

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до лабораторних робіт з дисципліни

РАДІОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

Одеса – 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до лабораторних робіт з дисципліни

РАДІОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

"Затверджено"
Методичною комісією факультету КН.
протокол № ____ від _____ 2017 р.
Декан факультету КН
_____ Л.В. Коваленко

Одеса – 2017

Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт з дисципліни «Радіометеорологічний моніторинг» для бакалаврів 4 курсу денної форми навчання за напрямком - 6050101 "Комп'ютерні науки". /Вельміскін Д. І., Гор'єв С.А., – Одеса, ОДЕКУ, 2017 р. – 36 с

Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт з дисципліни «Радіометеорологічний моніторинг» для бакалаврів 4 курсу денної форми навчання за напрямком - 6050101 "Комп'ютерні науки". /Вельміскін Д. І., Гор'єв С.А., – Одеса, ОДЕКУ, 2017 р. – 36 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

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна “ РАДІОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ” є нормативною дисципліною підготовки бакалаврів за спеціальністю комп'ютерні науки, шифр 6050101 і відноситься до циклу професійної та практичної підготовки.

Метою курсу є підготовка фахівців, які володіють знаннями в галузі радіолокаційного моніторингу та спостережень навколишнього середовища.

Завдання дисципліни полягає у вивченні принципів побудови та аналізу роботи радіолокаційних приладів, вимірювань та практичного використання отриманих даних.

Дисципліна "Радіометеорологічний моніторинг" є дисципліною, що дозволяє спеціалістам вивчити будову та принципи радіолокаційного моніторингу, та обробки радіометеорологічної інформації.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

Знати:

- теоретичні основи побудови радіолокаційних приладів, та методів радіометеорологічного моніторингу;
- основи тестування та метрологічних вимірювань радіотехнічних пристроїв;
- способи обробки, інтерпретації та практичного використання результатів радіометеорологічних спостережень які забезпечують необхідну точність і єдність вимірювань;

Вміти:

- отримати стандартну радіометеорологічну інформацію;
- отримати загальні характеристики куле-пілотного вимірювання атмосфери.

Вивчення даної дисципліни базується на знаннях, які одержані з дисциплін "Фізика", "Вища математика", "Основи електроніки, автоматики та цифрової техніки", "Фізика атмосфери".

Мета методичних вказівок – надати студентам допомогу у вирішенні практичних задач при використанні систем радіометеорологічних вимірювань.

У даних методичних вказівках приводяться теоретичні відомості, необхідні для виконання лабораторних робіт, а також мета, завдання і порядок виконання кожної роботи. Приведені також вимоги до оформлення звіту з кожної лабораторної роботи.

При виконанні лабораторної роботи кожен студент відповідає на теоретичні питання і, потім, після одержання допуску, практично виконує роботу.

Під час проведення лабораторних робіт проводиться модульний

контроль, який складається з одного практичного модуля. Максимальна оцінка ЗМ-П1 – 50 балів.

Збірник методичних вказівок складається з 2 лабораторних робіт:
«Дослідження направлених властивостей антени метеорологічного радіолокатора», «Перевірка працездатності радіозонда».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Белоцерковский Г. Б. Антенны. – М. ч. 2 – 1980. с.25-44.
2. Корбан В.Х., Дегдарьова Л. М. Метеорологічна радіолокаційна техніка: Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. – Одеса: ОГМІ, 2001р – с.45.
3. Павлов Н.Ф. Аэрология, радиометеорология и техника безопасности. — Л.: Гидрометеоздат, 1980. - 430 с.
4. Наставление Гидрометеорологическим станциям и постам.- Л.: Гидрометеоздат, вып. IV, ч. III, 2003. - 311 с.
5. Киселев В.Н., Кузнецов А.Д. Методы зондирования окружающей среды (атмосферы). Учебник. - СПб., изд. РГГМУ, 2004. - 429 с.
6. Зайцева Н.А. Аэрология. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 325 с.
7. Гордієнко В.І. Методи гідрометеорологічних вимірювань : Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. – Одеса: Екологія, 2012.
8. Перелигін Б.В., Велика О.І. Методи дистанційного зондування навколишнього середовища: Конспект лекцій. – Одеса: Екологія, 2012. – с.179.

Лабораторних робіт № 1

«Дослідження направлених властивостей антени метеорологічного радіолокатора»

Метою роботи є дослідження направлених і діапазонах властивостей симетричною вібратора, ознайомлення і методикою вимірювання характеристик направленості антен.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. Під час виконання лабораторної роботи студент повинен

знати:

- призначення й класифікації елементів і приладів використаної апаратури;
- методику вимірювати характеристик направленості антен;
- правила використання та з'єднання радіотехнічних пристроїв;

вміти:

- виконувати ручне налагодження використаних пристроїв та конструювання лабораторної установки;
- досліджувати та вимірювати характеристик направленості антен та діапазоих властивостей симетричного вібратора;
- провести дослідження результату вимірювань і обчислень та внести результати в таблицю та графіки;

Теоретичні положення.

Направленістю антени називається її здатність випромінювати або приймати будь-яку кількість енергії по певним напрямках.

Для якісної оцінки направлення властивостей антени служить характеристика направленості, а для кількісної оцінки - числові параметри: ширина діаграми направленості 2θ , коефіцієнт направленої дії D і коефіцієнт підсилення G .

