көпшілігі үшін мүктің орташа тік болуы ( $50^{\wedge}-100$ ) МГц/В шегінде жатыр;

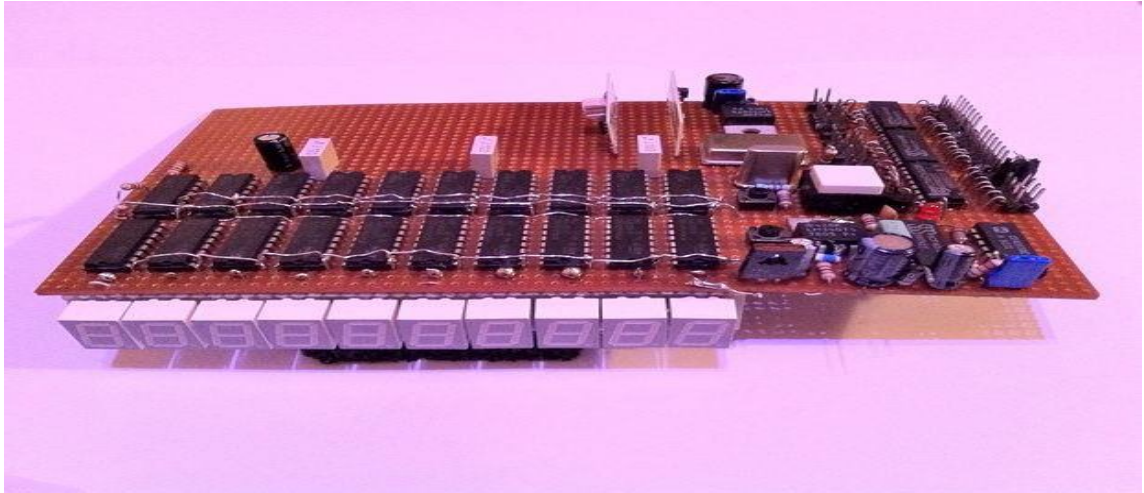
8. Қашықтықты өлшеудің қажетті дәлдігі қашықтық өлшегіштің техникалық талаптарына байланысты және бірнеше сантиметрден миллиметрге дейін өзгеруі мүмкін, яғни рұқсат етілген салыстырмалы қателік Ю-5 мәндеріне жетуі мүмкін.

9. Өлшенетін шама уақыт бойынша салыстырмалы түрде баяу өзгереді, бұл төмен модуляция жиіліктерін пайдалануға мүмкіндік береді.

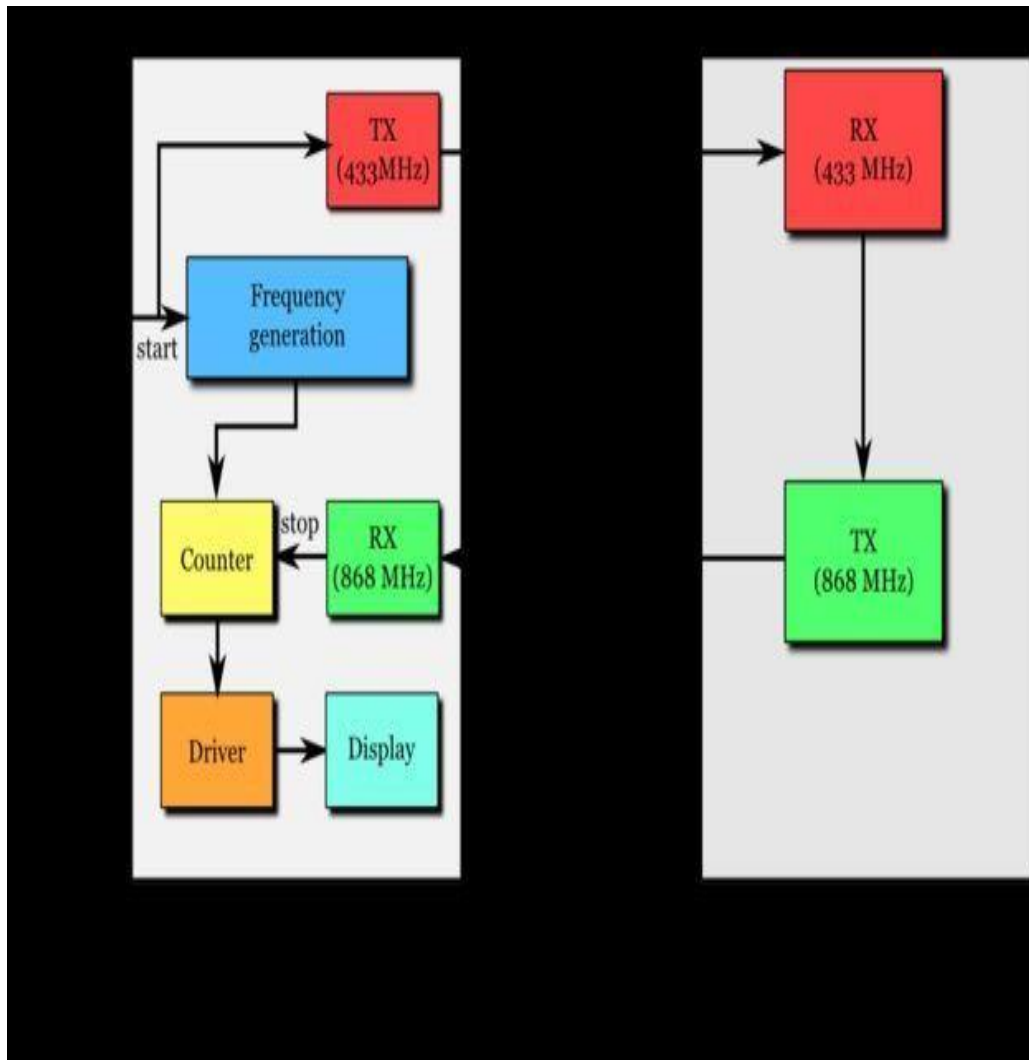
10. Өлшеу нәтижелерін өңдеу уақыты мен беру қарқыны осы нәтижелерді пайдаланатын техникалық жүйенің динамикасына сәйкес келуі керек. Осы тарауда келтірілген негізгі нәтижелер автордың келесі еңбектерінде жарияланған: [25, 26, 28 - 23, 27 - 25]. 4.2 жиілік диапазонының компьютерлік моделі Қарастырылып отырған модель [26] MSOD екі тобының сипаттамаларын талдауға арналған: сипаттамалық сигнал нүктелерін өңдеуге және спектрлік өңдеуге негізделген [1,4]. Сигналды өңдеудің барлық әдістері үшін модельдің негізі қатынастар болып табылады: - (2.104) алынған араластырғыштың шығысындағы сигнал үшін.

