

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсового проекту з дисципліни

**РАДІОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ**

**Одеса – 2016**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсового проекту з дисципліни

**РАДІОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ**

Затверджено  
методичною комісією факультету  
комп'ютерних наук  
протокол № 5 від 17.03.2016 р.

Одеса – 2016

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Радіометеорологічний моніторинг” для студентів 4 курсу денної форми навчання за напрямом „6.040105 Гідрометеорологія (пакет ГМ-9)”. / Вельміскін Д.І., Гор’єв С.А. – Одеса, ОДЕКУ, 2016 р. – 64 с.

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Радіометеорологічний моніторинг ” для студентів 4 курсу денної форми навчання за напрямом „6.040105 Гідрометеорологія (пакет ГМ-9)”. / Вельміскін Д.І., Гор’єв С.А. – Одеса, ОДЕКУ, 2016 р. – 64 с.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016 Одеса, вул. Львівська, 15

---

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП .....	4
1 ТЕМИ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ .....	5
2 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ .....	7
2.1 Титульний аркуш .....	7
2.2 Зміст .....	7
2.3 Перелік скорочень, умовних позначень і термінів .....	8
2.4 Вступ .....	8
2.5 Суть проекту.....	9
2.6 Висновки .....	9
2.7 Перелік посилань .....	9
2.8 Додатки .....	10
3 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ .....	11
3.1 Загальні вимоги до оформлення тексту .....	11
3.2 Нумерація структурних елементів .....	12
3.3 Оформлення та нумерація ілюстрацій .....	12
3.4 Оформлення та нумерація таблиць .....	14
3.5 Оформлення та нумерація переліків .....	16
3.6 Оформлення формул та рівнянь .....	16
3.7 Оформлення переліку посилань .....	18
3.8 Оформлення додатків .....	18
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	20
Додаток А .....	22
Додаток Б .....	23
Додаток В .....	28

## ВСТУП

Методичні вказівки встановлюють порядок виконання і оформлення курсового проекту з дисципліни «Радіометеорологічний моніторинг».

Вказаний документ відповідає вимогам: ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення», РСТУ 1743-82 «Скорочення українських слів та словосполучень в бібліографічному описі». Крім того, для проекту, що носить в собі конструкторські розробки, враховуються вимоги ДОСТ 2.105-95 «Требования к текстовым документам», що затверджений як міжнародний стандарт.

Курсовий проект з дисципліни «Радіометеорологічний моніторинг» оцінюється максимум у 15 балів, відмічається в інтегральній відомості окремим змістовним модулем у практичній частині навчальної дисципліни у балах і відсотках, і входить до загальної оцінки з дисципліни.

Підсумкова оцінка виконання модуля з курсового проекту складається з двох частин:

- оцінки виконання етапів курсового проекту на протязі семестру згідно завдання, виданого викладачем та дотриманням ДСТУ;
- оцінки захисту курсового проектування.

На кожну частину відводиться відповідна кількість балів модуля з таким розрахунком, щоб перша частина становила 60%, а друга – 40%.

## 1 ТЕМИ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ

Студент має право вибрати будь-яку тему для виконання курсового проекту або запропонувати свою.

### **1. Розробка та дослідження електронної моделі автоматичного пристрою вимірювання вологості повітря.**

Розробити електронну модель і визначити можливість її реалізації.

Перелік посилань: [1-6].

### **2. Розробка та дослідження електронної моделі автоматичного дистанційного пристрою вимірювання температури.**

Провести аналіз існуючих пристроїв вимірювання температури та розробити структуру моделі автоматичного дистанційного пристрою вимірювання температури.

Перелік посилань: [1-6].

### **3. Вибір і розрахунок фазового детектора.**

Вихідні дані:

-  $\lambda = 3,2$  см;

- амплітуда опорного сигналу 10 В;

- амплітуда вхідного сигналу  В.

Перелік посилань: [9-10].

### **4. Вибір і розрахунок частотного детектора.**

Вихідні дані:

-  $\lambda = 10$  см;

- амплітуда вхідного сигналу 1 В;

- закон частотної модуляції – лінійний;

- діапазон зміни частоти – 100 кГц;

- детектор збору на електродній лампі – катод, а амплітудний детектор на напівпровідниковому діоді.

Перелік посилань: [9-10].

### **5. Розробка та дослідження електронної моделі автоматичного дистанційного пристрою вимірювання швидкості вітру.**

Провести аналіз існуючих пристроїв вимірювання швидкості вітру та розробити структуру моделі автоматичного дистанційного пристрою вимірювання швидкості вітру.

Перелік посилань: [1-6].

**6. Розробка та дослідження електронної моделі автоматичного дистанційного пристрою вимірювання напрямку вітру.**

Провести аналіз існуючих пристроїв вимірювання напрямку вітру та розробити структуру моделі автоматичного дистанційного пристрою вимірювання напрямку вітру.

Перелік посилань: [1-6].

**7. Вибір та дослідження приймаючого пристрою сучасного радіозонда.**

Провести аналіз радіоприйомного пристрою (РПрУ) сучасних радіозондів і вибрати оптимальний за критерієм вартість-ефективність.

Перелік посилань: [1-6].

**8. Можливості супутникових технологій для аналізу.**

Провести аналіз методів супутникових технологій для одержання метеоінформації.

Перелік посилань: [7-8].

**9. Використання методів супутникового моніторингу для оцінки антропогенної дії на середовище.**

Провести аналіз методів супутникового моніторингу для оцінки антропогенної дії на середовище.

Перелік посилань: [7-8].

**10. Супутниковий моніторинг стану рослинності.**

Визначити характеристики стану рослинності та способи їх визначення за допомогою супутникового моніторингу.

Перелік посилань: [7-8].



## 2 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

- 2.1 Титульний аркуш
- 2.2 Зміст
- 2.3 Перелік скорочень, умовних позначень і термінів
- 2.4 Вступ
- 2.5 Суть проекту
- 2.6 Висновки
- 2.7 Перелік посилань
- 2.8 Додатки

Пункти 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 є обов'язковими, а 2.3, 2.8 – використовуються за необхідністю.

### 2.1 Титульний аркуш

Титульний аркуш містить у собі в верхній частині назву міністерства, під ним – назву університету.

У правій частині аркуша розміщують назву факультету та кафедри.

В центрі аркуша розміщують назву виду роботи (Курсовий проект).

Під назвою виду роботи розміщують назву проекту.

У правій нижній частині розміщують атрибути виконавця – його групу, прізвище, ім'я, по-батькові, а також посаду та науковий ступінь, прізвища та ініціали керівника проекту.

Посередині нижньої частини аркуша вказують місце та рік виконання.

Бланк титульного аркуша наводиться у Додатку А.

### 2.2 Зміст

Зміст розташовують безпосередньо після титульного аркуша, починаючи з нової сторінки.

До змісту включають: перелік скорочень, умовних позначень і термінів; вступ; послідовно перелічені назви всіх розділів та підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони є) суті проекту; висновки; перелік посилань; додатки.

### 2.3 Перелік скорочень, умовних позначень і термінів

Перелік скорочень, умовних позначень, і термінів розміщують безпосередньо після змісту, починаючи з нової сторінки. Всі прийняті у КП мало поширені скорочення, умовні позначення і терміни пояснюють у переліку. Перелік повинен розташовуватись стовпцем. Ліворуч в алфавітному порядку наводять скорочення, умовні позначення і терміни, праворуч – їх детальну розшифровку, наприклад:

#### Скорочення

БСВВ – базова система вводу-виводу

ЛОМ – локальна обчислювальна мережа

ВАХ – вольт-амперна характеристика

ARST – асинхронний RS-тригер

BIOS – Base Input-Output System

MBR – master boot record (головний завантажувальний запис)

#### Умовні позначення

МБ – мегабайт ( $2^{20}$  байтів)

Мб – мегабіт ( $2^{20}$  бітів)

$f$  – частота коливань

$\varepsilon$  – відносна похибка

#### Терміни

десигнат – те, що позначено деяким знаком

термінальний символ – символ мови, який не підлягає подальшому роз'ясненню.

Незалежно від наявності позначень у переліку з першою появою цих елементів у тексті КП наводять їх тлумачення (розшифровку).

### 2.4 Вступ

Вступ розміщують з нової сторінки безпосередньо після переліку скорочень, умовних позначень і термінів, якщо такий є.

У вступі коротко викладають:

- оцінку сучасного стану проблеми, відмічаючи практично розв'язані задачі, прогалини знань, що існують у даній галузі, провідні фірми та провідних вчених і фахівців даної галузі;
- світові тенденції розв'язання поставлених задач;
- актуальність даного проекту та підставу для його виконання;
- мету роботи та галузь застосування.

## 2.5 Суть проекту

Суть КП, тобто його основна частина – це викладення відомостей про об'єкт дослідження або розроблення, котрі необхідні для розкриття сутності даної роботи (опис теорії, методів роботи, характеристик і/або властивостей створення об'єкту; принципів дії об'єкта та основних принципових рішень, що дають уявлення про його пристрій; метрологічного забезпечення та ін.) та її результатів.

Викладаючи суть КП, особливу увагу приділяють новизні роботи, а також питанням сумісності, взаємозамінності, надійності, безпеки, екології, ресурсній оощадності.

Суть КК викладають, поділяючи матеріал на розділи, підрозділи, пункти та підпункти. Кожен пункт повинен містити закінчену інформацію.

У роботі треба використовувати одиниці міжнародної системи СІ.

В основну частину КП не повинні включатися матеріали, що не мають відношення до вирішення поставленої задачі, наприклад текстуальні положення з підручників та інших видань, об'ємні аналітичні матеріали, опис принципів дії існуючої апаратури та інші.

Суворо забороняється безпосередня компіляція з зовнішніх джерел без посилання на них. Відповідальність за компіляцію та достовірність відомостей, які містить КП, несе її виконавець.

## 2.6 Висновки

Висновки розміщують безпосередньо після викладення суті КП, починаючи з нової сторінки.

У висновках наводять:

- оцінку одержаних результатів роботи (негативних також), які підсумовують попередні висновки з розділів;
- вказують можливі галузі використання результатів роботи;
- відзначають господарську, наукову, соціальну значимість роботи.

Висновки можуть надаватися у вигляді нумерованого списку.

## 2.7 Перелік посилань

Перелік посилань наводять у кінці КП, починаючи з нової сторінки. У відповідних місцях тексту обов'язково мають бути посилання на джерела інформації, тобто їх порядковий номер у квадратних дужках, наприклад, [5].

Бібліографічні описи в переліку посилань подають у порядку, за яким вони вперше згадуються в тексті. Порядкові номери джерел у

переліку повинні відповідати номерам посилань в тексті. Приклади форматів описів посилань у переліку наведені у Додатку Б.

## 2.8 Додатки

Додатки до КП додаються у разі, якщо є необхідність навести повні докази або подробиці дослідження (проектування).

У додатках вміщують матеріал, який:

- є необхідним для повноти КП, але включення його до основної частини КР може змінити впорядковане і логічне уявлення про роботу;
- не може бути послідовно розміщений в основній частині КП через великий обсяг або способи відтворення;
- може бути вилучений для широкого кола читачів, але є необхідним для фахівців даної галузі.

У додатки можуть бути включені:

- додаткові ілюстрації або таблиці;
- матеріали, які через великий обсяг, специфіку викладення або форму подання не можуть бути внесені до основної частини (оригінали фотографій, мікрофіші; проміжні математичні докази, формули, розрахунки; протоколи випробувань; висновок метрологічної експертизи; копія технічного завдання, програми робіт, договору чи іншого документа, що змінює технічного завдання; інструкції, методики, опис комп'ютерних програм, розроблених в процесі виконання роботи та ін.);
- додатковий перелік джерел, на які не було посилань у проекті, але які можуть викликати інтерес;
- опис нової апаратури і приладів, які використовувалися під час проведення експерименту, вимірювань та випробувань.

## **3 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

### 3.1 Загальні вимоги до оформлення тексту

Залежно від особливостей і змісту курсовий проект (КП) складають у вигляді тексту, ілюстрацій, таблиць або їх сполучень.

Проект виконується на аркушах формату А4 (210×297 мм). Заповнення аркушів виконується чорним кольором на одній сторінці білого паперу. Сторінка повинна мати 35...40 рядків тексту шрифтом типу *Times New Roman* розміру 14 pt. Для забезпечення вимоги про кількість рядків на сторінці рекомендується встановлювати міжрядковий інтервал таким, що дорівнює 1,5.

Проект можна виконувати від руки чорними чорнилами дотримуючись всіх правил .

Обсяг основного тексту курсового проекту повинен становити не менше 25 сторінок.

Текст проекту друкувати, дотримуючись таких розмірів країв: верхній і нижній – 20 мм, лівий – 30 мм, правий – 15 мм.

Текст обов'язково повинен вирівнюватися по ширині з абзацним відступом однаковим для всього тексту і таким, що дорівнює 1,25 см.

Помилки, описки і графічні неточності виправляються зафарбовуванням коректором і нанесенням на те саме місце (або між рядками) виправленого тексту чорного кольору комп'ютерним способом чи від руки. На сторінці повинно бути не більш двох виправлень.

Заголовки структурних елементів „ЗМІСТ”, „ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ”, „ВСТУП”, „ВИСНОВКИ”, „ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ”, „ДОДАТОК” не нумерують, друкують великими літерами без крапки наприкінці, та розташовують в середині рядку нової сторінки.

Розділи, підрозділи і пункти повинні мати заголовки. Заголовки розділів слід розташовувати в середині рядку з нової сторінки, друкувати великими літерами без крапки наприкінці. Заголовки підрозділів і пунктів слід починати з абзацного відступу і друкувати без крапки наприкінці рядковими буквами, крім першої великої.

Якщо заголовок складається з двох чи більше речень, їх розділяють крапкою. Переноси слів у заголовках і на титульному аркуші неприпустимі.

Відстань між заголовком розділа та наступним чи попереднім текстом повинна дорівнювати два рядки. Відстань між заголовком підрозділа та наступним чи попереднім текстом повинна дорівнювати один рядок.

Не допускається розміщення назви розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

### 3.2 Нумерація структурних елементів

Уся нумерація в КП – сторінок, структурних елементів (розділ, підрозділ, тощо) основної частини, таблиць, рисунків, формул – здійснюється арабськими цифрами за такими правилами.