Характеристикою направленості антени називається залежність напруженості поля (або випроміненої потужності) від напрямку в просторі в рівновіддалених від антени точках. Графічне зображення цієї залежності $f(\theta, \varphi)$ називається діаграмою направленості.

Для того, щоб мати уяву про просторовий характер діаграми направленості, звичайно знімають діаграми направленості у двох взаємно перпендикулярних площинах, наприклад, горизонтальної і вертикальної. Побудову знятої діаграми направленості можна робити як в полярній, так і в прямокутній системах координат. Під час побудови діаграми направленості у

полярній системі координат із полюса (початок координат) під будь-якими кутами (θ) відкладають радіус-вектор, довжина якого пропорційна напруженості поля (або випроміненій потужності) у напрямку даного радіуса, а потім кінці цих радіусів-векторів з'єднують плавною кривою (рис. 1.1).

У прямокутній системі координат по осі абсцис відкладуться кут (θ), який характеризує напрямок випромінення у відповідній площині, а по осі ординат - величина напруженості поля (або випроміненої потужності), що представлений на рис.1.2.

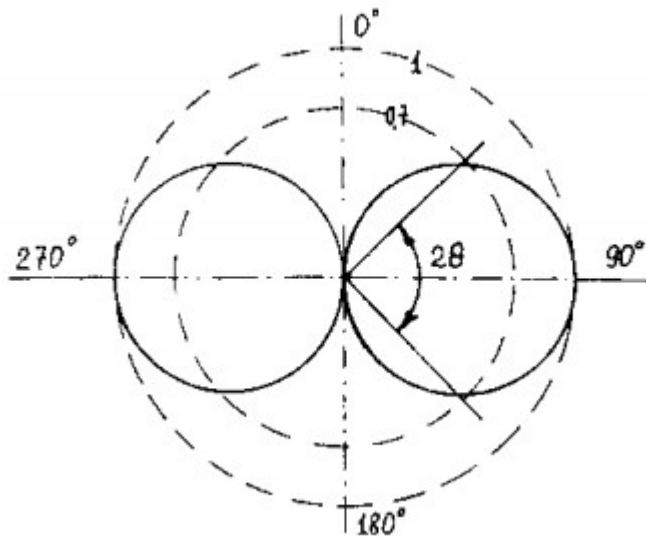


Рис.1.1 Діаграма направленості антени у полярній системі координат.

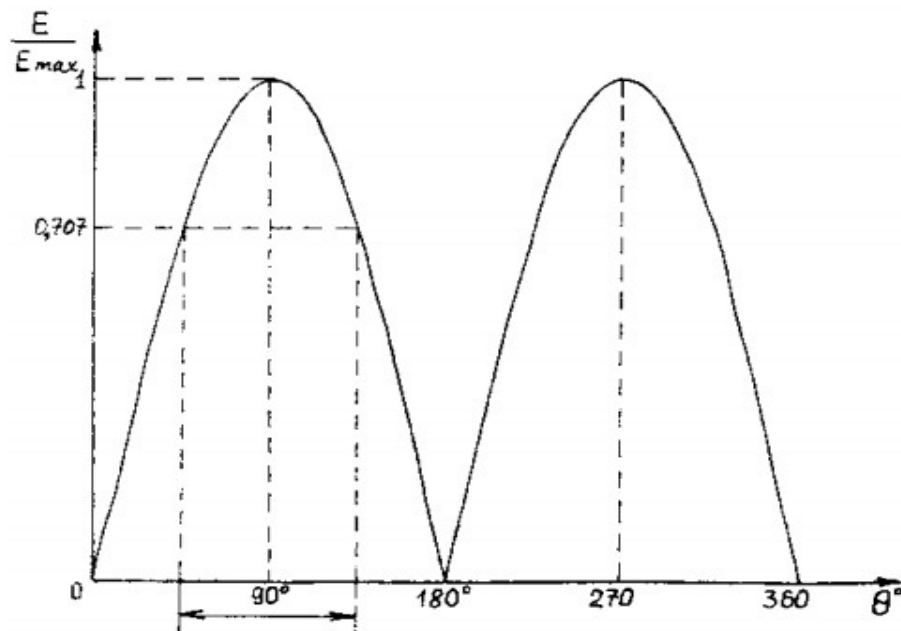


Рис.1.2 Діаграма направленості антени у прямокутній системі координат.

Діаграми направленості, які виконані в полярних координатах, відрізняються великою наочністю. У прямокутній же системі координат можна вибрати будь-який масштаб по обох осях і більш чітко виявити структуру складних діаграм, розтягнувши їх вздовж осі абсцис. Звичайно широкі діаграми направленості будують у полярній, а вузькі - в прямокутній системі координат.

Для висновку про направлені властивості антени являють інтерес не абсолютні значення параметрів електромагнітного поля, а їх відносний розподіл. Тому на практиці широко користуються нормованими характеристиками направленості, в яких величини напруженості або потужності виражені відносно їх максимального значення:

$$F(\theta, \varphi) = \frac{f(\theta, \varphi)}{f_{\max}(\theta, \varphi)}$$

У нормованих діаграмах максимальне значення завжди дорівнює одиниці.