### **3.1 Радиотолқындардың көмегімен қашықтықты өлшеу**

Бұл шамамен  $\pm 5$  метр (15 фут) дәлдікпен 1,5 км (шамамен 1 миль) дейінгі қашықтықты өлшеуге арналған арзан құрылғы. Радио толқындарын пайдалану мақсатты көрінбестен өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл бүкіл ғимараттар арқылы қашықтықты өлшеуге болатындығын білдіреді. Дыбыс толқындарымен немесе лазерлермен жұмыс істейтін көптеген қашықтық өлшегіштер бар. Лазерлік қашықтық өлшегішпен қашықтықты өлшеудің кемшілігі - сәулені қабылдағышқа дейін орталықтандыру керек және лазер сәулесінің жолында ешқандай кедергі жоқ екеніне көз жеткізу керек.

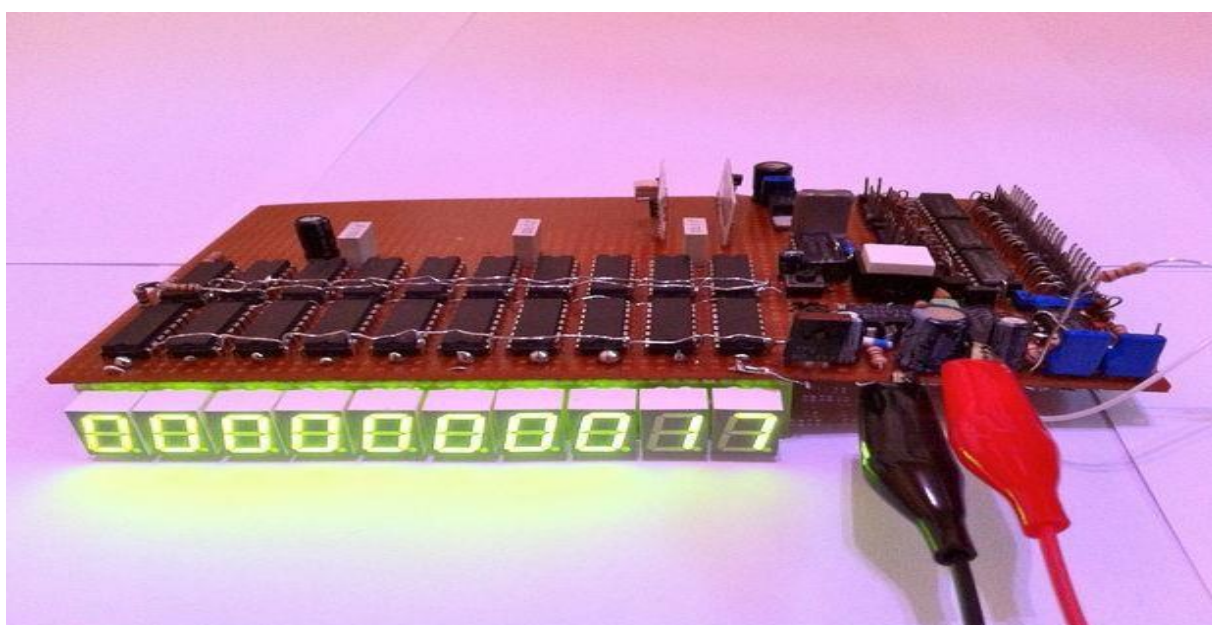


3.1 - сурет – Ардуино



3.2 - сурет – Қашықтықты өлшеуге арналған құрылғылардың диаграммасы

Негізгі идея. Қарапайым тілмен айтқанда, негізгі бөлік - наносекундтардағы ажыратымдылықпен уақытты өлшейтін дәл секундомер. Ол радиотолқын шығаратын уақытты тоқтату үшін қолданылады. Радио толқындарының таралу жылдамдығы жарық жылдамдығымен бірдей болғандықтан, сіз екі құрылғы (өлшеу нүктелері) арасындағы қашықтықты радиотолқындардың берілген өту уақытына есептей аласыз. Секундомерде 30 мегагерц жиіліктегі кристалл және екі ондық есептегіш (Жоғары жылдамдықты CMOS) бар. Тоқтау уақытын көрсету үшін ондық есептегіштердің екілік шығысы 7 сегментті дисплейлерде оқуды жеңілдету үшін түрлендірілуі керек. Бірыңғай өлшеу процесі: 1) өлшеуді пайдаланушы базалық станцияда (1-ші нүкте) бастайды (батырма арқылы іске қосылады) 2) есептегіш іске қосылады, дәл осы уақытта 434 МГц АМ таратқышы 1-ші радиотолқынды шығарады 3) радиотолқын қабылдағышқа екінші нүктеде түседі.