При нумерації сторінок титульний аркуш є першим аркушем КП. Враховуються усі сторінки, починаючи з титульної, але проставляється нумерація на сторінках, починаючи зі змісту. Сторінки КП необхідно нумерувати, дотримуючись наскрізної нумерації для всього тексту. Номер сторінки проставляють у правому куті верхнього колонтитулу.

Розділи, підрозділи та пункти КП повинні мати порядкову нумерацію в межах тексту та позначатись цифрами без крапки наприкінці. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера підрозділу, розділених крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять, наприклад: 1.1, 1.2, тощо. Аналогічно нумеруються пункти (1.1.1, 1.1.2, тощо) у межах розділу. Назва розділу, підрозділу та пункту друкується через один інтервал після його номеру.

На відміну від нумерації основних розділів, додатки нумеруються великими (прописними) літерами української абетки, які розташовуються після слова „ДОДАТОК” (наприклад Додаток А).

### 3.3 Оформлення та нумерація ілюстрацій

Ілюстрації (рисунки, графіки, схеми, діаграми, блок-схеми) слід розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються

вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації повинні бути посилання в тексті.

Всі ілюстрації повинні мати назву, яку розміщують під ілюстрацією з вирівнюванням по центру. Будь-яка ілюстрація позначається словом „Рисунок”, що разом з назвою ілюстрації розміщують через одну строку після неї. Перед ілюстрацією та після назви ілюстрації потрібно пропустити одну строку.

Нумерація ілюстрацій є наскрізною у межах розділу. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою. Номер ілюстрації від її назви відокремлюється тире, крапка наприкінці назви не ставиться. Наприклад, другий рисунок третього розділу слід зазначити таким чином:

#### Рисунок 3.2 – Структурна схема алгоритму метода

Посилання на ілюстрацію в тексті скорочують й пишуть з рядкової літери, наприклад (рис. 3.2).

Якщо ілюстрація не вміщується на одній сторінці, її можна переносити на наступні сторінки, притримуючись відповідних вимог стандартів для кожного типу ілюстрацій окремо.

Декілька різних ілюстрацій можна розміщувати на окремому листі й наводити їх після найближчих посилань у тексті. Ілюстрації, розміщені на окремих сторінках включають до загальної нумерації сторінок КП.

Ілюстрації розташовують так, щоб їх можна було розглядати без повороту (орієнтація – книжкова). У крайньому випадку ілюстрації виконуються в альбомній орієнтації з поворотом за годинниковою стрілкою.

При виконанні діаграм, графіків стрілки на осях ставляться тільки в випадку коли на них не вказані цифрові позначення. Одиниці вимірювання величин, що розташовані по осях, вказуються обов'язково.

Приклади оформлення ілюстрацій наведені на рис. 3.1 та рис. 3.2.

Якщо ілюстрація має елементи з номерами або умовними скороченнями (рис. 3.2), то вони повинні бути обов'язково роз'яснені в тексті або в ілюстрації безпосередньо після її назви.

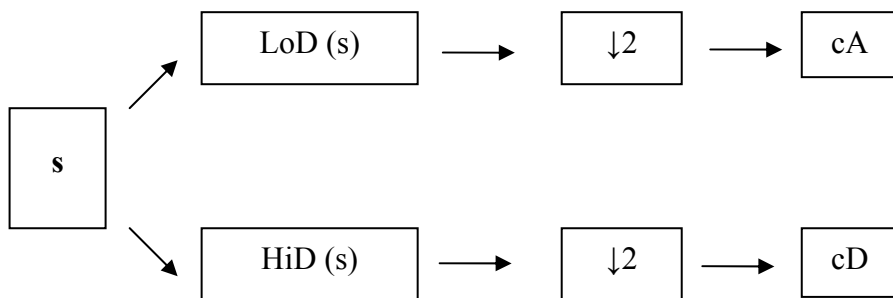


Рисунок 3.1 – Структурна схема однорівневого дискретного одновимірного вейвлет-аналізу

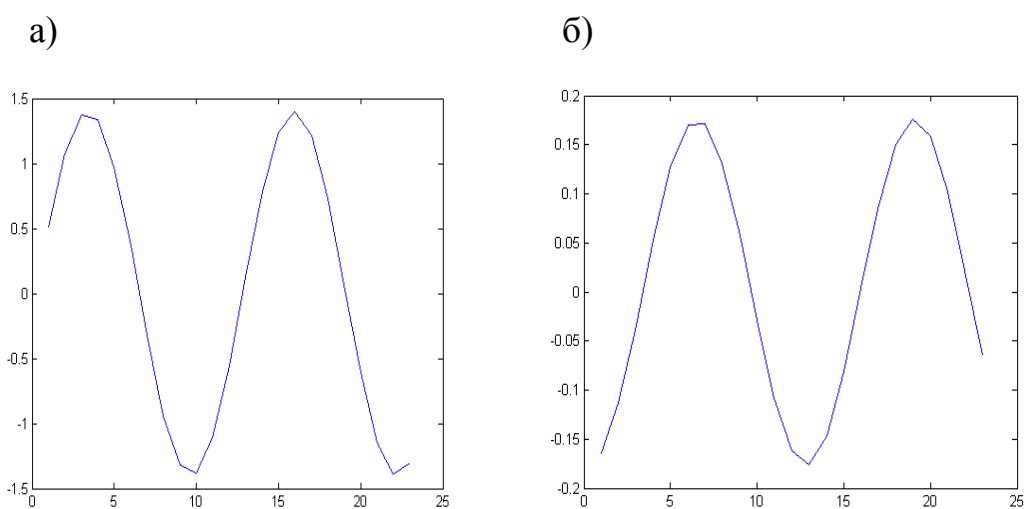


Рисунок 3.2 – Коефіцієнти вейвлет-перетворення гармонічного сигналу за допомогою вейвлета Хаара:  
 а) – апроксимуючі  $cA$ ; б) – деталізуючі  $cD$

### 3.4 Оформлення та нумерація таблиць

Цифровий матеріал, як правило, оформляють у вигляді таблиць.

Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті.

Нумерують таблиці наскрізною порядковою нумерацією в межах розділу. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, розділених крапкою (наприклад, табл. 3.1).



Таблиця має назву, яку друкують без абзацного відступу рядковими літерами, крім першої великої, і розміщують на відміну від рисунків, безпосередньо над таблицею без крапки наприкінці, наприклад перша таблиця четвертого розділу нумерується та іменується так:

Таблиця 3.1 – Середня швидкість шифрування систем, що тестувались

Варіанти реалізації	Типи систем			
	6800 GO	7800 GT	8600 GT	8800 GTS
Direct3D RT, Мбайт/с	390	415	200	660
Direct3D із сполученням, Мбайт/с	38	80	43	95
Direct3D, Мбайт/с	33	–	56	130
OpenGL RT, Мбайт/с	396	420	215	1300
OpenGL із сполученням, Мбайт/с	72	107	60	175
OpenGL, Мбайт/с	44	–	75	280
CPU	PM 1.6	P4 620	Core2 6200	Core2 6600
CPU, Мбайт/с	18	38	38	43
CPU потенційне, Мбайт/с	30	60	120	120

Посилання на таблиці в тексті скорочують і пишуть з рядкової літери, наприклад, табл. 3.1.

Якщо рядки таблиці не вміщуються на одній сторінці, її переносять на наступну сторінку. В продовженні таблиці найменування стовпців замінюються порядковими номерами, при цьому відповідний рядок нумерації додається також до першої частини таблиці. Назву таблиці вказують тільки один раз на початку таблиці. Далі її замінюють словами: „Продовження таблиці N.N” із зазначенням її номера.

Заголовки стовпців таблиці пишуть починаючи з великої літери, а підзаголовки – з рядкової, якщо вони становлять одне речення із заголовком. Підзаголовки, що мають самостійне значення, пишуть із великої літери. Наприкінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки стовпців вказують в однині.

### 3.5 Оформлення та нумерація переліків

Перелік, або перерахування – фрагмент тексту, що складається з попередження про те, що далі піде перерахування понять, предметів або дій (елементи переліку), та із самих цих нумерованих або позначених літерами чи графічними знаками елементів переліку.

Переліки, за необхідністю, можуть бути наведені в середині розділів, підрозділів і пунктів. Попередження переліку закінчується двокрапкою.

Переліки можуть бути однорівневими або багаторівневими. Однорівневі переліки можуть бути нумеровані числами або рядковими літерами із дужками, або позначені графічним знаком короткого тире (–).

Наприклад:

Електричні схеми поділяють на:

- 1) структурні;
- 2) функціональні;
- 3) принципіві.

Або

- структурні;
- функціональні;
- принципіві.

Багаторівневі переліки повинні оформлюватися як ієрархічні нумеровані списки на подобу до заголовків розділів, підрозділів, пунктів. Прикладом такого переліку може слугувати зміст цих методичних вказівок.

### 3.6 Оформлення формул та рівнянь

Формули та рівняння є частиною речення, тому прості формули, на які немає посилань у наступному тексті, можуть бути поміщені безпосередньо в рядку. Складні багаторівневі формули та формули, на які є посилання в тексті, поміщаються посередині окремого рядка безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються вперше. Вище і нижче кожної формули або рівняння потрібно пропустити по одній стрічці.

Формули та рівняння нумерують у межах розділу, наприклад, перша формула третього розділу – (3.1). Номер указують на рівні формули в дужках у крайньому правому положенні рядку. Приклади оформлення

формул безпосередньо в рядку та в окремому рядку з нумерацією наведені на рис. 3.3.

Рядок з окремою формулою повинен бути відформатований за допомогою різних табуляторів вирівнювання.

Пояснення значень символів і коефіцієнтів, що входять у формулу, слід наводити безпосередньо під формулою в тій послідовності, в якій вони надані в формулі. Перший рядок пояснення починають з абзацного відступу словом „де” без двокрапки після нього. Пояснення значення кожного наступного символу або коефіцієнта треба давати з нового рядка зі стандартним абзацним відступом, закінчуючи його крапкою з комою. Після останнього пояснення ставиться крапка.

Завдання інтерполяції полягає у визначенні значення таблично заданої функції  $y = f(x)$  в точці  $x \in [a, b]$ , яка не співпадає з заданими вузловими точками.

...

Для оцінки похибки наближеного рішення  $y_n$  в точці  $x_n$ , отриманого з кроком  $h$ , повторюють обчислення з кроком  $2h$ , і абсолютну погрішність  $\Delta(y_n)$  вважають рівною

$$\Delta(y_n) = \frac{1}{3} |y_n - \hat{y}_n|, \quad (3.1)$$

де  $\hat{y}_n$  – наближене рішення в точці  $x_n$  при кроці  $2h$ .

Рисунок 3.3 – Приклади вставки формул безпосередньо в текст і в окремому рядку

Формули, що йдуть одна за одною і не розділені текстом, наприклад система рівнянь, відокремлюються комою і номер системи проставляється посередині так, як вказано нижче:

$$\begin{cases} p_1 + p_2 = 1, \\ 1 - 2p_2 a_2 = 0, \\ 1 - 2p_2 b_{21} = 0. \end{cases} \quad (3.2)$$

Переносити формули чи рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, причому знак операції на початку наступного рядка повторюють. При перенесенні формули чи рівняння на знаку операції множення застосовують символ „×”.

Посилання на формули чи рівняння в тексті пишуть з рядкової цифри, наприклад (3.1).

Усі формули необхідно набирати, застосовуючи вбудовані у текстовий процесор або зовнішні редактори формул, Microsoft Equation або MathType.

### 3.7 Оформлення переліку посилань

При написанні КП обов’язково виникає необхідність в застосуванні відомостей з тих чи інших літературних джерел: підручників, навчальних посібників, монографій, журнальних статей, документів, що розташовані в мережі Internet, тощо. Нумерований перелік (список) цих джерел складається та розташовується наприкінці КП після висновків. Правила, за якими створюється повне бібліографічне описання та приклади оформлення переліку джерел наведені у Додатку Б.

В основному тексті КП посилання на джерела слід зазначати їхнім порядковим номером за переліком посилань, відділеним квадратними дужками, наприклад, “... у роботах [1 – 7; 23; 25] ...”. Тут за допомогою тире вказаний діапазон джерел з першого по сьомий та розділені крапкою з комою окремі номери 23 і 25.

Джерела, що включаються до списку, подаються мовою оригіналу (українською, російською, англійською тощо).

### 3.8 Оформлення додатків

Додатки слід оформляти як продовження основної частини роботи на наступних сторінках КП в порядку появи посилань на них у основному тексті. Додатки мають наскрізну з основною частиною КП нумерацію сторінок.

Якщо додатків більше одного, то вони можуть бути відділені від основного тексту окремим аркушем, посередині якого великими літерами в друкують слово ДОДАТКИ.

Кожний додаток починається з нової сторінки в середині першого рядку якої друкують слово „Додаток” і велику літеру, що зазначає його номер. З наступного рядка друкують заголовок додатку рядковими літерами з першої великої. Наприклад:

## Додаток А

### Копії графічної частини дипломного проекту

За заголовком на цій же сторінці і далі на наступних сторінках, якщо потрібно, розміщується власне Додаток.

Додатки слід, позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, Додаток А, Додаток Е, тощо.

Один додаток позначається як Додаток А без окремого розділювального аркуша.

За необхідності текст додатків може поділятися на розділи, підрозділи, пункти, які слід нумерувати в межах кожного додатку відповідно до вимог нумерування в основному тексті. У цьому разі ставлять номер додатку – літеру і цифру через крапку, наприклад, А.2 – другий розділ Додатку А.

Ілюстрації, таблиці, формули та рівняння, що є у тексті додатку, слід нумерувати в межах кожного додатку, аналогічно нумерації в розділах основної частини, наприклад, рисунок Г.3 – третій рисунок Додатку Г.