ШИРИНОЮ діаграми направленості ($2 \cdot \theta_{0.5}$) називається кут між напрямками, вздовж яких напруженість поля зменшується в 0,707 разів у порівнянні з максимальною напруженістю поля (рис. 1.2). Якщо діаграма направленості знята по потужності, то ширина діаграми визначається на рівні половини від максимальної потужності.

Симетричний вібратор, що досліджується в роботі, є одним з широко розповсюджених видів антен в діапазонах КХ і УКХ. Симетричний вібратор являє собою прямолінійний, у середині розділений ізолятором, провід, у якого в симетричних (відносно середини) точках струми рівні по величині і однакові за напрямком. Якщо розподіл струму вздовж вібратора синусоїдальний, то для тонкою вібратору характеристика направленості у площинах, які проходять через вісь антени (меридіональних), визначається виразом:

$$f(\theta) = \cos \frac{\pi l \cos \theta}{\lambda}$$

де $f(\theta)$ - ненормована функція направленості по напруженості електричного поля;

θ - кут, який відраховується від осі вібратора;

l - довжина вібратора; λ - довжина хвилі.

Таким чином, форма діаграми направленості симетричного вібратора в меридіональних площинах залежить від величини відношення $\frac{l}{\lambda}$.

Для напівхвильового вібратора ($l = 0.5 \cdot \lambda$) характеристика направленості $f(\theta) \approx \sin(\theta)$, тобто діаграма направленості являє собою фігуру, яка нагадує вісімку, оскільки складається з двох кіл (рис. 1.3).

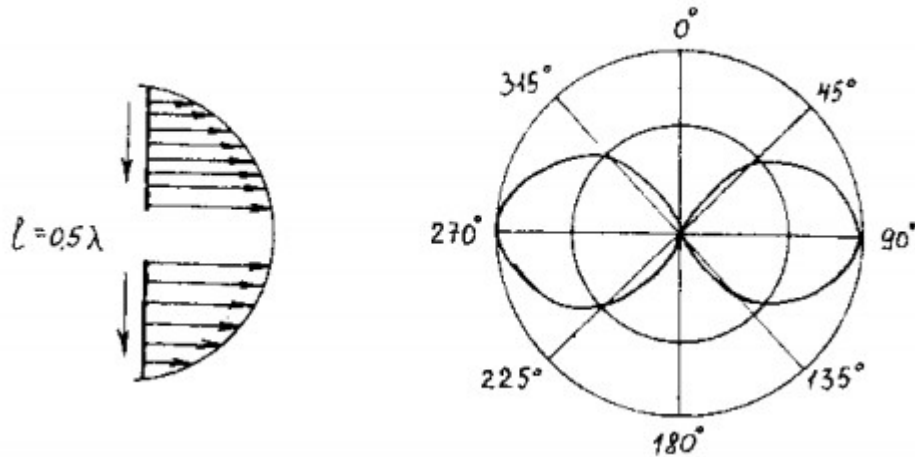


Рис.1.3 Діаграма направленості симетричного півхвильового вібратора.

Для хвильового вібратора ($l = \lambda$) нормована характеристика направленості визначається такою формулою:

$$F(\theta) = \frac{\cos(\pi \cdot \cos(\theta)) + 1}{2 \cdot \sin(\theta)}$$

У цьому вібраторі спостерігається покращення направлених властивостей у порівнянні з півхвильовим за рахунок двохкратного збільшення загального числа елементарних діполей, які складають симетричний вібратор, кожен із яких має направленість (рис. 1.4).

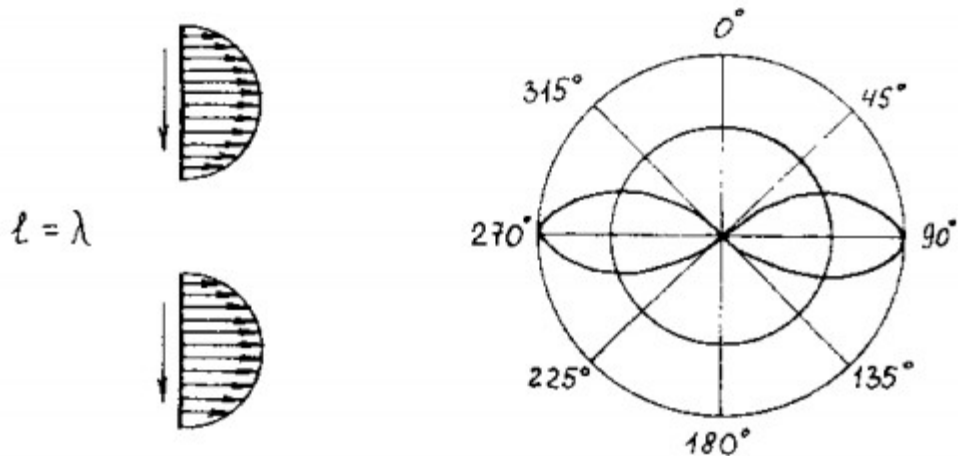


Рис.1.4 Діаграма направленості хвильового вібратора.

Надалі при збільшенні співвідношення $\frac{l}{\lambda}$ в антені з'являються ділянки з

протилежним напрямком струму (рис, 1,5 та 1.6), в результаті чого в діаграмі направленості з'являються додаткові пелюстки, а випромінювання в екваторіальній площині ($\theta=90$) зменшується.