3.3- сурет – Ардуиноны жинау

### 3.2 Радиотолқындардың көмегімен қашықтықты өлшеу

Бұл шамамен  $\pm 5$  метр (15 фут) дәлдікпен 1,5 км (шамамен 1 миль) дейінгі қашықтықты өлшеуге арналған арзан құрылғы. Радио толқындарын пайдалану мақсатты көрінбестен өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл бүкіл ғимараттар арқылы қашықтықты өлшеуге болатындығын білдіреді. Дыбыс толқындарымен немесе лазерлермен жұмыс істейтін көптеген қашықтық өлшегіштер бар. Лазерлік қашықтық өлшегішпен қашықтықты өлшеудің кемшілігі - сәулені қабылдағышқа дейін орталықтандыру керек және Лазер сәулесінің жолында ешқандай кедергі жоқ екеніне көз жеткізу керек.

$$\Delta S = \frac{\Delta t \cdot c}{2} \quad (3.1)$$

мұндағы  $\Delta S$  – қашықтығы (м);

$\Delta t$  – толқынның қозғалыс уақыты (с);

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

Мысалы, дисплейде «17" көрсетіледі (бастапқы нөлдер де көрсетілген), радиотолқын 560 нс (наносекундтар) жолында болды.

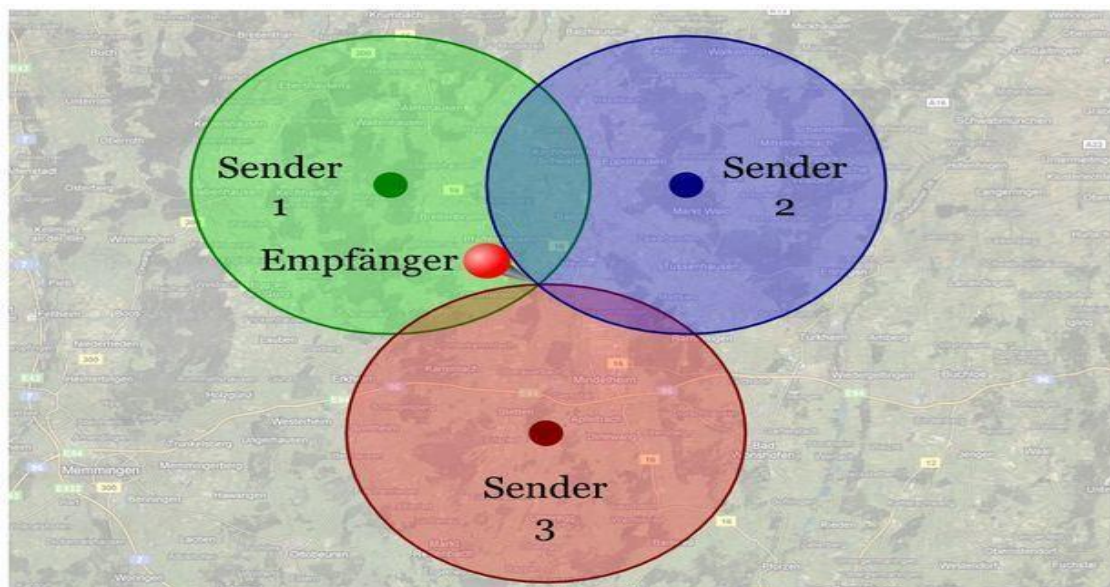
$$\frac{(5,6 \cdot 10^{-7} \text{ с} \cdot 3,0 \cdot 10^8 \text{ м / с})}{2} = 85 \text{ м}$$

Мәндерді жоғарғы формулаға енгізу арқылы сіз шамамен 85 метр қашықтықты аласыз.

Мәселелер мен дәлдік. 30mhz кристалын пайдалану өте дәл уақыт базасын құруға мүмкіндік бермейді. Уақыт базасының жиілігін арттыру дәлдікті жақсартады: жиілік неғұрлым жоғары болса, соғұрлым дәлірек болады. Нарықта 100 МГц-ке дейінгі бірнеше кристалдар бар (5-ші гармоника), нақты шегі-53 МГц жиіліктегі 74hc4510 есептегіштерінің максималды сағаттық кірісі. Farnell 1200 МГц-ке дейінгі есептегіштерді ұсынады, бірақ олар қымбат, тек компаниялар үшін қол жетімді. Тағы бір мәселе, Бос жиілік диапазондарын (Еуропада 434 және 868 МГц) рация сияқты кез келген басқа жабдық пайдалана алады. Бұл құрылғы жұмыс істемейді дегенді білдіреді, өйткені қабылдағыштар ауада басқа сигнал алады.

Сол жақтағы суретте құрылғы өлшеген қашықтық көрсетілген. Нақты қашықтық жерге түсірілді. Қателіктердің алдын алу үшін бірнеше өлшеулер жүргізілді. Біріншісі көк сызықпен, екіншісі қызыл, ал нақты сызығы қызғылт сары түспен бейнеленген:

- 5x 74HC4510;
- 5x 74HC4543;
- 3x 74HC4040;
- 1x 4093;
- 2x 40106;
- 2x 78L05;
- 1x BD175;
- 1x BC556;
- 32x 1N4148.



3.4 - сурет – Трилатерация

Сіз осындай блокты салдыңыз делік, сіз өзіңізден қашықтықты өлшеу өте скучно ма деп сұрай аласыз. Жақсы жаңалық: егер сіз олардың үшеуін құрастырған болсаңыз, оларды трилатерация үшін пайдалана аласыз.

Радиотолқындар сфералық түрде таралатындықтан, берілген 3 қашықтықта нүктені нақты анықтауға болады:

Шеңбер-бұл нүктеге дейінгі бірдей қашықтықтағы барлық нүктелердің жиынтығы (шексіз). Екі сфераның қиылысы-шеңбер. Үш сфераның қиылысы-бір нүкте.

Мұны автомобиль сияқты нысанды бақылау үшін пайдалануға болады (GPS бірдей принципті қолданады).

Қашықтықты өлшеудің бұл жаңа әдісі дәстүрлі лазерлік әдістерге тамаша балама болып табылады. Бірақ ең үлкен артықшылығы-сіз бүкіл ғимараттар арқылы өлшей аласыз. Оны жасау тәсілі де қарапайым, бұл жобаны электроника туралы аз біліммен алға жылжыту оңай. Сіз оны өлшеу техникасы туралы білімсіз пайдалана аласыз.