Посилання на додатки в тексті пишуть з рядкової літери, наприклад, додаток А.2.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основы метрологии и электрические измерения. Под ред. Душина Е.М. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
2. Качурин Л.Г. Методы метеорологических измерений. – Л.: ГМИ, 1985. – 368 с.
3. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Л.: ГМИ, 1978. – 392 с.
4. Степаненко В.Д. Радиолокация в метеорологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 350 с.
5. Методи дистанційного зондування навколишнього середовища: Перелигін Б.В., Велка О.І; одеський державний екологічний університет. – Одессе, ТЕС 2012. – 180 с.
6. Волошин В.Г. РФМЗНС (Методи зондування атмосфери): Навчальний посібник. – Одеса “ТЕС”, 2002. - 435 с.
7. Перелигін Б.В. Супутниковий моніторинг: Конспект лекцій – Одеса: Екологія, 2008. – 130 с.
8. Перелигін Б.В. Одержання, передача, прийом і надання локаційної космічної інформації: Навчальний посібник – Одеса: Екологія, 2006. – 88 с.
9. В.Я. Аверьянов. Приемные устройства РЛС. – М.: Воениздат, 1972. – 640 с.
10. К.А. Смогилев, И.В. Вознесенский, Л.А. Филипов. Радиоприемники СВЧ. – М.: Воениздат, 1967. – 556 с.
11. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – Введ. 01.01.96. – К.: Держстандарт України, 1995. – 37 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А  
Титульна сторінка курсового проекту

**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**КАФЕДРА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГУ**  
**НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**  
**(РОБОТА)**

з \_\_\_\_\_  
(назва дисципліни)

на тему: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Студента (ки) \_\_\_\_\_ курсу \_\_\_\_\_ групи  
Напряму підготовки \_\_\_\_\_  
спеціальності \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала \_\_\_\_\_  
Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії

\_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Одеса 2016 рік



Додаток Б  
Правила створення та приклади оформлення переліку  
посилань курсового проекту

Нижче наведені основні правила бібліографічного опису та ілюстративні приклади оформлення переліку посилань та використовуваних джерел інформації.

Б.2 Правила створення бібліографічного опису

Відомості про використані літературні джерела слід наводити та розташовувати в порядку появи посилань на джерела в тексті КП. Джерела нумеруються і друкуються з абзацного відступу.

Прізвище автора наводиться в називному відмінку, за прізвищем ідуть ініціали. Наприклад: «Іваненко А.Г.».

Якщо авторів більше одного, але менше чотирьох, то вони перераховуються через кому за абеткою. Наприклад: «Іваненко А.Г., Петренко Б.П., Семенюк К.Є.».

Бібліографічний опис книги або статті одного, двох або трьох авторів починається з перерахування авторів, за яким слідує заголовок. Якщо авторів більше трьох, опис починається із заголовка книги або статті, за яким слідує похила риска, а за нею – перерахування перших трьох авторів (спочатку ініціали, потім – прізвище) з додаванням слів «і ін.». Наприклад: «/ А.Г.Іваненко, Б.П.Петренко, К.Є.Семенюк і ін.».

Якщо стаття опублікована в виданні, що видається у вигляді серії, то після заголовка в описі ставляться дві похилі риски, скорочена назва видання й номер серії. Наприклад: «// Вісник ОДЕКУ. сер. 5.».

Якщо стаття опублікована в збірнику або книзі, то після заголовка в описі розміщуються дві похилі риски й назва збірника (книги). Наприклад: «// Програмне й інформаційне забезпечення систем різного призначення на базі ПК: Міжвузівський збірник наукових праць».

Після найменування джерела слідує тире, за яким наводяться відомості про місто видання (Москва скорочується до «М.», Ленінград – до «Л.», Санкт-Петербург – до «СПб.», Київ – до «К.», інші міста наводяться повністю), потім ставиться двокрапка, назва видавництва (без лапок, із прописної літери), кома, рік видання, крапка, тире, кількість сторінок у

виданні, літера «с», крапка. Наприклад: «– К.: Техніка, 2009. – 230 с.», «– М.: Наука, 2007. – 125 с.», «– Одеса: ОДЕКУ, 2008. – 230 с.».

Якщо стаття опублікована в журналі, то після заголовка в описі слідує дві похилі риски, назва журналу, крапка, тире, рік видання, крапка, тире, знак номера «№ », пробіл, номер випуску, крапка, тире, буква «с», крапка, номер сторінки (або номери сторінок через тире), крапка. Наприклад: «// Інформаційні технології. – 2009. – № 2. – с. 6 – 8.».

Інші вимоги до оформлення бібліографічних описів – за ДСТ 7.1-2003.

Відомості про електронні ресурси локального й віддаленого доступу наводяться за ДСТ 7.82-2001.

## Б.2 Приклади оформлення бібліографічного опису

### *Монографії та підручники (один, два або три автори)*

1. Таненбаум Э. Архитектура компьютера. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 697 с.: ил.

2. Организация ЭВМ, 5-е изд./ К.Хамахер, З.Вранешич, С.Заки. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2003. – 848 с.: ил. – (Серия «Классика computer science»).

3. Самофалов К.Г., Корнейчук В.Н., Тарасенко В.И. Цифровые ЭВМ: Теория и проектирование: Учебник. / Под ред. К.Г.Самофалова. – К.: Вища шк., 1989. – 424 с.

4. Препелиця Г.П. Комп'ютерна схемотехніка. Практикум: Навчальний посібник / Г.П.Препелиця; М-во освіти і науки; Одес. держ. екологічний ун-т. – Вид. 2-е, перероб. і доп. – Одеса: Екологія, 2008. – 252 с.

5. Великий В.І., Препелиця Г.П. Мікропроцесорні системи обробки даних та управління в гідрометеорології: Навчальний посібник. – Одеса, Вид-во “ТЕС”, 2004. – 212 с.

6. Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей И.Р. Структурированные кабельные системы – М.: Компьютер-Пресс, 2001. – 608 с.

7. Шеховцов В.А., Операційні системи., Підручник для вищих навчальних закладів – К: Видавнича група ВНУ, 2005. – 576 с.

*Монографії та підручники (чотири автори):*

8. Энергетика атмосферы в полярных областях / В.Ф.Романов, Н.В.Арискина, В.Ф.Васильев, В.Е.Лагун / Под ред. Е.Г.Никифорова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 296 с.

*Монографії та підручники (п'ять та більше авторів):*

9. Прикладная теория цифровых автоматов: Учебник / Самофалов К.Г., Романкевич А.М., Валуйский В.Н., Каневский Ю.С., Пиневиц М.М. / Под ред. чл.-кор. АН УССР К.Г.Самофалова. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 375 с.

10. MPI – The Complete Reference: Vol.1, The MPI Core. Second edition / Snir M., Otto S., Huss-Lederman S. etc. – published by MIT Press, 1998. – 426 p.

*Багатотомні видання*

11. Мик Дж., Брик Дж. Проектирование микропроцессорных устройств с разрядно-модульной организацией: В 2-х книгах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – Кн. 2. – 223 с., ил.

*Перекладні видання*

12. Таненбаум Э., Вудхалл А. Операционные системы: разработка и реализация (+CD). Классика CS.: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2006. – 576 с: ил.

13. Хокинс, Скотт. Администрирование Web-сервера Apache и руководство по электронной коммерции.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом Вильямс, 2001. – 336 с. : ил.

14. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования: Пер. с англ. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.: ил. (Серия «Библиотека программиста»).

*Збірники наукових праць*

15. Автоматизированное проектирование дискретных управляющих устройств / Под ред. чл. кор. АН СССР М.А.Гаврилова. – М.: Наука, 1980. – 212 с.

*Словники*

16. Борковский А.Б. Англо-русский словарь по программированию и информатике (с толкованиями) / Под научн. ред. к.т.н. В.М.Брябрина. – М.: Рус. яз., 1990. – 335 с.

17. Англо-українсько-російський словник з інформатики, програмування, обчислювальної техніки / Уклад.: А.Б.Бартків, О.Я.Гринчишин, Я.Т.Гринчишин. – К.: Вища шк., 1995. – 445 с.

*Складові частини книги*

18. Гилмор Ч. Аппаратные средства микропроцессорных систем // Введение в микропроцессорную технику. – М.: Мир, 1984 – с. 302-323.

*Складові частини збірника*

19. Препелица Г.П., Сибиряков В.В. Метод синтеза асинхронных счетчиков с произвольным модулем и порядком счета. Сб. Гибридные вычислительные машины и комплексы, вып. 7. – К.: Наукова думка, 1984. – с. 82-87.

*Складові частини журналу, стаття в журналі*

20. Киреев О.К. Скованные одной сетью // Компьютерра. – 2004. – № 8. – с. 57-58.

21. Кузюрин Н.Н., Фрумкин М.А. Параллельные вычисления: теория и алгоритмы // Программирование. 1991. № 2. – с. 3-19.

22. Bacon D.F., Grahem S.L., Sharp O.J. Compiler transformations for high performance computing // ASM Computing Surveys. 1994. V. 26. № 4. – p. 217-225.

23. Брейман А.Д., Духовный Б.А. Маршрутизация запросов в поисковых системах // Программное и информационное обеспечение систем различного назначения на базе персональных ЭВМ: Межвузовский сборник научных трудов. – Вып. 5. – М.: МГАПИ, 2002. – с. 71-72.

*Тези доповідей*

24. Солдатов Б.И., Рольщиков В.Б., Заремба В.Г. Исследование флуктуации концентраций в пересыщенных растворах в начале массовой кристаллизации // Тезисы докладов II всесоюзной конференции “Массовая кристаллизация и кристаллизационные методы разделения смесей”. – Ереван: Черкасы: – 1980. – с. 39-41.

*Стандарти*

25. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – Введ. 01.01.96. – К.: Держстандарт України, 1995. – 36 с.

26. INTERNATIONAL STANDARD ISO/IEC 14882 First edition 1998-09-01 Programming languages – C++

*Електронні ресурси локального й віддаленого доступу*

27. MPI: A Message-Passing Interface Standard. June 12, 1995 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mcs.anl.gov/mpi>.

28. Параллельный отладчик TotalView [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.etnus.com>.

29. Кластерные установки в России [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://parallel.ru/parallel/russia/russian\\_clusters.html](http://parallel.ru/parallel/russia/russian_clusters.html).

30. Дацюк В.Н., Букатов А.А., Жегуло А.И. Многопроцессорные системы и параллельное программирование. Метод. пособие, части 1,2,3 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rsusu1.rnd.runnet.ru/ncube/koi8/method/m1/context.html>.

31. MPI: Стандарт интерфейса передачи сообщений. Перевод с англ. Шпаковского Г.И., Мн., 2001 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.bsu.by>.

32. Цветков В.Я. Компьютерная графика: рабочая программа [Электронный ресурс]: для студентов заоч. формы обучения геоинформатика и др. специальностей / В.Я. Цветков. – Электрон. дан. и прогр. – М.: МИИГАиК, 1999. – лазерный диск. – Мин. систем. требования: IBM PC с CDROM, Windows 95, Word 6.0. – Загл. с экрана. – № гос. регистрации 0329900020.

Додаток В  
Приклад курсового проекту

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГУ  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ  
(РОБОТА)

з Наукових досліджень  
(назва дисципліни)

на тему: Аналіз характеристик сучасних радіолокаційних  
пристроїв системи радіозондування та оцінка вартості їх експлуатації

Студента (ки) 1 курсу ММ-51 Тс групи  
Напряму підготовки \_\_\_\_\_  
спеціальності Метеорологія

Кривошеєвої Н.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник доц., к.т.н. Вельміскін Д.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала відмінно  
Кількість балів: 90 Оцінка: ECTS A

Члени комісії	_____	<u>Перелигін Б.В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
	_____	<u>Вельміскін Д.І.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
	_____	<u>Лаврінченко Ю.В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

м. Одеса 2016 рік

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	30
1 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СИСТЕМІ РАДІОЗОНДУВАННЯ АТМОСФЕРИ В УКРАЇНІ .....	31
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ РАДІОЗОНДУВАННЯ .....	34
2.1 Аналіз існуючих сучасних систем радіозондування .....	34
2.2 Загальні відомості про аерологічний радіолокаційний обчислювальний комплекс (АРОК) «Вектор-М» .....	38
2.2.1 Призначення АРОК «Вектор-М» .....	38
2.2.2 Технічні характеристики .....	38
2.2.3 Склад АРОК «Вектор-М» .....	41
2.3 Загальні положення системи МАРЛ-А-МРЗ-ЗАТ .....	46
2.3.1 Призначення радіолокаційної станції МАРЛ-А ....	46
2.3.2 Радіозонди, сумісні з МАРЛ-А .....	47
2.3.3 Основні технічні характеристики МАРЛ-А .....	47
2.3.4 Склад МАРЛ-А .....	49
2.3.5. Структурна схема та принцип дії МАРЛ-А .....	52
ВИСНОВКИ .....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	64

## ВСТУП

Радіолокаційні станції аерологічного зондування призначені для вимірювань параметрів атмосфери (температури, вологості) за допомогою аерологічних шарів-зондів з визначенням точних координат місцезнаходження зонда (похилої дальності або висоти, кута місця й азимута) і визначення за ним швидкості та напрямку вітру для потреб гідрометеорологічної служби та відомчих метеорологічних служб. Першим зразком такої продукції став розроблений у 1997 р. мікроелектронний аерологічний радіотеодоліт (МАРЛ-Т), дослідний зразок якого успішно пройшов міжвідомчі приймальні випробування і був рекомендований для серійного виробництва. Розробка МАРЛ-Т показала, що і на сучасному етапі розвитку електроніки можуть бути створені конкурентоспроможні радіолокаційні системи, які не поступаються зарубіжним аналогам, і істотно перевершують ті, які знаходяться в експлуатації в мережі станції.

Для того, щоб забезпечити можливість роботи з серійно випускаючими для мережі аерологічного зондування Росії і країн ближнього зарубіжжя радіозондами МАРЗ і МРЗ-3 було вирішено розробити на базі МАРЛ-Т активну (на відміну від невивпромінюючого радіотеодоліта) радіолокаційну станцію, яка отримала позначення МАРЛ-А.

Станція МАРЛ-А відрізняється принципово новим підходом до конструювання подібних комплексів.