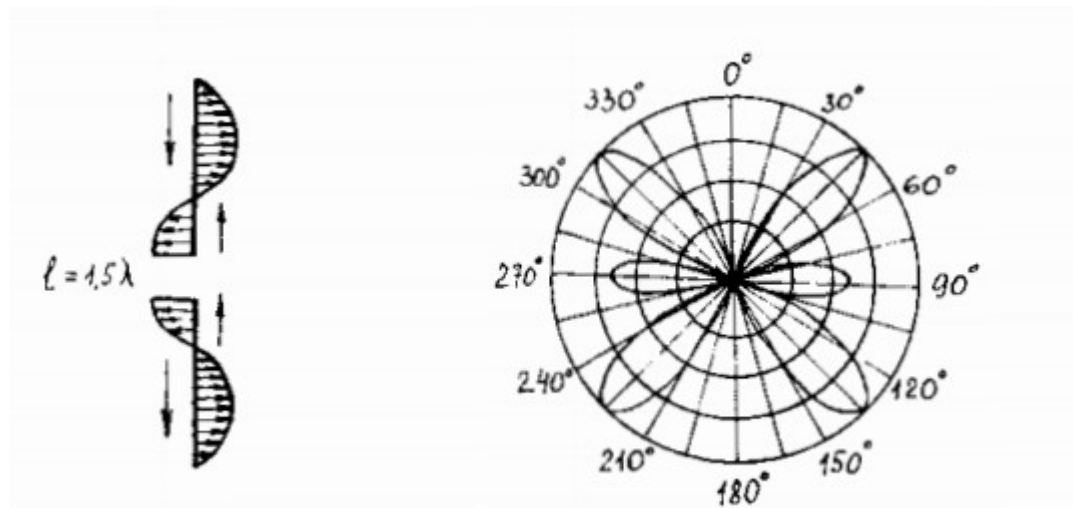


Рис.1.5 Діаграма направленості хвильового вібратора, довжина якого $1,5\lambda$.

Якщо довжина вібратора $l=2\cdot\lambda$, то ділянки із зустрічними напрямками будуть дорівнювати по довжині. Тому випромінювання в екваторіальній площині повністю зникне, бо поля зкомпенсують друг друга, і діаграма направленості буде мати вигляд, який зображений на рис. 1.6.

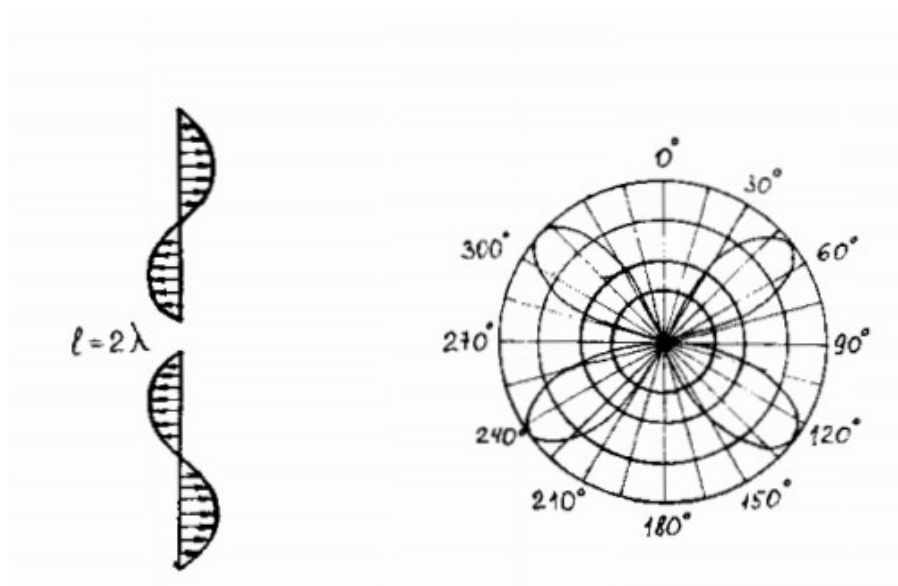


Рис.1.7. - Діаграма направленості хвильового вібратора, довжина якого 2λ .

Діаграми направленості, які зображені на рис. 1.3 - 1.6 , побудовані в припущенні тонких вібраторів, тобто таких, у яких діаметр менше довжини. Стівнення діаметрів приводить до того, що замість нулів в діаграмах направленості одержуються мінімуми випромінювання, а малі додаткові пелюстки робляться менше помітними.

У площинах, які перпендикулярні осям антени, симетричний вібратор не має направлених властивостей, а, отже, діаграма направленості буде являти собою коло.

Вхідний опір симетричного вібратора має як активну, так і реактивну складові. Якщо довжина вібратора дорівнює або кратна половині довжині хвилі його реактивний опір перетворюється в нуль. Така довжина вібратора називається резонансною.

Точна резонансна довжина вібратора на декілька відсотків менше цілого числа півхвиль. Причиною цієї різниці антен від довгих ліній є наявність випромінювання в антенах, які приводять до такої зміни розподілу стоячих хвиль вздовж вібратора, що в його вхідному опорі при довжині, кратній півхвилі, з'являється індуктивна складова, для компенсації якої довжину вібратора потрібно трохи зменшити.