Оны пайдалану оңай, салу оңай, арзан және қашықтықты өлшеудің жаңа әдісі.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыста шағын және ультра қысқа қашықтықтағы радио қашықтық өлшегіштерін жобалау және әзірлеу үшін ғылыми-әдістемелік негіздер жасалды. Дипломдық жұмыстың негізгі ғылыми ережелері келесідей:

Дипломдық жобада лазерлік дальномерді жобалау, есептеу, талдау қарастырылып, аспаптың кішігірім моделі жасалған болатын. Нақтырақ айтқанда, жұмыс барысында келесі міндеттерді шешуді қолға алынды:

лазерлік дальномер толықтай талданды;

- дальномердің бір түріне есептеу жүргізілді;
- лазерлік дальномер жиналды;
- өзіндік программасы жазылды;

## ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Комаров И.В., Смольский С.М. От систем вооружения к прецизионным измерителям малых перемещений (из опыта научных исследований кафедры Радиоприемных устройств МЭИ) // «Современная радиоэлектроника в ретроспективе идей В.А. Котельникова»: Доклад на междунар. Конфер. - М, МЭИ, 2003. - С.90-92.
2. Patent 2,011,392, USA. Airplane Altitude Indicating System / Bentley, J. O., issued August 13, 1935, application August 10, 1928.
3. Рытов С.М. Частотная модуляция.// ЖТФ. - 1933. - Т. 3, № 8.
4. Виницкий А.С. Очерк основ радиолокации при непрерывном излучении радиоволн. - М.: Советское радио, 1961. - 495 с.
5. Рытов С.М. Модулированные колебания и волны. // Труды ФИАН. - 1940. - Т. II, №1.
6. Гоноровский И.С. Частотная модуляция и её применение. - М.: Связьиздат, 1948.
7. Радиолокационная техника (пер. с англ.), ч I и II.- М.: Советское радио. 1949.
8. Luck D.G. Frequency Modulated Radar. - McGraw-Hill, N.Y. - 1949.
9. Харкевич А.А. Спектры и анализ, 4 изд. - М.: Физматгиз, 1962. - 235
10. с.
11. Богомолов А.Ф. Основы радиолокации.- М.: Советское радио, 1954.
12. 302 с.
13. Кальмус Г., Качерис Дж., Дропкин Г. Частотно-модулированный альтиметр с недискретным отсчётом // Вопросы радиолокационной техники. - 1954. - № 3.
14. Мухаммед Абд Аль-Вахаб Исмаил. Радиолокационный высотомер с двойной частотной модуляцией. - М.: Изд-во иностранной литературы, 1957. - 135 с.
15. Сайбель А.Г. К теории частотных радиовысотомеров.- Труды МАИ. Оборон- гиз, 1957.
16. Астафьев Г.П., Шебшаевич В.С., Юрков Ю.А. Радионавигационные устройства и системы. - М.: Советское радио, 1958.
17. Сайбель А.Г. Основы радиодальнометрии. - М.: Оборонгиз, 1960. -
18. 114 с.
19. Астафьев Г.П., Шебшаевич В.С., Юрков Ю.А. Радиотехнические
20. средства навигации летательных аппаратов. - М.: Сов. Радио, 1962.- 964
- с.
21. Сколник М. Введение в технику радиолокационных систем. - М.: Мир. 1965. - 747 с.
22. Радиоуправление реактивными снарядами и космическими аппаратами / Гут- кин Л.С., Борисов Ю.П., Валуев А.А., Зиновьев А.Л., Лебедев В.Л., Первачёв С.В., Полищук Е.П., Пономарёв Д.А.; под общей ред. Л.С. Гуткина. - М.: Сов. радио, 1968.
23. Коган И.М. Ближняя радиолокация. (Теоретические основы). - М.:

Сов.радио, 1973.-272 с.

24. Пат. 381745 Швеция. МКИ G01S 9/24. Satt och anordning for avstandsmatning med frekvens-modulerade kontinuerliga mikrovagor / К.О. Edvardson - № 73156499; заявлено 20.11.73. Оpubл. 15.12.75.

25. Schilz W., Jacobson R., Schiek B. Mikrowellen Entfernungsmesssystem mit  $\pm 2,5$  mm Genauigkeit // Mikrowellen Magazin. - 1976. - № 2. S. 102 -107.

26. Patent 4044355 USA. Int. Cl. GO IS 9/24. Measurement of contents of tanks etc. with microwave radiations / К.О. Edvardsson. Filed - Feb. 13, 1976. Date of Patent -Aug. 23,1977.

27. Edvardson К.О. An FMCW radar for accurate level measurements // 9-th Eur. Microwave conf. Brighton. 17-19 sept. - 1979. - P. 712-715.

28. Imada H., Kawata Y. New Measuring Method for a Microwave Range Meter // Kobe Steel Eng. Repts. - 1980. - Vol. 30. № 4. - P. 79-82

29. Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов. - М.: Энергоатомиздат. 1989.

30. 208 с.

31. Королёв А.Н. Работы ГНПП "Исток" в области ближней радиолокации // Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника. - 1998. - Вып.

32. 1(471). - С.3-14.

33. Johannegeorg O. Radar application in level measurement, distance measurement and nondestructive material testing // 27-th European microwave conference. September 8-12, 1997. - P.1 113-1121.

34. Brumbi D. Measuring Process and storage tank level with radar technology // Record of the IEEE 1995 Int. Radar Conference. Alexandria, Virginia, USA. Record of the IEEE.- 1995.-P. 256-260.

35. Марфин В.П., Кузнецов В.И., Розенфельд Ф.З. СВЧ уровнемер // Приборы и системы управления. 1979. № У.с. 28-29.