Це виражається в побудові станції у вигляді одноблочної конструкції з максимальним спрощенням механічних і складальних робіт при виробництві та виключення з виробничого циклу робіт з виготовлення точної механіки для системи супроводу радіозонда. Використання сучасних мікроелектронних цифрових технологій, характерних для військової електроніки, і ретельно продумані конструктивні рішення дозволили створити повністю автоматизовану систему радіозондування, яка не вимагає технічного обслуговування висококваліфікованим персоналом і яка, здатна працювати в будь-яких кліматичних умовах.



## 1 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СИСТЕМІ РАДІОЗОНДУВАННЯ АТМОСФЕРИ В УКРАЇНІ

На території України в даний час функціонують аерологічні радіолокаційні станції типу «АВК-1» та «УЛ-1», станція «Метеорит-2» є застарілою моделлю, яка виведена з експлуатації і замінена на «УЛ-1».

Станція типу «Радіотеодоліт УЛ-1» працює в таких містах: Львів, Одеса, Чернівці, Білогорськ, Кривий Ріг. Аерологічна станція «АВК-1»-Харків, Київ, Ужгород (зачинена в 2010 р.).

Системи радіозондування призначені для дистанційного вимірювання метеорологічних елементів вільної атмосфери і являють собою сукупність радіотелеметричної та радіолокаційної систем.

Радіотелеметрична система призначена для вимірювання метеорологічних елементів та надсилання результатів на відстань за допомогою радіохвиль.

Радіолокаційну систему використовують для вимірювання координат вимірювального пристрою в мить вимірювання. Вимірювання метеорологічних елементів атмосфери та надсилання результатів здійснюються за допомогою радіозонда. Він являє собою сукупність відповідних вимірювальних перетворювачів та радіопередавача.

Положення радіозонду у просторі визначається трьома координатами, які залежать від використаної системи координат. Так, якщо використано циліндричну систему, то такими координатами є кут в горизонтальній площині (азимутальний кут)  $\alpha$ , кут місця  $\beta$  та висота  $H$ . При використанні сферичної системи координатами є азимутальний кут  $\alpha$ , кут місця  $\beta$  та похила дальність  $R$ .

Розрізняють два типи систем радіозондування – радіопеленгаційні (радіотеодоліти), і радіолокаційні (радіолокаційні метеорологічні станції). В радіотеодолітах вимірюються лише кутові координати радіозондів, при цьому азимут  $\alpha$  та кут місця  $\beta$  визначаються, як правило, методом порівняння (рівносигнальної зони), а третя координата – висота  $H$  – обчислюється за виміряним тиском. Прикладом системи зондування на основі радіотеодоліту є система „Малахіт”.

В системах зондування на основі радіолокаційної станції використано сферичну систему координат, і всі три координати

вимірюються радіолокаційним методом, а дальність – імпульсним методом з активним формуванням сигналу у відповідь.

Радіозонд, що призначений для використання в такій системі, взагалі, повинен мати два радіопередавача та один приймач: один передавач – для передачі телеметричної інформації, приймач – для прийому імпульсних сигналів запиту, інший передавач – для випромінювання сигналів на прийняті сигнали запиту. В сучасних радіолокаційних системах зондування функцію передавача радіотелеметричного каналу, приймача сигналів запиту та передавача сигналів відповіді виконує один прилад – надрегенеративний прийомопередавач. На цьому принципі збудована більшість систем зондування.

Система „Малахит” є першою мережевою вітчизняною системою комплексного температурно-вітрового зондування атмосфери, яка успішно використовувалася на аерологічній мережі. Експлуатація радіотеодоліту виявила ряд його недоліків, з метою усунення яких радіотеодоліт „Малахит” було перероблено в радіолокаційну метеорологічну станцію „Малахит”.

Комплекс радіозондування атмосфери „Радіотеодоліт-УЛ” призначений для прийому та обробки в автоматичному режимі сигналів аерологічних параметрів атмосфери, що надходять від радіозондів, визначення координат радіозонду, визначення швидкості та напрямку вітру, барометричного тиску на даній висоті та передачі в автоматичному режимі результатів зондування атмосфери.

Відомо, що існуючі системи радіозондування в Україні складаються з наземних радіотехнічних комплексів (НРТК), радіозондів (РЗ) і апаратури підготовки РЗ до запуску. Багаторічний досвід експлуатації такої системи показав, що вона має суттєві недоліки:

- НРТК є дорогим комплексом ("Метеорит - 2", "Радіотеодоліт - УЛ" коштують близько сотні тисяч гривень за кожен зразок);

- вимагає досить великих економічних витрат на експлуатацію (витрата електроенергії; витратні матеріали, які в даний час в Україні не випускаються; утримання обслуговуючого персоналу тощо). Наприклад добова експлуатація системи «Радіотеодоліт - УЛ» складає 2500 грн;

- використовувані РЗ (типу МАРЗ, ПАЗА) дозволяють вимірювати прямими методами тільки температуру і вологість, тиск, швидкість і

напрям вітру непрямыми методами. При цьому вартість РЗ, оболонки і підготовка РЗ до запуску становить 800 грн;

- перевірка працездатності РЗ перед випуском в системі "Метеорит - 2" не автоматизована, а в системі "Радіотеодоліт - УЛ" - не задовольняє вимогам, про що свідчать звіти Гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів (ГМЦ ЧАМ);

- обробка метеорологічної інформації (МІ) в системі "Метеорит - 2" взагалі не автоматизована, а в системі "Радіотеодоліт - УЛ" не задовольняє вимогам Гідрометцентру України;

- існуюча система радіозондування та способи обробки МІ, одержуваної від РЗ, не дозволяють прив'язати її до атмосферних ешелонів, що погіршує якість короткострокових прогнозів.

Всі зазначені недоліки вимагають розробки нових підходів до системи радіозондування.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ РАДІОЗОНДУВАННЯ

### 2.1 Аналіз існуючих сучасних систем радіозондування

В середині 90-х виникла ситуація значного відставання у розвитку засобів радіозондування від світового рівня. В цей час (лютий 1997 р.) в умовах відсутності централізованого фінансування прийнято рішення про створення нового покоління радіолокаційного комплексу температурно-вітрового зондування атмосфери. Рішення цієї проблеми було доручено колективу кафедри Технології і засобів зв'язку УГТУ-УПІ. Згідно цього замовлення в короткі терміни була виконана розробка нового малогабаритного радіолокатора «Бриз».

В конструкції нової РЛС були застосовані технологічні рішення, засновані на сучасних досягненнях надвисоких частот (НВЧ) радіотехніки та електроніки, широкому використанні мікропроцесорних засобів цифрової обробки інформації та управління комплексом. Конструкція РЛС була абсолютно оригінальною, запозичила від прототипу РЛС АОК-1 тільки одну деталь - оптичну трубу для юстування координат за азимутом і кутом місця.

Відмінними рисами нової РЛС стало значне зниження масогабаритних характеристик та енергоспоживання (в 15 - 20 разів) і побудова системи повністю на сучасній напівпровідниковій елементній базі. Широке застосування знайшли методи цифрової обробки та управління. Потужність випромінювання передавача РЛС була знижена в 100 разів при збереженні оперативного радіусу дії системи в 250 км.

В 1999 р. на замовлення гідрометслужби Республіки Білорусь був виготовлений і поставлений досвідчений зразок аерологічної РЛС «БРИЗ», який на даний час успішно експлуатується в м. Брест.

У 2002 році на базі ВАТ НВП «Вектор» (м. Єкатеринбург) за участю УГТУ-УПІ були розпочаті роботи по створенню удосконаленого аерологічного радіолокаційного обчислювального комплексу (АРОК) «Вектор - М». У 2004 році в ЦАО Росгідромету (м. Долгопрудний) були проведені успішні випробування робочого макета РЛС «Вектор-М». У жовтні 2006 року робочий зразок комплексу був поставлений на дослідну

експлуатацію на аерологічній обсерваторії м. Омська і також став видавати інформацію у світову мережу аерологічних даних.

Протягом 2007-2008 років ВАТ НВП «Вектор», беручи участь у тендері, за замовленням Росгідромету РФ випустив партію в 30 штук РЛС «Вектор-М», які в даний час експлуатуються на аерологічній мережі РФ. Станції МАРЛ-А, також як і «Вектор-М» відрізняються принципово новим підходом до конструювання подібних комплексів. Ця новизна виражається в побудові станції у вигляді одноблочної конструкції з максимальним спрощенням механічних і складальних робіт при виробництві та виключенням з виробничого циклу робіт з виготовлення точної механіки.

В основу АРОК МАРЛ-А покладено використання персональної ЕОМ з програмною реалізацією більшості вузлів радіолокатора, що робить його конструкцію гнучкою, легко адаптується до змін умов експлуатації. Результати зондування можуть бути направлені споживачам по будь-яким каналам зв'язку.

Перший такий радіолокатор запущений в роботу на аерологічній станції в Ростові-на-Дону в 2001-му році. До теперішнього часу на мережі встановлено вже понад 50-ти АРОК МАРЛ-А. В найближчі 5... 10 років заплановано перевести на нові АРОК всю аерологічну мережу Росії.

Радіолокатори МАРЛ-А використовуються в Казахстані, а також ними оснащений космодром Байконур.

Перспективи подальшого розвитку техніки радіозондування, насамперед, пов'язані з удосконаленням існуючої апаратури, окремих її елементів та вузлів. Метою є підвищення точності вимірювань, зниження експлуатаційних витрат, поліпшення технічних характеристик, зручності обслуговування і ін. Іншим напрямком є пошук принципово нових можливостей в реалізації завдання радіозондування атмосфери.

Сучасні вимоги до методик виконання аерологічних вимірювань і вимірювальних засобів, сформульовані в останніх версіях Технічного регламенту Всесвітньої метеорологічної організації вимагають принципово нового підходу до вирішення проблеми їх метрологічного забезпечення. Необхідно забезпечити єдність і задану достовірність вимірювань на всій аерологічній мережі. Однак порівняльний аналіз основних метрологічних характеристик зарубіжних і вітчизняних аерологічних радіозондів, показує, що за точністю вимірювання температури вітчизняні радіозонди

поступаються в два-три рази, а за вимірювання вологості в півтора - два рази.

Системи радіозондування атмосфери в даний час, як зазначалося вище, використовують надрегенеративні прийомо-передавачі (НПП), які, не дивлячись на їх постійне вдосконалення, мають ряд принципових недоліків. Основний з них пов'язаний з широким спектром випромінювання НПП, який, як відомо, працює в імпульсному режимі.

Іншим перспективним напрямком в даний час є створення та впровадження системи радіозондування, побудованої на основі супутникових радіонавігаційних систем GPS. Подібні системи на початку 90-х років були розроблені зарубіжними фірмами Air, Vaisala, Graw і поставляються замовникам. Ці станції мають принципові переваги за економічністю, габаритами, мобільністю, і використання на рухомих об'єктах.

В даний час ведуться спільні роботи з створення мобільної навігаційної системи радіозондування атмосфери (СРА) на базі СРНС ГЛОНАСС/ GPS, названої «Полюс». Дана система складається з наземної базової станції спостереження (БСС) та аерологічного радіозонда (АРЗ). Опосередковано до системи радіозондування «Полюс» включені СРНС ГЛОНАСС і GPS.

Для отримання частотного спектру в робочій смузі СРА на вхід високошвидкісного оцифровщика подається сигнал АРЗ на проміжній частоті.

АРЗ вимірює параметри атмосфери, поточні координати, вектор швидкості та передає цю телеметричну інформацію по цифровому радіоканалу на БСС. Деякі зразки АРЗ призначені для вимірювання спеціальних параметрів атмосфери (радіації, рівня промислових викидів газів, аерозолів тощо).

Сигнали АРЗ приймаються антенно-фідерною системою (АФС) та надходять на УКВ приймача, де вони демодулюються і надходять далі в ПЕОМ БСС. В ПЕОМ здійснюється остаточна обробка сигналів і збереження інформації. АФС прийому сигналів АРЗ має дві антени, одна з них призначена для «ближнього», а інша - для «дальнього» прийому. Антена ближнього прийому використовується при великих значеннях кута місця АРЗ і обмеженої дальності до 30-40 км. Антена далекого прийому має плескату діаграму направленості за кутом місця і включається при

прийомі сигналів від радіозонда з кутом місця нижче  $40^\circ$  і дальності понад 40 км.

Інтегрований в ПЕОМ, модуль збору даних оцифровує прийнятий сигнал і управляє перемиканням каналів близького і далекого прийому. По послідовному інтерфейсу RS-232 (або інтерфейсу USB) може бути підключений приймач СРНС. Блок передпольотної перевірки та настроювання радіозонда необхідний для перевірки АРЗ перед пуском установки частотного каналу його передавача. Вхідний в комплект блок безперебійного живлення захищає БСС від короткочасних збоїв в мережі живлення.

Діючий макет СРА «Полюс» був розроблений і випробуваний на аерологічної станції «Верхнє Дуброво» в 2009. В 2011 р. був розроблений і виготовлений дослідний зразок цієї системи. З метою оцінки ефективності роботи системи в умовах експлуатації в листопаді 2011 р. на майданчику космодрому Байконур були проведені порівняльні випробування системи «Полюс» і серійної радіолокаційної системи на базі РЛС МАРЛ. Було виконано кілька одиночних і спарених запусків АРЗ. У спареному запуску два радіозонда підв'язуються до однієї газонаповненої оболонці з інтервалом близько 10 м і летять в парі.

Програмне забезпечення БСС по кожному запуску формувало телеграму даних у вигляді таблиці. Видача даних за висотою при знаходженні АРЗ в приземному шарі (до 4 км) виконувалася через кожні 10 м, а далі - через 100 м. Слід зазначити, що реєстрація швидкості руху радіозонда системою «Полюс» дозволила простежувати навіть такі «дрібниці», як розгойдування радіозонда на фалі його підвіски до кулі-балону.

Амплітуда розгойдувань радіозонда за швидкістю становила 2...5 м/с. При цьому рух радіозонда в просторі відбувається за формою, яка схожа на спіраль. У першому випуску АРЗ досягнута дальність супроводу 170 км при висоті зонда 31,3 км. У другому - дальність склала 160 км при висоті знаходження АРЗ 30,7 км. Зазначені обмеження за дальністю обумовлені кривизною поверхні Землі.