Коефіцієнт скорочення K , який показує у скільки разів повинна бути зменшена розрахункова довжина вібратора, може бути знайдений по графікам на рис. 1.7а - для напівхвильового і на рис. 1.7б - для хвильового вібраторів.

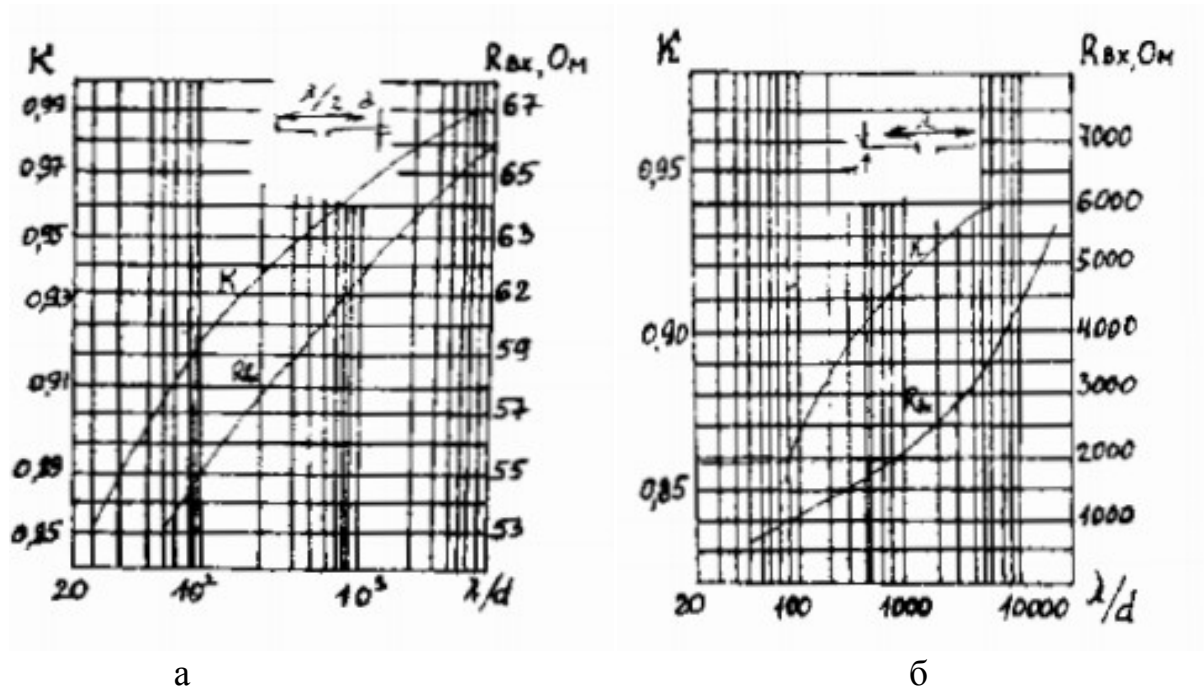


Рис.1.8 Залежність коефіцієнта скорочення вібратора від співвідношення $\frac{l}{d}$

Розглянемо приклад з використанням графіків. Нехай потрібно знайти геометричну довжину напівхвильового вібратора діаметром 2 мм, який працює на частоті $f = 375$ МГц. Ця частота відповідає довжині хвилі $\lambda = 80$ см. По графіку (рис. 1.7а) знаходимо, що відношенню

$$\frac{\lambda}{d} = \frac{800}{2} = 400$$

відповідає коефіцієнт скорочення $K = 0,945$. Таким чином, скорочена довжина вібратора дорівнює

$$K \cdot \frac{\lambda}{2} = 0,945 \cdot \frac{80}{2} \approx 38 \text{ см}$$

Якщо змінюється частота сигналу, який приймається, то величина електрорушійної сили на виході симетричного вібратора також буде змінюватися. Це обумовлено, по-перше, зміною реактивної частини вхідного опору антени і, по-друге, зміною характеристики направленості.

Якщо, підтримуючи постійною потужність джерела сигналу, зняти залежність електрорушійної сили від частоти, то одержимо амплітудно-частотну характеристику антени. По формі такої частотної характеристики можна робити висновок про полосу пропускання антени, про її діапазоні властивості.

Фідер, який підводить живлення до симетричного вібратора резонансної довжини, повинен бути узгоджений з ним, тобто хвильовий опір фідера

повинен дорівнювати вхідному опору вібратора. Якщо ж ці опори відрізняються друг від друга, то між фідером і вібратором включається узгоджувачий пристрій. Крім того, якщо симетричний вібратор живиться від несиметричного фідера у вигляді коаксіальної лінії, то крім узгодження вхідного опору вібратора з хвилеводним опором фідера, необхідно зробити симетрування, тобто забезпечити електричну симетрію кожної половини вібратора відносно заземленої оболонки фідера. Для рішення цієї задачі фідер підключається до антени через спеціальний симетруючий пристрій.

Напруженість електричного поля, яка створюється антеною, характеризується не тільки амплітудою і фазою, але і поляризацією.

Площиною поляризації хвилі вважається площина, яка проходить через напрямок її розповсюдження і вектор напруженості електричного поля.