36. Кагаленко Б.В., Марфин В.П., Мещеряков В.П. Частотный дальномер повышенной точности // Измерительная техника. - 1981. - № 11. С. 68

37. А.с. 1123387 СССР, МКИ G01S 13/34. Радиодальномер / Б.В. Кагаленко, В.П. Мещеряков. Оpubл. 07.10.84. Бюл. №41.

38. Заявка 30-1591 Япония, МКИ G01S 13/34. Способ измерения дальности при помощи частотно-модулированного сигнала и радиолокационная станция с частотной модуляцией / Изобретения стран мира. 1985. № 15. С.29.

39. Заявка 60-1592 Япония, МКИ G01S 13/34 Способ измерения дальности при помощи радиолокационной станции с двойной частотной модуляцией / Изобретения стран мира. 1985. № 15. С.29.

40. А.с. 1141354 СССР, МКИ G01S 13/08. Частотно-модулированный радиодальномер / Б.В. Кагаленко, В.П. Мещеряков. Заявл. 03.05.83. Оpubл. 41. 23.02.85. Бюл. № 7.

42. Марфин В.П., Кияшев А.И., Розенфельд Ф.З., Израильсон В.М., Атаянц Б.А., Кагаленко Б.В., Мещеряков В.П. Радиоволновый бесконтактный уровнемер повышенной точности. // Измерительная техника. - 1986. - № 6. С. 46- 48.

43. Мещеряков В.П. Влияние нелинейности модуляционной характеристики передатчика и фильтрующих цепей смесителя на погрешность



- частотно- модулированного дальномера с дополнительной медленной модуляцией // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОВР. - 1986. - Вып. 14. С. 14-26.
44. А.с. 1230423 СССР, МКИ G01S 13/34, 13/08. Радиодальномер с частотной модуляцией / Б.В. Кагаленко, В.П. Мещеряков. Заявл. 13.07.84. Оpubл. 45. 7.05.86. Бюл. №17.
46. Patent 4737791 USA. Int. Cl. GO IS 13.08. Radar Tank Gauge / B.R. Jean,
47. R.W. Newton, A.J. Blanchard, B.V. Clark, G.L. Warren. Filed - Feb. 19, 1986. Date of Patent-Apr. 12, 1988.
48. А.с. 1642250 СССР, МКИ G01F 23/28. Бесконтактный радиоволновой способ измерения уровня поверхности сред / Б.В. Лункин, Д.В. Хаблов, А.И. Канарев. № 4678472/10; Заявл. 14.04.89; Оpubл. 15.04.91. Бюл. № 14.
49. А.с. 1700379 СССР, МКИ G01F 23/28. Бесконтактный радиоволновый способ измерения уровня и устройство для его осуществления / Д.В. Хаблов. №4773382/10, 4773381/10; Заявл. 24.12.89; Оpubл. 23.12.91. Бюл. № 47.
50. Комаров В.М., Плохих А.П., Андреева Т.М. Радиолокационные измерители высоты и наклонной дальности с непрерывным частотно-модулированным излучением. // Зарубежная радиоэлектроника. - 1991. - № 12. С. 52 - 70.
51. Patent 5070730 USA, Int. Cl. G01F 23/28. Device for level gauging with microwave / K.O. Edvardsson. № 613574; Filed - Mar. 27, 1990; Date of patent - Dec.10, 1991.
52. Patent 5136299 USA, Int. Cl. G01S 13/08. Device of radar level gauge /
53. K.O. Edvardsson. № 687914; Filed - Jan. 11,1990; Date of patent - Aug. 4, 1992.
54. Woods G.S., Maskell D.L., Mahoney M.V. A high accuracy microwave ranging system for industrial applications // IEEE Transactions on instrumentation and measurement. August 1993. - Vol. 42. № 4.

## ҚОСЫМША А

Arduino - бұл физикалық әлемдегі объектілерді қабылдай алатын және басқара алатын Сандық құрылғылар мен интерактивті объектілерді құру үшін бір тақталы микроконтроллерлер мен микроконтроллерлер жиынтығын әзірлейтін және шығаратын ашық бастапқы компания, компьютерлік жабдық және бағдарламалық жасақтама, жоба және пайдаланушылар қауымдастығы. Жобаның өнімдері GNU General Public License (LGPL) немесе GNU General Public License (GPL), [1] сәйкес лицензияланған, Arduino тақталарын өндіруге және кез-келген адамның Arduino бағдарламалық жасақтамасын таратуына мүмкіндік беретін ашық бастапқы аппараттық және бағдарламалық жасақтама ретінде таратылады, Arduino тақталары алдын-ала жиналған түрінде сатылымда қол жетімді немесе өзін-өзі құрастыруға арналған жиынтықтар түрінде.

Arduino тақталарында әртүрлі Микропроцессорлар мен контроллерлер қолданылады. Тақталар сандық және аналогтық кіріс / шығыс (I / O) жиынтығымен жабдықталған, оларды әр түрлі кеңейту тақталарына (экрандарға) және басқа схемаларға қосуға болады. Тақтаның кейбір модельдері сериялық байланыс интерфейстерін пайдаланады, соның ішінде Universal Serial Bus (USB), олар жеке компьютерлерден бағдарламаларды жүктеу үшін де қолданылады.

Arduino жобасы 2003 жылы Ivrea өзара әрекеттесуді жобалау институтында студенттерге арналған бағдарлама ретінде басталды Ивреа, Италия [2], жаңадан бастаушылар мен кәсіпқойлар үшін сенсорлар мен жетектерді қолдана отырып, қоршаған ортамен өзара әрекеттесетін құрылғылар жасаудың арзан және жеңіл әдісін қамтамасыз ету. Жаңадан бастаушыларға арналған мұндай құрылғылардың жалпы мысалдары қарапайым Роботтар, термостаттар және қозғалыс детекторлары болып табылады.