З результатів випробувань видно, що точності вимірювання координат в звичайному режимі вимірювання достатньо для забезпечення тактико-технічних вимог. Для реалізації диференційного режиму роботи СРА потрібно збільшити швидкість передачі даних в радіоканалі в кілька

разів, так як у цьому режимі значно збільшується обсяг переданої АРЗ інформації. Це призведе до збільшення робочої смуги частот сигналу. В результаті буде знижена енергетична ефективність радіоканалу при невеликому підвищенні точності вимірювання висоти. Крім того диференціальний режим вимагає геодезичної прив'язки БСС, що не вигідно або неможливо виконати для мобільного виконання системи. Тому доцільно направити зусилля на максимальне використання потенціалу звичайного режиму вимірювань.

## 2.2 Загальні відомості про аерологічний радіолокаційний обчислювальний комплекс (АРОК) «Вектор-М»

### 2.2.1 Призначення АРОК «Вектор-М»

АРОК «Вектор-М» призначений для проведення комплексного зондування атмосфери за допомогою радіозондів серії РЗМ-2, МРЗ-3А, МРЗ-3АМ, РФ-95. Він забезпечує передпольотну перевірку радіозондів, автоматичне супроводження радіозондів в польоті, прийом і обробку координатно-телеметричної інформації, передачу аерологічних телеграм каналами зв'язку споживачам.

Комплекс складається з апаратури, що розміщується всередині і зовні будівлі.

Комплекс відповідає таким категоріям кліматичного виконання за ДСТУ 15150-69:

- по апаратурі, яка розміщена зовні будівлі, категорії У1 (температура навколишнього повітря від мінус 50°C до плюс 45°C, відносна вологість до 100 % при температурі плюс 25°C);
- по апаратурі, яка розміщена всередині будівлі, категорії УХЛ4.2 (температура повітря всередині приміщення від 1°C до 40°C, відносна вологість до 80 % при температурі плюс 25°C).

### 2.2.2 Технічні характеристики

Комплекс працює в двох режимах адміністратора системи: в режимі ближньої зони в межах похилої дальності від 50 м до 1 км; в режимі



дальньої зони в межах похилої дальності від 1 км до 250 км і до висоти 40 км.

Комплекс забезпечує автосупровід радіозондів із випадковими середньоквадратичними похибками вимірювання координат:

а) у режимі ближньої зони:

- за дальністю не більше 30 м;

- за кутовими координатами (азимутом і кутом місця) не більше  $0,8^\circ$ ;

б) у режимі дальньої зони:

- за дальністю не більше 30 м;

- за кутовими координатами (азимутом і кутом місця) не більше  $0,12^\circ$ .

Систематичні складові похибки не повинні перевищувати за дальністю 20 м, за азимутом і кутом місця  $0,12^\circ$ .

Комплекс при автосупроводі радіозондів забезпечує прийом, перетворення і видачу телеметричної інформації, яка передається радіозондом:

а) про температуру повітря в межах від плюс  $50^\circ\text{C}$  до мінус  $90^\circ\text{C}$  зі середньоквадратичною похибкою не більше  $0,1^\circ$ ;

б) про відносну вологість в межах від 0 % до 100 % з середньоквадратичною похибкою не більше 1 % (при позитивній температурі).

комплекс при автосупроводі радіозондів забезпечує обчислення:

а) атмосферного тиску в межах від 1110,0 гПа до 2,0 гПа з середньоквадратичною похибкою не більше 2,0 гПа;

б) напрями дійсного та середнього вітру в межах від  $0^\circ$  до  $360^\circ$  з середньоквадратичною похибкою не більше  $1,5^\circ$ ;

в) швидкості дійсного і середнього вітру в межах від 0 м/с до 100 м/с з середньоквадратичною похибкою не більш  $0,7$  м/с.

Комплекс забезпечує:

а) автоматичний контроль функціонування апаратури; передпольотну перевірку радіозонда;

в) видачу координатно-телеметричної інформації про метеорологічні параметри (температуру, вологість, тиск, швидкість і напрямок вітру) на стандартних висотах, ізобаричних поверхнях, рівнях особливих точок у вигляді стандартних телеграм і таблиць (КН-04, ТАЕ-3, ШАР, ПРИЗЕМНИЙ ШАР);

г) збереження даних про відносні координати радіозонда та параметри телеметричної інформації, прив'язаних до польотного часу, а також протокол роботи у вигляді архівних файлів на жорсткому магнітному диску керуючої ПЕОМ;

д) відображення на екрані монітора ПЕОМ координатно-телеметрично-соціологічної інформації в цифровій і графічній формі;

е) пошук і захоплення сигналу радіозонда в ручному та автоматичному режимі роботи за всіма координатами, автоматичне (напівавтоматичне) налаштування на частоту випромінювання радіозонда в діапазоні частот  $(1680 \pm 10)$  МГц. Система управління антеною забезпечує автоматичне захоплення радіозонда за кутовими координатами при величині неузгодженості до  $3^\circ$ , при цьому антена здійснює не більше 3-х повних коливань.

Антенна система на частоті  $(1680 \pm 10)$  МГц забезпечує наступні параметри:

а) антена дальнього каналу:

- ширина діаграми направленості в Е і Н площинах за рівнем половинної потужності (мінус 3 дБ) в межах  $(6,5 \pm 1,0)^\circ$ ;
- рівень першої бічної пелюстки мінус 17 дБ, не більше;
- коефіцієнт посилення 25 дБ, не менше;
- рівень рівносигнальної зони в Е і Н площинах в межах мінус  $(1,2 \pm 0,5)$  дБ;

б) антена ближнього каналу:

- ширина діаграми направленості в Е і Н площинах за рівнем половинної потужності (мінус 3 дБ) в межах  $(50 \pm 5)^\circ$ ;
- коефіцієнт посилення 6 дБ, не менше;
- рівень рівносигнальної зони в Е і Н площинах в межах мінус  $(1,8 \pm 0,8)$  дБ.

в) щільність потоку НВЧ потужності, що випромінюється антеною далекого каналу в режимі передачі, в максимумі діаграми не менше  $0,4$  мкВт/см<sup>2</sup> на відстані 20 м від антени;

г) тривалість випромінюваних імпульсів запросного сигналу:

- $(1,1 \dots 1,5)$  мкс для режиму дальньої зони;
- $(0,4 \dots 1,0)$  мкс для режиму ближньої зони.

Частота повторення імпульсів запросного сигналу вибирається автоматично в залежності від відстані до радіозонда і становить  $(1204,8 \pm$

0,2) Гц або  $(976,6 \pm 0,2)$  Гц. Ширина спектра випромінюваних імпульсів запросного сигналу не більше 3 МГц;

д) межі обертання антени:

- за азимутом  $0 \pm (360 \pm 3)^\circ$ ;

- за кутом місця від мінус  $(10 \pm 3)^\circ$  до  $+(190 \pm 3)^\circ$ ;

е) швидкість обертання антени за азимутом не менше  $18^\circ/\text{с}$ ;

ж) чутливість управління приводом за азимутом і кутом місця  $0,12^\circ$ , не більше;

з) несуча частота передавача  $(1680 \pm 3)$  МГц;

і) чутливість приймальної системи:

- в режимі дальньої зони - не більше мінус 130 дБВт;

- в режимі ближньої зони - не більше мінус 105 дБВт.

Система дальності забезпечує:

а) автоматичне захоплення відповіді паузи дальності при швидкості польоту радіозонда не більше 100 м/с;

б) інерційний супровід під час зникнення сигналу радіозонда на час не більше 5 с.

### 2.2.3 Склад АРОК «Вектор-М»

До складу комплексу входять наступні основні конструктивні підсистеми:

- антенний пост із змонтованими на ньому антеною, блоком ПРД (НВЧ блоками приймально-передавальної системи) і приводами кута місця і азимута. Антенний пост встановлюється ззовні будівлі;

- блок обробки та управління (БОУ);

- блок джерел живлення (БДЖ);

- автоматизоване робоче місце оператора, що складається з ПЕОМ (відео монітор 17", "миша", клавіатура, системний блок, принтер (формату А4), джерела безперебійного живлення (опціонально).

До складу антенного поста входять:

- антенна колонка з азимутальним приводом, що забезпечує поворот антени в межах  $\pm 360^\circ$  від нульового (центрального) положення;

- кутомісний привід і опора, що забезпечують поворот антени в межах від мінус  $10^\circ$  до  $+190^\circ$  від нульового (горизонтального) положення;

- приймально-передавальна антена.

Корпус азимутального і кутомісного приводу, опори виконані у вигляді труби з алюмінієвого сплаву і з'єднані один з одним у вигляді літери «Г». До вихідного валу кутомісного приводу і опорів з допомогою кронштейнів кріпиться антена.

Антенний пост має циліндричну основу і три регульовані опори, які дозволяють встановлювати вісь азимутального приводу у вертикальне положення з точністю  $\pm 1^\circ$  за рівнем.

Обертання азимутального і кутомісного приводу забезпечується за допомогою крокового двигуна і хвильової зубчастої передачі з передавальним відношенням 1:100.

Всередині корпусу азимутального приводу розташований електромеханічний обмежувач руху, який допускає поворот вихідного валу в межах  $\pm 360^\circ$ . Кінцеві вимикачі азимутального приводу виконані на магнітокерованих мікросхемах.

Для обмеження кута повороту антени за кутом місця застосовані гумові упори. Кінцеві вимикачі кутомісного приводу виконані також з використанням магнітокерованих мікросхем.

Для визначення кутів повороту антени за азимутом і кутом місця застосовані обертові трансформатори (ОТ), що дозволяють визначати положення антени з точністю до  $0,03^\circ$ . Один ОТ розташований в азимутальному приводі, інший в опорі за кутом місця.

Антенна система АРОК «Вектор-М» складається з двох незалежних антен, розміщених на загальній підставці: антени з широкою діаграмою направленості, що забезпечує режим роботи комплексу «ближня зона», і антени з вузькою діаграмою направленості, що забезпечує режим роботи «дальня зона».

Антенна ближньої зони забезпечує автоматичний супровід радіозонда від точки до випуску дальності 30-50 км, але примусово переключається на антену дальньої зони при віддаленні зонда на відстань більше 1 км. В антені використовується дискретне ширококутне сканування у двох ортогональних площинах (вертикальній і горизонтальній). Рівень перетину відхилених діаграм направленості (рівносигнальна зона) дорівнює мінус 2 - 2,5 дБ відносно максимуму діаграми, що забезпечується відхиленням діаграми від нормалі приблизно на двадцять градусів.

Антенa ближньої зони складається з чотирьох квадратних резонансних випромінювачів, що утворюють квадратну сітку з кроком, який дорівнює 168 мм.

Антенa дальньої зони забезпечує автоматичний супровід радіозонда від дальності 1 км до граничної дальності 150-250 км (можливий також супровід від точки випуску радіозонда). В антені використовується дискретне сканування у двох ортогональних площинах (вертикальній і горизонтальній). Рівень перетину відхилених діаграм направленості (рівносигнальна зона) дорівнює мінус 0,8-1,5 дБ відносно максимуму діаграми, що забезпечується відхиленням діаграми від нормалі приблизно на 3-5 градусів.

На передачу завжди працює антенa дальньої зони незалежно від режимів роботи комплексу (режиму ближньої зони або дальньої зони). Антенa закрита плоским діелектричним обтікачем, який паралельний площині антени і віддаленим від нього на 70 мм. Обтікач є загальним для антен дальньої та ближньої зони і захищає систему випромінювачів і провідників смугових від атмосферних впливів. Обтікач закріплений до підставки за допомогою діелектричних втулок.

При роботі на прийом сигнал радіозонда, прийнятий антенною дальньої зони через кабельну систему, фазообертачі, дільник, циркулятор передавача та смуговий фільтр надходить на вхід дальнього каналу тихого підсилювача.

Робота антени «ближньої зони» та система управління її роботою аналогічна антени «дальньої зони». Відмінність полягає в тому, що замість підрешіток прямокутних випромінювачів використовуються поодинокі прямокутні випромінювачі. Антенa «ближньої зони» працює тільки на прийом і через фазообертачі, дільник потужності на чотири, смуговий фільтр і кабельну систему підключена до другого входу тихого підсилювача (вхід близького каналу).

До складу антени входить блок ПРД.

У МШП (малешумлячому підсилювачі) передбачений додатковий захист вхідних каскадів від ураження потужним відбитим від місцевих об'єктів запитним сигналом, реалізований у вигляді блокування посилення каскадів МШП на момент випромінювання цього сигналу. Фільтри, встановлені в антені, виконані у вигляді паралельно стрижневій структурі та встановлені у металевому корпусі з вхідними коаксіальними роз'ємами.

Приймально-передавальний тракт призначений:

- для формування у блоках НВЧ АГ, блоках УМ потужного запитного радіоімпульсу несучої частоти 1680 МГц підсистеми вимірювання похилої дальності до зонда;
- для посилення, селекції, перетворення частот, детектування прийнятого сигналу, що передається зондом;
- для формування сигналів сканування діаграми направленості антени системи ближнього і дальнього каналів;

Блок обробки та управління - БОУ забезпечує:

- вимірювання кутових координат радіозонда (кут місця і азимут);
- вимірювання похилої дальності радіозонда;
- збір метеоінформації по каналу телеметрії, її первинну обробку;
- прийом команд і даних від АРМ оператора (далі по тексту АРМ) і передача на АРМ, вимірних значень параметрів радіозонда і системи в цілому для подальшої обробки і прийняття рішення по управлінню системою по інтерфейсу RS-232;
- управління антеною та прийомо-передавальною системами в режимі ручного (за командами оператора АРМ) і автоматичного супроводу радіозонда;
- контроль функціонування системи і самоперевірку блоку з користуванням еталонними тестовими сигналами.

Всі ці завдання вирішуються окремими функціонально і конструктивно закінченими модулями, з'єднаними через пристрій комутації (крос-плата) і розміщеними в одному корпусі.

Конструктивно всі модулі виконані у вигляді друкованих плат в стан-дарті МЕК 297-3 (розмір 3U) з роз'ємним з'єднувачем типу DIN41612.