Поляризація хвиль, які випромінюються симетричним вібратором, визначається його положенням у просторі, Вертикально розташований вібратор випромінює вертикально поляризовані хвилі, горизонтальний вібратор - горизонтально поляризовані хвилі.

Електрорушійна сила, яка індуктована у приймальному вібраторі, пропорційна проекції вектора напруженості електричного поля на вісь антени. Якщо приймальний вібратор розташований вздовж силових ліній електричного поля, то електрорушійна сила, буде найбільшою. Якщо приймальний вібратор орієнтований перпендикулярно силовим лініям електричного поля, то ніякої електрорушійної сили у ньому індуктуватися не буде. Тому для одержання максимального приймання передаючий і приймальний вібратори повинні бути однаково орієнтовані у просторі.

Описання лабораторної установки.

Для дослідження симетричного вібратора на рис. 1.9. наведена схема установки, яка складається з генератора дециметрового діапазону (ГД), що живиться через узгоджений і симетруючий пристрій **1** в передаючу антену **2**, яка використовується, як частотно-незалежна у робочому діапазоні частот.

Дослідною антеною є приймальна антена **3**. Вона може обертатися у горизонтальній площині на 360° з відліком кутів повороту по лімбу. Крім того, для дослідження впливу поляризації поля і зняття діаграми направленості в площині, яка перпендикулярна осі вібратора, обидві антени (передаюча і приймальна) можуть обертатися у вертикальній площині на кут 90° .

Для дослідження впливу геометричних розмірів симетричного вібратора на його характеристику направленості і полосу пропускання в роботі передбачені зміни: вібратори різної довжини і діаметра. Щоб уникнути включення дуже довгих і тонких вібраторів, зважаючи на їх малу механічну жорсткість, дослідження вібраторів довжиною $l=1,5\cdot\lambda$ і $l=2\cdot\lambda$ робиться при переході на більш високу частоту генератора.

Електрорушійна сила з виходу приймальної антени надходить на детектор 4, а випрямлений детектором струм вимірюється мікроамперметром 5 магнітоелектричної сили. Наближено можна вважати, що показання приладу пропорційні потужності, що приймається, або квадрату напруженості поля. Фільтр нижніх частот, який включається в проводи, що йдуть до приладу, розв'язує мікроамперметр і антену по високій частоті (рис. 1.10).

У лабораторній роботі діаграми направленості дослідних антен знімаються в режимі прийому, що більш зручніше, ніж в режимі випромінювання.

Діаграма направленості антени с характеристикою, яка не залежить від відстані. Для кожної антени під час знімання діаграми направленості можна підібрати мінімальну відстань між передаючою і приймальною антеною, при якій діаграма направленості практично одержуються такою ж, як і на безконечно великій відстані. Для цього відстань між антенами повинна бути такою, щоб дослідна приймальна антена виявилася у дальній зоні випромінювання передаючої антени, тобто в області простору, де напруженість поля убиває зворотно пропорційно відстані. Для дослідних антен у даній роботі - ця відстані, повинна бути не менше $(5 - 10)\lambda$.

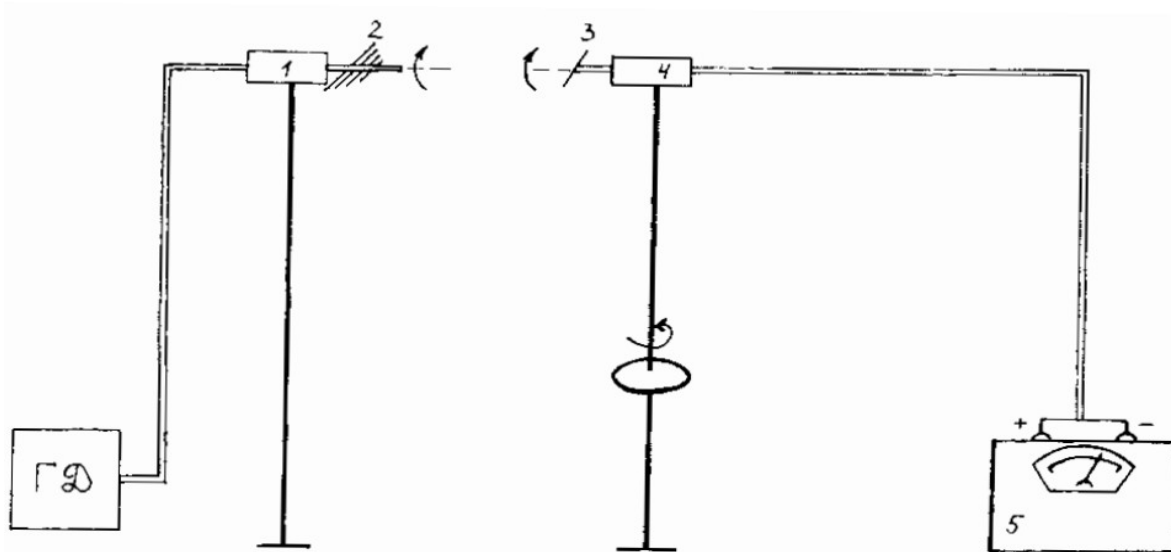


Рис1.9. – Схема установки симетричного вібратору.