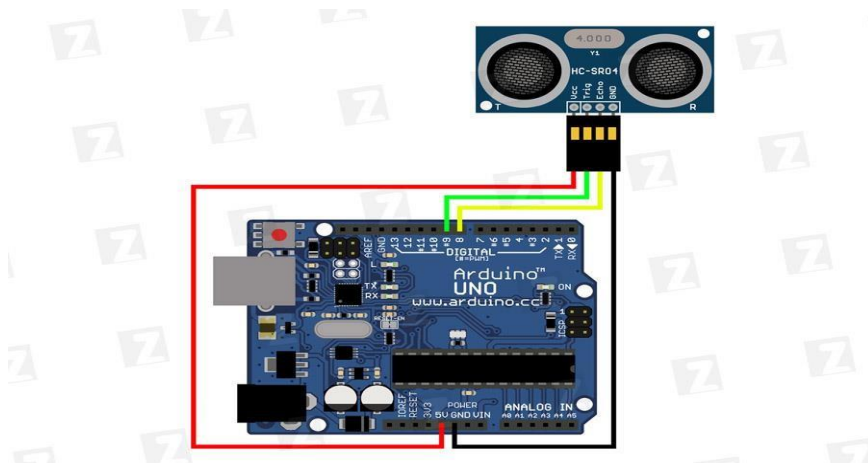
А.1 - сурет - Arduino Uno тақтасы



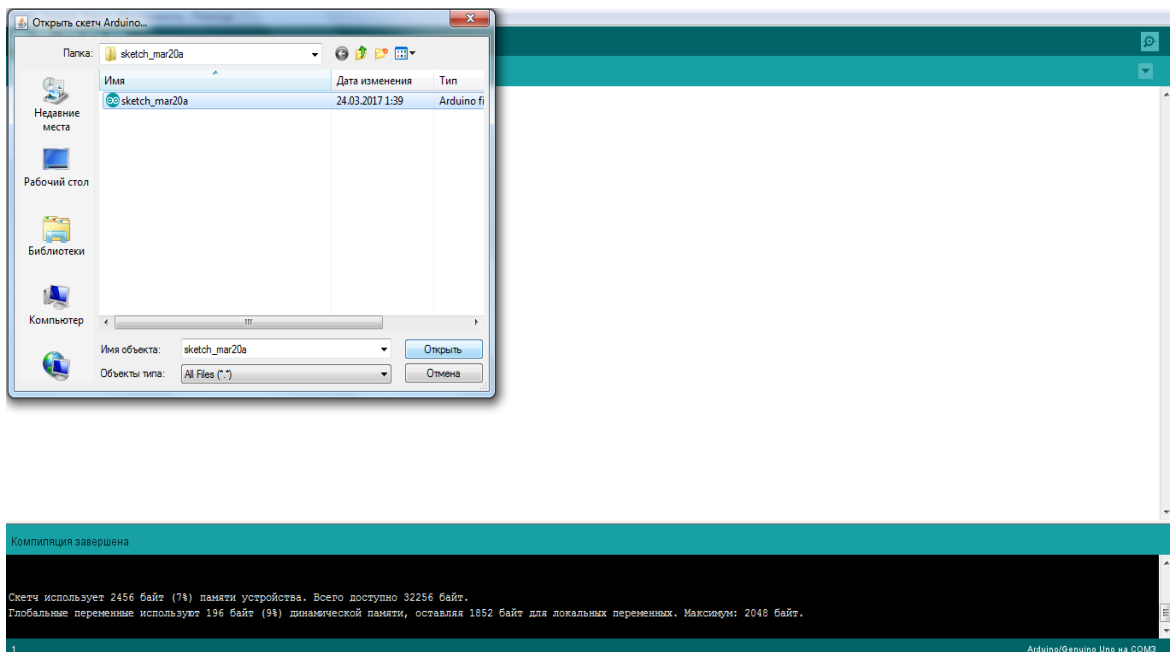
А.2 - сурет – Ультрадыбысты дальномер HC-SR04

Егер сіз ультрадыбыстық өлшеу модулін қолдансаңыз, HC-SR04-бұл жақсы таңдау. Оның тұрақты өнімділігі мен жоғары өлшеу дәлдігі оны электроника нарығында танымал модульге айналдырады. IR қадамын өлшеу модулімен салыстырғанда HC-SR04 оған қарағанда арзанырақ. Бірақ оның диапазонды өлшеу дәлдігі мен диапазоны бірдей:

- HC-SR04 ультрадыбыстық қашықтық өлшегішінің ерекшеліктері
- пайдалану оңай және 4 істікшелі байланыс;
- өлшеу диапазоны: 2 см-ден 400 см-ге дейін;
- өлшеу дәлдігі:  $\pm 1$  см (максималды диапазонда  $\pm 3$  см);
- өлшеу бұрышы:  $15^\circ$ ;
- 40 кГц жиіліктегі ультрадыбыстық жұмыс ауқымы;
- жұмыс кернеуі 4,8 В-тан 5,5 в-қа дейін ( $=0.2$  в макс);
- жұмыс температурасының диапазоны:  $0^\circ \text{C}$  - тан  $60^\circ \text{C}$ -қа дейін ( $\pm 10\%$ );