Блок джерел живлення - БДЖ призначений для електроживлення азимутального і кутомісного приводів антенного поста, а також всіх радіоелектронних модулів і вузлів комплексу АРОК «Вектор-М». До складу блоку (вторинних) джерел живлення входять: шість модулів вторинного електроживлення, один модуль фільтра, вісім світлових індикаторів, дев'ять гнізд, три перемикача, два запобіжника.

АРМ оператора призначений для ручного й автоматичного управління вузлами і блоками «Вектора-М», остаточного збору, обробки і відображення надходженої координатної і телеметричної інформації, видачі стандартних аерологічних телеграм. Персонал комплексу

«Вектор-М» за допомогою АРМ оператора проводить радіозондування атмосфери, і забезпечує технічне обслуговування самого комплексу.

До складу АРМ входить керуюча ЕОМ, монітор 17", клавіатура, "миша", друкуючий пристрій (принтер і джерело безперебійного живлення (за умовами договору)).

ЕОМ, що працює під управлінням програмного забезпечення АРМу, виконує наступні функції: автоматичний і ручний контроль функціонування при включенні комплексу; налаштування та передпольотну перевірку радіозонда; автоматичне і ручне наведення і супровід радіозонда, який перебуває у вільному польоті; визначення і відображення відносних координат (азимута, кута місця і похилої дальності) і польотного часу радіозонда; обробку в реальному масштабі часу і відображення телеметричної інформації від радіозонда про температуру і вологість в точці знаходження радіозонда; збереження даних про відносні координати радіозонда і параметри телеметричної інформації, прив'язаних до польотного часу, у вигляді файлу-протоколу на дискових накопичувачах керуючої ЕОМ; формування і видачу на принтер або у лінії зв'язку стандартних аерологічних телеграм.

Друкуючий пристрій призначений для фіксації на папері протоколів вимірювання координатних і метеорологічних параметрів у відповідності з «Інструкцією гідромеорологічним постами», а також печатки аерологічних телеграм.

Джерело безперебійного живлення призначене для забезпечення електроживлення при зникненні напруги живильної мережі. До складу програмного забезпечення АРМу входить операційна система, управляюча програма АРВК «Вектор-М» і аерологічний процесор «Еол».

Операційна система забезпечує роботу всіх інших програм і зручність взаємодії оператора з комплексом, а також містить засоби діагностики та налаштування апаратного забезпечення АРМу. Управляюча програма є основним елементом програмного забезпечення, організовує взаємодію всіх компонентів комплексу «Вектор-М» і виконання його основних функцій. Також у ній містяться засоби діагностики та налаштування комплексу.

Аерологічний процесор «Еол» служить для обробки координат телеметричної інформації та видачі аерологічних телеграм.

## 2.3. Загальні положення системи МАРЛ-А-МРЗ-ЗАТ

Система МАРЛ-А-МРЗ-ЗАТ призначена для виконання температурно-вітрового радіозондування атмосфери при аерологічних спостереженнях. Система розроблена для заміни застарілої техніки і поетапного переоснащення мережі аерологічних станцій новими сучасними засобами радіозондування, які не поступаються світовому рівню. Система використовує робочий діапазон радіочастот, призначений Міжнародним союзом електрозв'язку для цілей радіозондування. Це дозволяє при необхідності застосовувати радіозонди зарубіжного виробництва і відкриває можливість для експорту вітчизняних засобів радіозондування.

Система МАРЛ-А – МРЗ-ЗАТ складається з малогабаритного аерологічного радіолокатора МАРЛ-А, радіозонда МРЗ-ЗАТ з несучою частотою 1680 МГц і програмного пакету «Еол». МАРЛ-А повністю управляє роботою системи при проведенні радіозондування, а також реєструє координатно-телеметричну інформацію, обробляє і видає таблицю результатів радіозондування і аерологічну телеграму.

МАРЛ-А відрізняється принципово новим підходом до конструювання подібних радіолокаційних станцій. Це виражається в побудові МАРЛ-А у вигляді одноблочної конструкції з максимальним спрощенням механічних і складальних робіт та виключення з виробничого циклу робіт з виготовлення точної механіки для системи супроводу радіозонда. Використання сучасних мікроелектронних цифрових технологій, характерних для військової електроніки, і ретельно продумані конструктивні рішення дозволили створити повністю автоматизовану систему радіозондування, яка не вимагає технічного обслуговування висококваліфікованим персоналом.

### 2.3.1 Призначення радіолокаційної станції МАРЛ-А

МАРЛ-А призначена для:

- автоматизованого контролю функціонування при включенні по виносному імітатору радіозонда;
- передпольотної перевірки радіозонда;



- автоматичного і ручного наведення, автоматичного супроводу радіозонда, який перебуває у вільному польоті;
- визначення кутових координат (азимута і кута місця) і польотного часу радіозонда;
- визначення похилої дальності до радіозонда;
- прийому та первинної обробки в реальному масштабі часу телеметричної інформації від радіозонда про температуру та вологість в точці знаходження радіозонда;
- збереження даних про відносні координати радіозонда та параметри телеметричної інформації, які прив'язані до польотному часу, у вигляді файлу-протоколу на жорсткому диску управляючої ЕОМ. Файл-протокол використовується апаратурою автоматичного оброблення радіозондування для одержання метеорологічних параметрів радіозонда (температури, вологості, тиску, швидкості і напрямку вітру на стандартних висотах, ізобаричних поверхнях і рівнях особливих точок).

### 2.3.2 Радіозонди, сумісні з МАРЛ-А

З МАРЛ-А сумісні радіозонди з діапазоном робочих частот (1680±10) МГц, наприклад типу радіозонда МРЗ-ЗАТ. Даний радіозонд є засобом вимірювання одноразового використання та рішенням Держстандарту віднесений до засобів вимірювання з межповірочним інтервалом, який дорівнює гарантійному строку зберігання. Радіозонд МРЗ-ЗАТ має принцип частотної модуляції сигналу надрегенеративного приймача та повністю аналогічний радіозонду МРЗ-ЗА за характеристиками, за винятком несучої частоти. Радіозонд МРЗ-ЗАТ сертифікований і має ліцензії Держстандарту на виготовлення, ремонт і продаж.

### 2.3.3 Основні технічні характеристики МАРЛ-А

- похила дальність автоматичного (напівавтоматичного) супроводження радіозонда і прийому телеметричної інформації становить:

мінімальна (до пункту випуску радіозонда) - 60 м; максимальна понад 200 000 м;

- максимальна висота радіозондування: 40 000 м;

- діапазони кутового огляду та супроводу: за азимутом -  $360^\circ$  (кутовий огляд за азимутом здійснюється комбінованим способом: електромеханічним поворотом АФАР і електронним поворотом променя в діапазоні кутів  $25^\circ$  щодо АФАР); за кутом місця - від мінус  $10$  до  $100^\circ$  (кутовий огляд за кутом місця здійснюється лише шляхом електронного повороту променя);

- середньоквадратичне відхилення випадкової складової похибки вимірювань координат у режимі автосупроводу при електронному скануванні променя та похилої дальності до радіозонда більше 200 м не перевищує за азимутом і кутом місця  $0,1^\circ$ ;

- систематична складова похибки визначення координат радіозонда при похилій дальності до радіозонда більше 200 м не перевищує: за дальністю  $\pm 30$ м; за азимутом при механічному повороті АФАР  $\pm 1^\circ$ ; за азимутом при електронному повороті променя  $\pm 0,1^\circ$ ; за кутом місця  $\pm 0,1^\circ$ ;

- діапазон робочих частот -  $(1680\pm 10)$  МГц. В зазначеному діапазоні частот здійснюється автоматичне (напівавтоматичне) наведення на частоту випромінювання радіозонда і автоматичне спостереження за частотою радіозонда у зазначених межах, а також приймання телеметричної інформації від радіозонда;

- енергетичний потенціал антенного адміністратора системи МАРЛ-А (відношення ефективної площі решітки  $S$  до шумової температури  $T$ ) в напрямку нормалі до площини антенної решітки - не менш  $20 \text{ см}^2/\text{К}$ ;

- рівень побічних випромінювань, що створюються передавальною системою МАРЛ-А, менше - 60 дБ;

- обмін інформацією між МАРЛ-А і постом оператора здійснюється по каналу зв'язку типу RS-232 на відстані не менше 30м;

- електроживлення комплексу здійснюється від однофазної мережі змінного струму напругою 220В+10% з частотою від 48 до 60 Гц;

- потужність споживання - не більше 500Вт (споживана потужність в середньому складає 150 Вт, пікове навантаження - не менше 500 Вт).

Аварійне живлення здійснюється від стандартного джерела безперебійного живлення потужністю 600 Вт (UPS-600);

- МАРЛ-А забезпечує безперервну роботу протягом не менше 4 годин з паузою між включеннями не менше 1 ч.

#### 2.3.4 Склад МАРЛ-А

До складу МАРЛ-А входять три рознесених в просторі поста:

- антенний пост;
- пост оператора;
- імітатор радіозонда.

Антенний пост включає в себе основну апаратну частину МАРЛ-А, розташовану на відкритому повітрі та захищену радіопрозорим укриттям (РПУ). Розміщення антенного поста повинно забезпечувати нормальну видимість верхньої півсфери простору і точки (майданчики) підготовки та випуску радіозонда.

Апаратура антенного посту розміщена на двох пов'язаних платформах: нерухомій основі і рухомій активною фазованою антенною решіткою (АФАР).

Нерухома основа служить несучою конструкцією всієї апаратури антенного поста. На ній розміщені електромеханічний привід з редуктором і блоком управління двигуном, блок зв'язку з постом оператора, засоби горизонтування РЛС і обертове зчленування з рухомою АФАР.

Електромеханічний привід забезпечує обертання АФАР за азимутом в межах  $360^\circ$  щодо нерухомої основи. АФАР забезпечує електронне управління положенням променя діаграми направленості за азимутом і кутом місця. АФАР містить 64 приймально-передавальних модуля і таку ж кількість здвоєних дипольних випромінювачів. Пасивна частина антени (суматори-дільники, фазообертачі і випромінювачі) є загальною для передавальної та приймальної частин АФАР. Напряга збудження АФАР розгалужується за допомогою суматорів-дільників на 64 канали, в яких напруги фазуються і надходять через перемикачі "прийом-передача" в передаючі частини модулів. В них напруги посилюються до потужності не менше 2 Вт в імпульсі і подача імпульсів здійснюється через ключі

"прийом-передача" на випромінювачі. Управління променем АФАР в вертикальній площині здійснюється шляхом формування потрібного фазового розподілу поля з розхилом антени. Нормаль до решітки утворює кут  $30^\circ$  відносно горизонту. Відхилення променя від нормалі у вертикальній площині може становити від мінус  $40^\circ$  до  $70^\circ$  (від мінус  $10^\circ$  до  $100^\circ$  відносно горизонту).

Управління променем АФАР в горизонтальній площині виконується двояко: електронне управління шляхом регулювання фазового розподілу поля з розхилом антени та механічне управління за допомогою електроприводу. Сектор електронного повороту променя становить не менш  $\pm 25^\circ$ ; сектор механічного повороту дорівнює  $\pm 210^\circ$ . Вимірювання кутових координат виконується методом квадрантного сканування. При цьому діаграма направленості (ДН) АФАР періодично займає одне з чотирьох положень: промінь відхиляється на половину ширини ДН вгору, ліворуч, вниз, вправо і т.д. Зазначені ДН перетинаються вздовж рівносигнальної лінії. Зміщення радіозонда з рівносигнальної лінії призводить до амплітудної модуляції прийнятого сигналу з частотою сканування. Глибина модуляції пропорційна поточній кутовій похибці, а фаза модуляції відповідає напрямку зміщення радіозонда з рівносигнальної лінії.

Пост оператора включає в себе ПК, системи безперебійного живлення і розподільний щит включення живлення і зв'язку з антенним постом і ІСРЗ.

Програмне забезпечення посадки оператора в МАРЛ-А забезпечує:

- введення географічних координат й ідентифікатора МАРЛ-А в мережі аерологічного радіозондування;
- автоматичну перевірку направленості вузлів імітатора радіозонда при включенні станції або за командою оператора;
- передпольотну перевірку справності радіозонда і введення його градууювальних коефіцієнтів;
- автоматичний або напівавтоматичний супровід радіозонда в польоті з моменту випуску;

- перетворення телеметричної інформації, що надходить від радіозонда, в істинні значення температури та вологості атмосфери у відповідній точці вимірювання;

- формування та передачу комплексу стандартних аерологічних телеграм;

- управління режимами роботи АФАР;

- автоматичний або ручний пошук радіозонда за координатами (азимута, кута місця та дальності) при його втраті в процесі спостереження;

- фіксацію всіх параметрів випуску у файлі-протоколі на жорсткому диску ПК.

До складу поста оператора входить також обладнання для передачі аерологічних телеграм (модем, телетайп).

Апаратура посту оператора розташовується в опалюваному приміщенні на відстані не більше 30 м від антенного поста.

ІСРЗ служить для автоматичного контролю справності МАРЛ-А після його включення і розташовується стаціонарно на відкритому повітрі в зоні огляду на відстані 50-100 м від антенного поста. ІСРЗ являє собою передавач радіозонда і плату формування телеметричного сигналу температури і вологості.

На ІСРЗ можуть бути перевірені такі характеристики МАРЛ-А:

- вид дискримінаційних характеристик і точність установки променя при електронному та механічному скануванні (точніше, зміна положення нулів дискримінаційних характеристик з моменту калібрування при введенні в експлуатацію);

- точність введення поправок у вимірювані координати;

- працездатність АФАР на прийом і передачу в цілому і кожного окремо каналу АФАР;

- розкид амплітудних характеристик каналів;

- комплексна працездатність трактів приймача, управляючої ЕОМ, формувача частот і приймально-передавальної АФАР;

- працездатність телеметричного каналу і точність розрахунку справжніх параметрів температури і вологості.