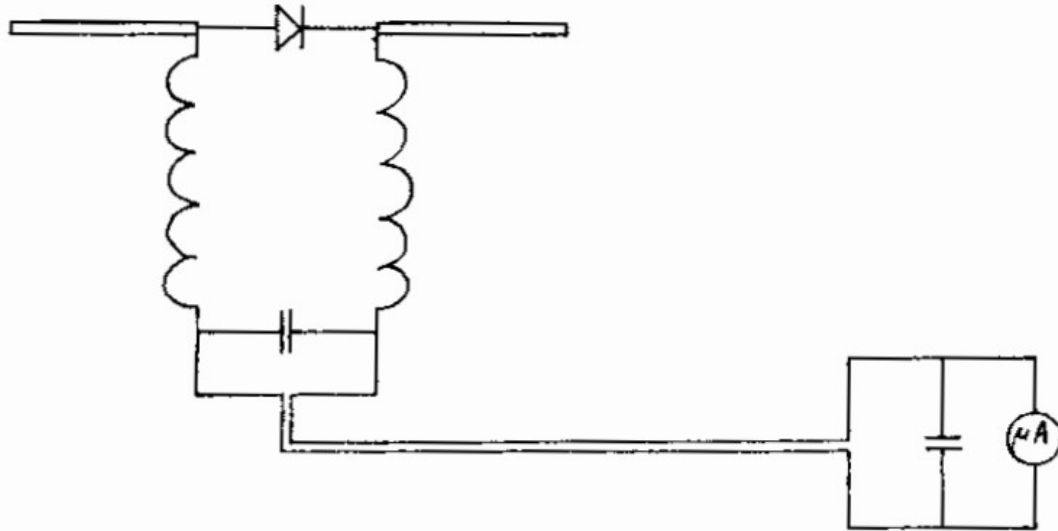


Рис1.10. – Схема фільтру низьких частот.

Для зняття діаграми направленості в екваторіальній площині (перпендикулярній осі вібратора) передаюча і приймальна антени розташовані вертикально, і приймальна антена обертається також ж навколо верти кальної осі.

Піл час зняття діаграми направленості необхідно слідкувати за тим, щоб потужність генератору, яка живить передаючу антену, залишалася постійною. Цю потужність треба підібрати таку, щоб в положенні максимального прийому стрілка індикаторного приладу відхилялася не менше, ніж на дві третини шкали. Для скорочення вираховування нормуванні діаграми дуже зручно установити показання приладу при максимальному відхиленні на 100 поділок. При вимірюванні бокових пелюстків діаграми направленості достатньо фіксувати їх максимуми і мінімуми. Для зняття амплітудно-частотної характеристики антени необхідно установити її у напрямку максимума діаграми направленості. Потім, змінюючи частоту генератора через ± 5 МГц від основної частоти, зробити запис рівнів сигналів, що приймаються, по показанням мікроамперметра. Полоса пропускання антени визначається при цьому на рівні 0,5 від максимального показання приладу. Як джерело живлення передаючої антени в роботі використовується генератор ГЧ-107.

Запитання для самоперевірки

1. Як розподілені струм і напруга вздовж симетричного вібратора довжиною $l=0,5\lambda, l=1\lambda, l=1,5\lambda, l=2\lambda$?
2. Чим відрізняються нормовані характеристики направленості від ненормованих?

3. Яку форму має діаграма направленості симетричного вібратора в площині, яка проходить через вісь вібратора при: $l=0,5\lambda$, $l=1\lambda$, $l=1,5\lambda$, $l=2\lambda$?
4. Яку форму має діаграма направленості симетричного вібратора в площині, що перпендикулярна його осі?
5. Як визначається ширина діаграма направленості по напруженості поля і по потужності?
6. Як відбивається на формі діаграма направленості збільшення діаметру проводу вібратора?
7. Що таке амплітудно-частотна характеристика антени?
8. Від чого залежить ширина полоси пропускання антени?
9. Для чого робиться скорочення резонансної довжини вібратора? Від чого залежить величина скорочення?
10. Чим визначається поляризація поля симетричного вібратора?

Порядок проведення лабораторної роботи

1. Перед виконанням лабораторної роботи проводиться усне опитування теоретичного матеріалу та визначення мети лабораторної роботи.
2. Викладачем проводиться інструктаж з техніки безпеки. Після чого студент розписується в журналі з „Техніки безпеки”.
3. Якщо студент одержав незадовільну оцінку з теоретичного матеріалу, то до виконання лабораторної роботи він не допускається.
4. Кожен студент виконує лабораторну роботу індивідуально.

Забороняється:

1. Проводити вимірювання струмів і напруг лабораторної установки з несправними приладами.
2. Використовувати для вимірювань нестандартні прилади.
3. Працювати з увімкненими приладами без діелектричних ковриків.
4. Проводити вимірювання в лабораторній установці без діючої системи захисту, яка забезпечує безпеку шляхом автоматичного вимкнення ланцюгів електроживлення.

Використовувана апаратура.

1. Генератор ГЧ-107.
2. Передавальна антена.

3. Приймальна антена.
4. Узгоджуючий пристрій,
5. Детектор.
6. Мікроамперметр.
7. Фільтр нижніх частот.

Порядок виконання роботи.