А.3 - сурет – Қосылу сұлбасы Arduino Uno и HS-SR04



А.4 - сурет – Arduino бағдарламасы

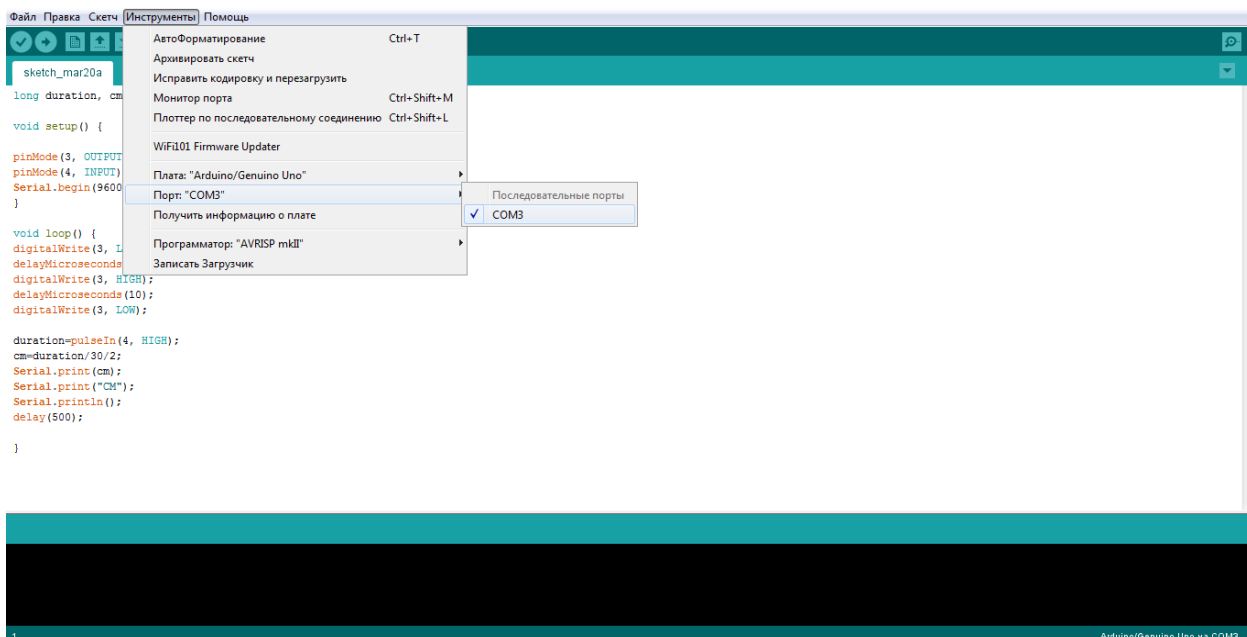
Микроконтроллерлер әдетте С және С ПРОГРАММ бағдарламалау тілдеріндегі функциялар диалектісін қолдану арқылы бағдарламаланады. Дәстүрлі компиляторлық құралдарды қолданумен қатар, Arduino жобасы жобаға негізделген интеграцияланған даму ортасын (IDE) ұсынады өңдеу тілі.

```

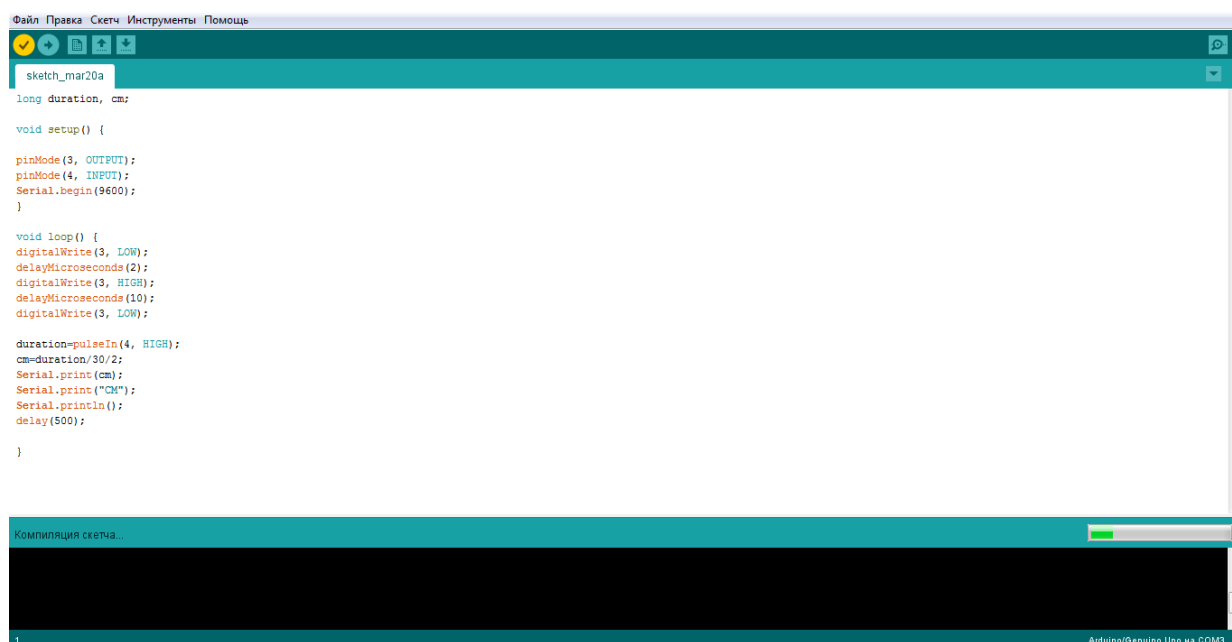
long duration, cm; void setup() {
  pinMode(3, OUTPUT); pinMode(4, INPUT); Serial.begin(9600);
}
void loop() { digitalWrite(3, LOW); delayMicroseconds(2); digitalWrite(3,
HIGH); delayMicroseconds(10); digitalWrite(3, LOW);

  duration=pulseIn(4, HIGH); cm=duration/30/2; Serial.print(cm);
Serial.print("CM"); Serial.println();
  delay(500);
}

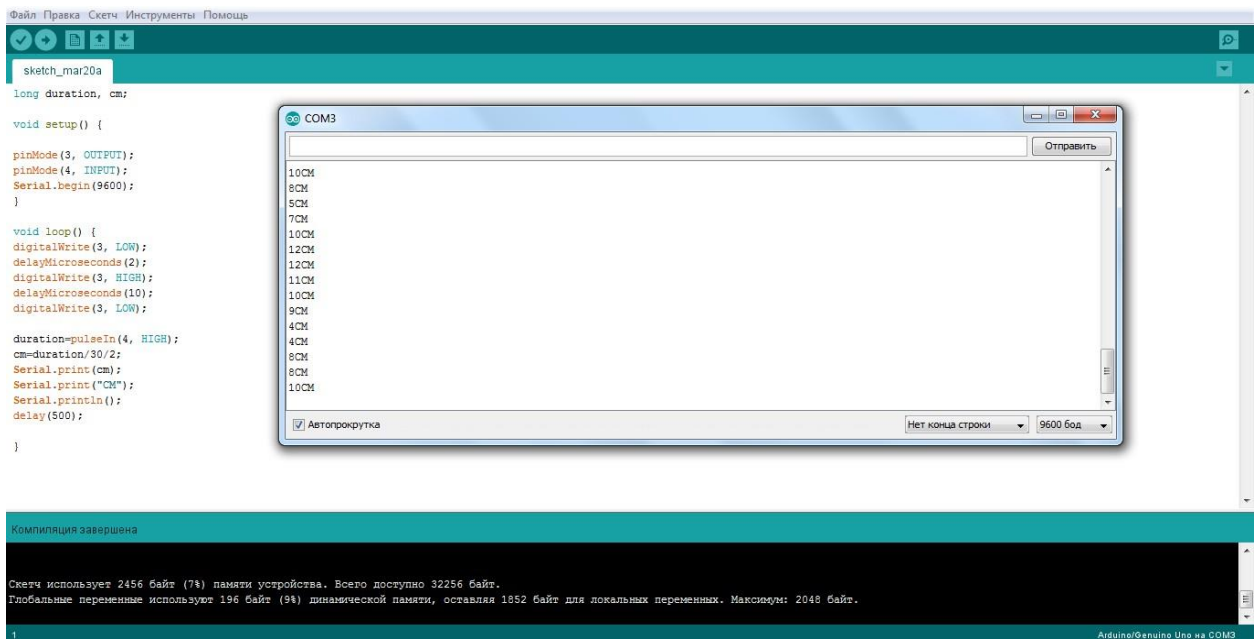
```