### 2.3.5. Структурна схема та принцип дії МАРЛ-А

Система зондування атмосфери складається з радіолокатора МАРЛ-А і радіозонда МРЗ-3, прив'язаного до наповненої воднем кулі (що знаходиться у вільному польоті). Зонд випромінює імпульсно модульований сигнал. Несуча частота  $1672 \text{ МГц} \leq f_3 \leq 1688 \text{ МГц}$ , тривалість імпульсу приблизно дорівнює  $0,6 \text{ мкс}$ , середнє значення періоду прямування імпульсів становить  $T_{\text{пр}} \approx 1,25 \text{ мкс}$  (середнє значення частоти проходження імпульсів  $f_{\text{пр}} \approx 800 \text{ кГц}$ ). Приймаючи сигнал радіозонда моноімпульсною антеною, можна вимірювати поточні кутові координати. Для вимірювання дальності зонда до складу МАРЛ-А включений передавач запросного сигналу. Коли запросний імпульс досягає зонда, в сигналі останнього виникає пауза тривалістю  $T_{\text{сл.з}}$ , тобто пропускається один імпульс. Визначаючи затримку цієї паузи  $t$  відносно імпульсу передавача РЛС, можна одержати поточну дальність зонда:

$$\boxed{\times} \quad (2.1)$$

де  $c$  - швидкість поширення радіохвиль.

Інформація про температуру і вологість атмосфери в місці, де знаходиться зонд, передається з використанням маніпуляції частоти проходження імпульсів зонда  $f_{\text{пр}}$ . Частота  $f_{\text{пр}}$  по черзі приймає два значення  $f_{\text{пр.1}}$  і  $f_{\text{пр.2}}$  (рис. 2.1).

У величині періоду маніпуляції  $T$  по чергово кодуються значення температури та вологості повітря. Демодуляція сигналу зонда в РЛС дозволяє визначити значення  $T$  і  $T_1$ , які у вигляді чисел надходять до оператора ПК, де проводиться розрахунок метеопараметрів атмосфери.

Відзначимо ще одну функцію радіолокатора. Оскільки можливі відхилення несучої частоти сигналу зонда від номіналу ( $\pm 8 \text{ МГц}$ ), коли відхилення виходять далеко за межі смуги пропускання приймача РЛС, останній автоматично налаштовується на частоту прийнятого сигналу. Одночасно підлаштовується і несуча частота сигналу передавача РЛС, з тим, щоб вона не помітно відрізнялася від частоти сигналу зонда.

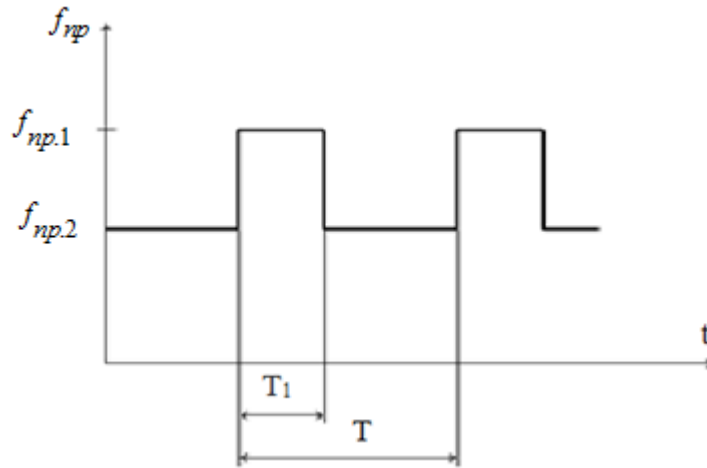


Рисунок 2.1 - Закон маніпуляції частоти проходження імпульсів зонда

Структурна схема радіолокаційної станції представлена на рис. 2.2. У формувачі частот (ФЧ) генерується напруга першого гетеродина приймача (несуча частота  $f_{г1} = 1480 \text{ МГц} + \delta$ , де  $\delta$  - відхилення частоти сигналу зонда від номіналу 1680 МГц) і імпульси з частотою передавача (несуча частота  $f_{п} = 1680 \text{ МГц} + \delta$ ).

Блок ФЧ також містить вхідну частину приймального тракту, що складається з малошумлячого підсилювача (МШП) і змішувача. На вхід МШП надходить прийнятий сигнал зонда з АФАР, а вихідна напруга змішувача на проміжній частоті 200 МГц подається в приймальний пристрій.

Сформований НВЧ імпульс з блоку ФЧ подається в АФАР, де цей імпульс посилюється і через циркулятор подається в модулі АФАР.

Активна фазована антенна решітка містить 64 приймально-передавальних модуля і таку ж кількість здвоєних дипольних випромінювачів. Пасивна частина антени (суматори-дільники, фазообертачі і випромінювачі) є загальними для передавальної та приймальної частин АФАР.

Напруга збудження АФАР розгалужується за допомогою суматорів-дільників на 64 канали, в яких напруги фазуються та надходять через перемикачі "прийом-передача" в передаючу частини модулів. В останніх здійснюється підсилення напруг до потужності не менше 2 Вт в імпульсі і

подача імпульсів через ключі "прийм-передача" на випромінювачі. Управління променем АФАР в вертикальній площині здійснюється шляхом формування потрібного фазового розподілу поля з розхилом антени. Нормаль до решітки утворює кут  $30^\circ$  з горизонтом. Відхилення променя від нормалі у вертикальній площині може становити  $(-40^\circ \div +70^\circ)$ , тобто  $(-10^\circ \div +100^\circ)$  відносно горизонту.

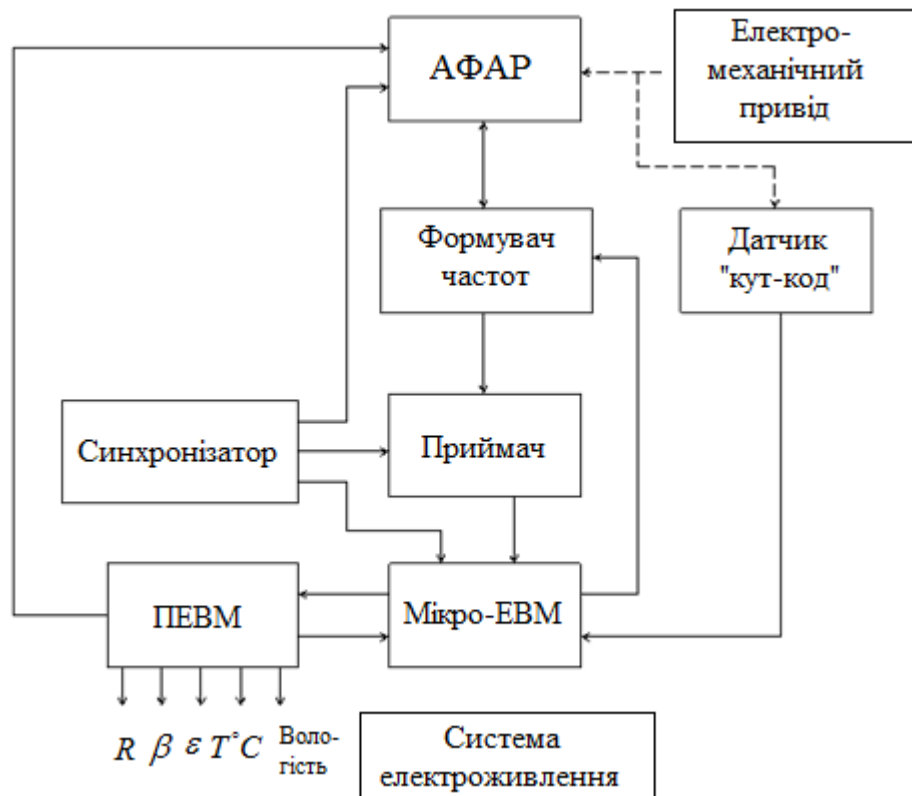


Рисунок 2.2 - Структурна схема МАРЛ-А

Управління променем АФАР в горизонтальній площині виконується двояко: електронне управління шляхом регулювання фазового розподілу поля з розхилом і механічне управління за допомогою електроприводу. Сектор електронного сканування становить не менше  $\pm 25^\circ$ ; сектор механічного повороту  $\pm 210^\circ$ .

При вимірюванні азимута зонда необхідно враховувати кут механічного повороту АФАР  $\beta_{\text{мех}}$ . Інформація про ці величини вводиться в ПЕОМ з датчика "кут-код", наявного у механічному приводі. Управління фазовим розподілом у АФАР здійснюється за допомогою 4-



розрядних дискретних фазообертачів. Керованими елементами фазообертачів є рin-діоди.

Прийняті вібраторами АФАР сигнали зонда проходять через відкриті ключі захисту в прийомних частинах модулів, посилюються в малошумливих підсилювачах, фазуються і надходять на пристрій підсумовування. На виході останнього утворюються 4 сигнали, що відповідають чотирьом підрешіткам АФАР (рис. 2.3).

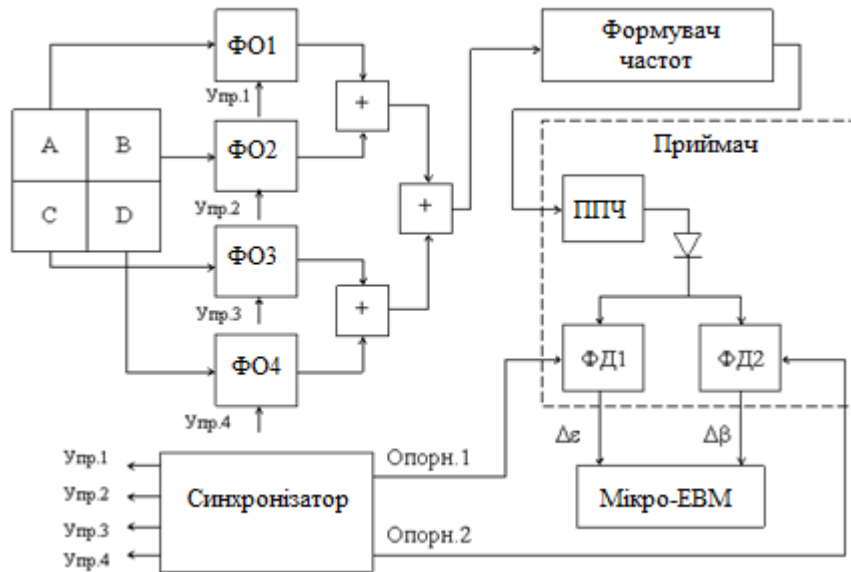
Вимірювання кутових координат виконується методом квадрантного сканування. При цьому ДН АФАР періодично посідає одне з чотирьох положень: промінь відхиляється на половину ширини ДН вгору, ліворуч, вниз, вправо і т.д. Зазначені ДН перетинаються вздовж рівносильної лінії (РСЛ). Зміщення зонда з РСЛ призводить до амплітудної модуляції прийнятого сигналу з частотою сканування. Глибина модуляції пропорційна поточній кутовій помилці, а фаза модуляції відповідає напрямку зміщення зонда з РСЛ.

Квадрантне сканування здійснюється шляхом фазової маніпуляції чотирьох вихідних напруг АФАР за законами, представленими на рис. 2.3.

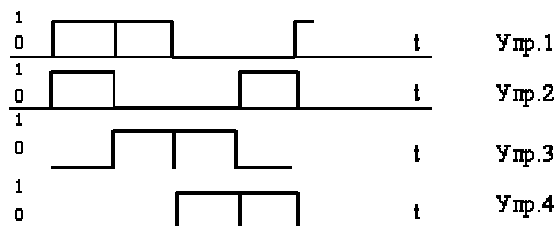
В існуючих системах радіозондування типу МАРЗ-АВК для обробки сигналів телеметрії зонда використовуються алгоритми оцінки періоду, засновані на підрахунку кількості рахункових імпульсів зразкового генератора за період з подальшим осередненням одержаних значень за великий інтервал часу.

Даний алгоритм досить просто реалізується, але має безліч недоліків. Серед найбільш істотних недоліків - низька стійкість до імпульсних перешкод, неможливість прямої оцінки якості сигналу за результатами його обробки і принципова часова дискретність. У програмному забезпеченні МАРЛ для обробки сигналів телеметрії зонда використовується модифікований метод автокореляційного аналізу імпульсного сигналу. Метод дозволив зробити процес обробки безперервним, підвищити сумарну завадостійкість телеметричного каналу на 8-10 дБ, проводити пряму оцінку рівня та якості сигналу. При розробці методу були вирішені проблеми прискореного розрахунку автокореляційної функції сигналу і її параметрів шляхом використання апріорних даних про її вигляді. Вказаний метод дозволив знизити на порядок загальні ресурсні витрати в обчислювальній системі в порівнянні з прямим розрахунком автокореляції.

а)



б)



в)

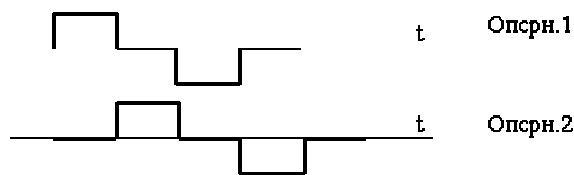


Рисунок 2.3 - Вимірювання кутових координат радіозонда з використанням квадрантного сканування: а) - функціональна схема; б) - управління напруги фазообертачів; в) - опорні напруги фазових детекторів

Фазові зсуви реалізуються з допомогою фазообертачів  $0, \pi/2$ , які управляються двійковими числами. Управляючому числу  $u_i=0$  відповідає зсув фази  $\phi_i=0$ ; якщо  $u_i=1$ ,  $\phi_i=\pi/2$ . З цих управляючих чисел формуються опорні напруги (рис. 2.3), що надходять на два фазових детектора. На інші входи фазових детекторів подається обвідна прийнятого сигналу з виходу

приймача (на частоті сканування) (рис. 2.3), одержана шляхом амплітудного детектування сигналу. На виходах фазових детекторів виходять напруги, пропорційні кутовим помилкам в двох ортогональних площинах. Напруги оцифровуються і надходять в мікро-ЕОМ, де коригуються числа, управляючи фазообертачами АФАР таким чином, щоб переміщенням РСЛ ліквідувати кутові помилки. При цьому в мікро-ЕОМ виробляються числа, що відповідають поточним кутовим координатам зонда  $\beta$  і  $\epsilon$ .

Для виключення втрат (3 дБ) в моменти випромінювання зондуючого сигналу і прийому відповідної реакції зонда квадрантне сканування вимикається шляхом обнулення фазообертачів, представлених на рис. 2.3.