А.5 - сурет – Arduino кодтау



А.6 - сурет – Код шығарылымы



А.7 - сурет – Дальномер өлшем Arduino

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Бахыт Әлішер Куанышұлы

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering оқу бағдарламасы

Тақырыбы: «Лазерлік дальномерді жобалау»

Бұл дипломдық жұмыста Лазерлік дальномерді жобалау, пайдаланудың негізгі талаптары, және лазерлік дальномер негізгі көрсеткіштері және болашақ ықтимал болатын архитектуралары келтірілген.

Бұл дипломдық жұмыста «Лазерлік дальномерді жобалау» тақырыбы қарастырылды. Салыстырмалы талдау жүргізілді, сонымен қатар көптеген датчиктердің сипаттамалары ұсынылды. Сондай-ақ, дальномердің жұмыс істеу қабілетін едәуір арттыруға болатын нұсқалар ұсынылды.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, сейсмикалық датчиктер, талшықты-оптикалық жүйелердің маңызды компоненттері, заманауи аспаптарды көрсету өте орынды.

Жалпы, дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (90 %) деген баға қойылып, ал студент Бахыт Әлішер Куанышұлы 6B07112 – Electronic and Electrical Engineering оқу бағдарламасы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

**Ғылыми жетекші**

ЭТ және FT каф.

аға оқытушысы,

PhD докторы

Досбаев Ж.М.

(қолы)

«25» мамыр 2024 ж.



РЕЦЕНЗИЯ  
Дипломдық жұмыс

Бахыт Әлішер Куанышұлы

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы

Тақырыбына: «Лазерлік дальномерді жобалау»

- а) графикалық бөлім парақ;  
б) түсініктеме бет.

**ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ**

Берілген бітіру жұмысында лазерлік дальномерді жобалау туралы ақпарат жиналған. Негізгі өлшемдер жүргізіп, параметрлері есептелген. Дальномер әзірленіп, ара қашықтық есептелген. Жобаны сұлба бойынша құрастырылған.

Ұзақтықты есептеуде радиодальномерді қолдануды жақсарту мәселелері қарастырылады. Жұмыста жалпы технология жайында мағлұмат қарастырылған және олардан пайдаланудың бірнеше әдісі айтылған.

Ардуино Uno-ға талдау жасалып, осы өлшемдерде олардың тиімділігі мен дәлдігін анықталды. Сонымен қатар оларды одан әрі пайдалану және жетілдіру бойынша практикалық ұсыныстар беру.

Дипломдық жұмыста есептеулер, базалық құрылымы сызбасында студент өз тарапынан қандай жақсартулар енгізуі мүмкіндігін көрсете алмаған. Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Бұл дипломдық жоба жоғары оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – дальномер құруды талдау және салыстыру технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

**ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ**

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Бахыт Әлішер Куанышұлы 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасының «техника және технологиялар бакалавры» дәрежесіне сай деп санаймын.

Рецензия

«ARNAU ENERGY» ЖШС директоры

Баймұхамед

«24» 2024 ж.



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

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

**Автор: Бахыт Әлішер Куанышұлы**

**Тақырыбы: Лазерлік дальномерді жобалау**

**Жетекшісі: Сұнғат Марксұлы**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 2.9**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.5**

**Дәйексөз (35): 1.1**

**Әріптерді ауыстыру: 3**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 0**

**Ақ белгілер: 0**

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

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


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

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

**Негіздеме:**

Күні

Кафедра меңгерушісі

  
24.05.2024

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Бахыт Әлішер Куанышұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Лазерлік дальномерді жобалау

**Научный руководитель:** Сұңғат Марқсұлы

**Коэффициент Подобия 1:** 2.9

**Коэффициент Подобия 2:** 0.5

**Микропробелы:** 0

**Знаки из здругих алфавитов:** 3

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

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

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

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

Обоснование:

Дата

Заведующий кафедрой



27.05.2024

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бахыт Әлішер Куанышұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Лазерлік дальномерді жобалау

Научный руководитель: Сұңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 2.9

Коэффициент Подобия 2: 0.5

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 3

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

Дата  
27.05.24

  
проверяющий эксперт

27.05.2024