У прийомному пристрої радіолокатора супергетеродинного типу використовується проміжна частота 200 МГц і лінійно-логічній посилювач проміжної частоти (ППЧ). На виході приймального пристрою формуються дві напруги:

- обвідна напруги на частоті 800 кГц;
- обвідна напруги на частоті квадрантного сканування.

Перша напруга (імпульси з частотою 800 кГц) надходить в далекомір, пристрій виділення телеметричної інформації знаходяться в оператора ПЕОМ.

Напруга на частоті 800 кГц надходить також на пристрій первинної обробки телеметричної інформації, яка періодично передається в наступному порядку: опорний канал - температура - вологість - температура - опорний канал і т.д.

Завдання первинної обробки:

- виділити каналні інтервали;
- виміряти періоди частотної маніпуляції, що несуть інформацію про температуру та вологість;
- виміряти тривалості інтервалів з максимальною частотою проходження імпульсів для впізнання опорного каналу.

Сигнал зонда "800 кГц", продетектований в приймачі, фільтрується на вході пристрою цифрової обробки (ПЦО). Смуга фільтра - 100 кГц. Компаратор перетворює сигнал в цифровий. Низькочастотний сигнал, відповідає закону частотної маніпуляції частоти "800 кГц", виділяється схемою фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ). Генератор

управляючої напруги (ГУН) ПЦО підлаштовується за сигналом зонда "800 кГц" напругою з виходу фазового детектора. Напруга на виході фазового детектора, відфільтроване ФНЧ, - це низькочастотна обвідна частотної маніпуляції сигналу зонда, яка подається на ПЕОМ в канал вимірювання телеметрії.

Друга напруга на частоті сканування надходить на два фазових детектора, на виходах яких утворюються напруги неузгодженості (напруги, пропорційні поточним кутовим помилкам).

В існуючих системах радіозондування типу МАРЗ-АВК для обробки сигналів телеметрії зонда використовуються алгоритми оцінки періоду, засновані на підрахунку кількості рахункових імпульсів зразкового генератора за період з подальшим осередненням одержаних значень за великий інтервал часу. Даний алгоритм досить просто реалізується, але має безліч недоліків. Серед найбільш істотних недоліків - низька стійкість до імпульсних перешкод, неможливість прямої оцінки якості сигналу за результатами його обробки й принципова часова дискретність. У програмному забезпеченні МАРЛ для обробки сигналів телеметрії зонда використовується модифікований метод автокореляційного аналізу імпульсного сигналу. Метод дозволив зробити процес обробки безперервним, підвищити сумарну завадостійкість телеметричного каналу на 8-10 дБ, проводити пряму оцінку рівня та якості сигналу. При розробці методу були вирішені проблеми прискореного розрахунку автокореляційної функції сигналу та її параметрів шляхом використанням апріорних даних про її вигляді. Вказаний метод дозволив знизити на порядок загальні ресурсні витрати в обчислювальній системі в порівнянні з прямим розрахунком автокореляції.

Основним завданням при обробці телеметричних сигналів радіозонда є завдання оцінки його періоду. Сигнали телеметрії, що надходять з зонда, являють собою бінарну послідовність імпульсів приблизно рівної тривалості наступних з певною частотою. В ідеальному випадку, імпульси можна прийняти як одиничний рівень, проміжки між ними як нульовий (рис. 2.4).

В реальних умовах прийому в сигналі присутній шум, який викликає додаткові поодинокі переходи в бінарній сигнальній послідовності. В описаних вище умовах оцінка періоду між імпульсами повинна бути максимально стабільною та достовірною. В доповнення для деяких

програм (наприклад, в зондах МРЗ-3) необхідно оцінювати і тривалість самих імпульсів.

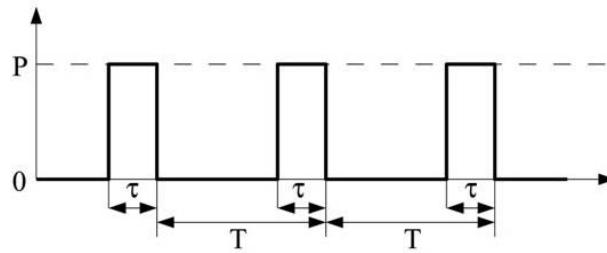


Рисунок 2.4 – Визначення періоду телеметричного сигналу

Алгоритм, який вирішує поставлені задачі заснований на аналізі автокореляційної функції, яка надходить на вхід сигналу. Сама функція розраховується за формулою:

$$F(x) = \int_a^b f(y+x) \cdot f(x) dy. \quad (2.2)$$

Для нашого випадку дискретної вибірки:

$$F_i = \sum_{j=0}^a f_{i+j} \cdot f_i. \quad (2.3)$$

Тут число  $a$  характеризує часове вікно, сигнал у якому впливає на формування корелограми. Для виключення крайових ефектів вікно повинно бути в кілька разів більше ніж максимально вимірюваний період. В ідеальних умовах (при відсутності шуму) корелограма має наступний вигляд (рис. 2.5).

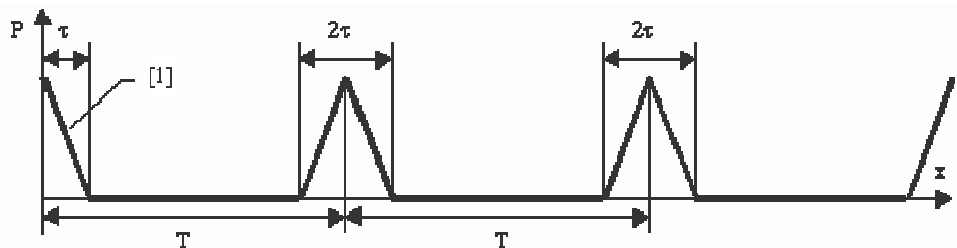


Рисунок 2.5 – Корелограма в ідеальних умовах

На рис. 2.5 тривалість імпульсів позначена через  $2\tau$ , а період між імпульсами через  $T$ . По вертикалі відкладена потужність, по горизонталі аргумент функції автокореляції.

З рис. 2.5 видно, що знаючи вид автокореляційної функції можна оцінити період прямування імпульсів і їх тривалість. Обчислення автокореляційної функції за формулою (2.3) вимагає для розрахунку корелограми з  $n$  елементів множень і додавань. При великих розкидах значень періодів, що підлягають вимірюванню, це число може бути дуже помітним. Так, при розкиді періодів від 2 мс до 50 мс, і при періоді вибірки в 0,050 мс необхідна довжина корелограми (параметр  $n$ ) становить більше 1000 елементів. Параметр  $a$ , який визначає довжину в часі аналізованого сигналу, потрібно взяти ще в кілька разів більше. Таким чином, кількість операцій обчислюється мільйонами, що навіть для сучасних обчислювальних засобів є солідною цифрою, особливо якщо врахувати необхідність аналізу в реальному масштабі часу.

Пропонований алгоритм дозволяє значно скоротити необхідну кількість операцій за рахунок відкидання непотрібних частин корелограми, таких як проміжок між нульовим і першим піком, а також вся корелограма після першого піку.

Першим кроком алгоритму є необхідність оцінки потужності корисного сигналу  $P$  і тривалості імпульсів. Для цього розраховуються перші кілька значень функції автокореляції за винятком нульового. Значення функції автокореляції при нульовому рядку найбільш сильно піддається впливу шумів, тому воно відкидається. Одержані значення наближаються лінійною функцією за методом найменших квадратів. Одержана функція наближення приймається за фронт спаду нульового піка (рис. 2.5). За її перетину з горизонтальною віссю оцінюється тривалість імпульсу, а за перетином з вертикальною віссю оцінюється значення потужності корисного сигналу.

На другому кроці оцінюється період прямування імпульсів. Маючи потужність  $P$  і тривалість імпульсу можна оцінити зверху і знизу значення періоду. Якщо є послідовність одиничних імпульсів, то період можна оцінити як:

$$\frac{\alpha \cdot \delta t}{\left[ \frac{P}{\tau \cdot l^2} \right] + 1} < T < \frac{\alpha \cdot \delta t}{\left[ \frac{P}{\tau \cdot l^2} \right] - 1}, \quad (2.4)$$

де  $\delta t$  - період вибірки сигналу;

$\left[ \frac{P}{\tau \cdot l^2} \right]$  - число імпульсів;

$\tau \cdot l^2$  - потужність одного імпульсу.

Таким чином, тепер ми маємо область, де має сенс шукати перший пік. В цій області знаходиться значення функції автокореляції порівнянне з  $P$ . Навколо знайденого значення в околиці радіусу порядку обчислюється центр ваги фігури, описуваної автокореляційної функції. Центр ваги обчислюється за формулою:

$$ц.в. = \varepsilon = \frac{1}{|b-a|} \int_a^b F(x) x \cdot dx. \quad (2.5)$$

Значення періоду приймається рівним положення центру тяжіння. Необхідно зазначити, що оцінка параметрів  $P, \tau, \varepsilon$ , що використовуються в алгоритмі стає точнішою при зменшенні періоду вибірки  $\delta t$ , що відповідає збільшенню деталізації корелограми.

Технологічно введення сигналів телеметрії (напряга з ФНЧ ФАПЧ 800 кГц на платі попередньої обробки) проводиться через один з цифрових входів спеціалізованої плати цифрового введення САО-02, встановленої в ПЕОМ посади оператора МАРЛ-А.

Канал дальності в системі МАРЛ реалізований в цифровому вигляді з використанням ЦСП (Цифрового Сигнального Процесора). На вхід 12-ти розрядного АЦП з частотою вибірки 3 МГц, пов'язаного з ЦСП, надходить сигнал зонда на проміжній частоті 800 кГц, який попередньо пройшов через аналоговий ФНЧ Батерворта другого порядку з частотою зрізу 450 кГц. Такою фільтрацією досягається послаблення несуттєвих частот вище 800 кГц, зменшення ефектів випадкової тимчасової синхронізації несучої 800 кГц і частоти вибірки АЦП, придушення частот вище частоти Найквіста. Далі сигнал оцифровується та надходить в цифровий інтегратор, реалізований програмно в ЦСП, де накопичується для подальшої обробки. Накопичення необробленого сигналу проводиться з

метою зменшення кількості операцій в основній програмі ЦСП, тому алгоритми обробки лінійні і допускається така перестановка операцій.

В основі виділення відповідної паузи зонда лежать два типи кореляційних знаходжувачів, які використовуються відповідно, коли зонд знаходиться в ближній і дальній зоні. В ближній зоні в якості виявляє функції використовується згортка сигналу з спеціально підібраним прототипом виявленого сигналу, який дозволяє послабити вплив місцевих предметів на визначення положення зонда (оптимальні некогерентні знаходжувачі). В дальній зоні, як візерунок, використовується вайвлет (сплеск) Морле, що дозволяє виділяти слабку паузу на фоні залишків несучої частоти 800 кГц і перешкод.

Виявлення паузи проводиться в регульованому вікні дальності від 40 м до 10 км, центр якого позиціонується виходячи з інерціального лінійного передбачення значення видалення зонда. Після одержання значення дальності проводяться додаткові перевірки достовірності її значення та прогноз стану центру вікна.

Реалізована схема роботи каналу дальності дозволяє, як підвищити чутливість системи і якість роботи при невеликих значеннях потужності запитного сигналу передавача МАРЛ, так і дозволяє контролювати достовірність та стійкість одержуваних оцінок дальності на великих віддальях зонда від станції.



## ВИСНОВКИ

За вісімдесят років свого розвитку радіозондування атмосфери пройшло цілий ряд якісних етапів, які характеризувалися збільшенням висоти, автоматизації вимірювань і обробки даних. За ці роки метод радіозондування атмосфери зазнав величезних змін - від прийому інформації на слух, громіздкою ручною обробкою та передачі даних до повністю автоматичного прийому, обробки та відправки аерологічних повідомлень у спеціалізовані канали зв'язку. Радіозонд пройшов шлях від приладу вагою близько 2-х кг до мініатюрного пристрою легше 200 гр.

З виконаного огляду сучасного стану техніки радіозондування видно, що на основі тісної співпраці та взаємодії промислових підприємств з науковим колективом Вузу вдалося в короткі терміни створити якісно нову апаратуру радіозондування атмосфери та програмне забезпечення до неї, що відповідають сучасним вимогам. В результаті виконаного комплексу робіт вперше створено навігаційний АРЗ з сучасним цифровим радіоканалом і технічними характеристиками, що перевершують вітчизняні радіолокаційні АРЗ.

Перспектива пов'язана з модернізацією існуючих і розробкою нових систем радіозондування шляхом застосування автодинних НВЧ генераторів в якості мініатюрних і дешевих прийомо-передавачів - відповідачів сигналів запросного радіолокатора. Представляє інтерес також розробка цих генераторів в гібридно-монолітному виконанні на базі польових НВЧ транзисторів, які в порівнянні з біполярними транзисторами мають більш високий ККД. Крім того, враховуючи високі показники цих транзисторів в освоєнні високих частот, вважаємо можливим перехід систем радіозондування на використання радіохвиль короткохвильової частини сантиметрового і навіть міліметрового діапазонів довжин хвиль випромінювання. В цих діапазонах РЛС по ряду параметрів і характеристик, в тому числі за масою і габаритами, мають значні переваги.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Иванов В. Э., Фридзон М. Б., Ессяк С. П. Радиозондирование атмосферы: Технические и метрологические аспекты разработки и применения радиозондовых измерительных средств / под ред. В.Э. Иванова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. - 606 с.
2. Белов Н.П. Метеорологические радиолокационные станции: Учебное пособие – Ленинград: Гидрометиздат, 1976.- 368 с.
3. Перелигін Б.В., Велика О.І. Методи дистанційного зондування навколишнього середовища: Конспект лекцій-Одеса: ОДЕКУ, ТЕС 2012.- 180 с.
4. Зайцев Н.А. Аерология. – Л: Гидрометиздат, 1990. – 325 с.
5. Ефимов А.А. Принципы работы аерологического информационного вычислительного комплекса АВК-1: Учебное пособие.- Москва: Гидрометиздат,1989. – 148 с.
6. Аэрологический радиолокационный вычислительный комплекс «ВЕКТОР-М» Руководство по эксплуатации ИВТЯ.400800.001 РЭ, 2007. - 77с.