1. По заданим значенням частоти f_i , і діаметру антени d_i визначити геометричну довжину (з врахуванням скорочення) півхвильового і хвильового вібраторів.

№ варіанту	f_i , (МГц)	d_i , (см)
1	100	2
2	150	4
3	200	3
4	250	2
5	300	2
6	350	2
7	400	1
8	500	1
9	600	1
10	700	1

2. Визначити довжину напівхвильового вібратора (з врахуванням скорочення) для тієї ж частоти f_1 , але для більшою діаметру антени d_2
3. Визначити електричну довжин; (без врахування скорочення) вібраторів довжиною $l=1,5 \cdot \lambda$ і $l=2 \cdot \lambda$ для заданої частоти генератора.
- 4 Розрахувати нормовану характеристику направленості вібратора довжиною $l=1 \cdot \lambda$ в меридіанній площині. Результати розрахунку занести в табл.2. За даними розрахунку побудувати діаграму направленості в полярних координат.

Таблиця 2 - Нормована характеристика направленості вібратору $l=1 \cdot \lambda$

θ°	90	80	70	60	50	40	30	20	0
F(θ)									

- 5 Розрахувати один пелюсток нормованої характеристики направленості вібратору довжиною $l=2 \cdot \lambda$ меридіональній площині. Результати розрахунку занести в табл. 3. За даними розрахунку побудувати діаграму направленості антени в полярних координатах, викреслюючи інші пелюстки симетрично розрахованому.

Таблиця 3 - Нормована характеристика направленості вібратора $l=2 \cdot \lambda$

θ°	20	30	40	50	60	70	80	90
$f(\theta)$								
$F(\theta)$								

6. Підготувати генератор Г4-107 до роботи.
7. Установити частоту генератора, яка дорівнює f_i , . Зняти діаграму направленості по потужності тонкого напівхвильового вібратору, який розрахований у п. 1. в екваторіальній площині в секторі кутів від 0° до 360° . Результати вимірювань занести в табл.4.

Таблиця 4 - Результати вимірювань діаграми направленості напівхвильового вібратору в екваторіальній площині.

θ°	30	60	120	180	210	240	270	300	330
α									
$\frac{\alpha}{\alpha_{max}}$									

Де α - показання індикаторного приладу для даного напрямку;
 α_{max} - максимальне показання приладу.

8. Повернути передаючу антену на 90° навколо горизонтальної осі так, щоб випромінювалася горизонтальна поляризована хвиля. Переконавшись, що відсутнє приймання сигналів при вертикальному розташуванні приймального вібратора. Обертаючи на 90° вісь приймальної антени, спостерігати як збільшуються показання індикаторного приладу.
9. Зняти діаграму направленості тонкого напівхвильового вібратору по напруженості поля в меридіональній площині в сектор; кутів $0 - 360^\circ$. Результати вимірювань записати в табл.5.

Таблиця 5 - Результати вимірювань діаграми направленості напівхвильового вібратора в меридіональній площині.

θ°	30	60	120	180	210	240	270	300	330
α									
$\frac{\alpha}{\alpha_{max}}$									

10. Зняти амплітудно-частотні характеристики напівхвильових вібраторів. Результати вимірювань записати в табл.6

Таблиця 6 - Амплітудно-частотні характеристики напівхвильових вібраторів.

f, мГц	100	150	200	300	350	400	500	600	700
α									
$\frac{\alpha}{\alpha_{max}}$									

11. Установити і дослідити хвильовий вібратор, який розрахований у п.1. Зняти його характеристику направленості в меридіональній площині. Результати вимірювань записати втабл.7.

Таблиця 7 - Результати вимірювань діаграми направленості хвильового вібратора в меридіональній площині.

θ°	30	60	120	180	210	240	270	300	330
α									
$\frac{\alpha}{\alpha_{max}}$									

12. Установити по черзі вібратори, які розраховані у п.3, довжиною $l=1,5\lambda$ і $l=2\lambda$ замість дослідної антени. Орієнтуючі приймальні вібратори на передаючу антену у напрямку очікуваного максимуму діаграми направленості, добитися найбільшого відхилення стрілки мікроамперметра підстройкою частоти генератора поблизу її розрахункового значення і невеликих поворотів дослідних вібраторів в меридіональній площині довжиною $l=1,5\lambda$ і $l=2\lambda$. Результати вимірювань записати в табл.8 і табл.9.

Таблиця 8 - Результати вимірювань діаграми направленості вібратора $l=1,5\lambda$ в меридіональній площині.

θ°	30	60	120	180	210	240	270	300	330
α									
$\frac{\alpha}{\alpha_{max}}$									

Таблиця 9 - Результати вимірювань діаграми направленості вібратора $l=2\lambda$ в меридіональній площині.

θ°	30	60	120	180	210	240	270	300	330
α									
$\frac{\alpha}{\alpha_{max}}$									

13. Побудувати нормативні діаграми направленості в полярних координатах по даним п.п. 7, 9, 11, 12. Експериментальні діаграми будувати на одному листі з відповідною розрахунковою частиною. Зробити висновки і порівняння експериментальних і теоретичних діаграм направленості.
14. Для діаграм направленості в меридіональній площині напівхвильових і хвильових вібраторів визначити ширину діаграми направленості і порівняти її з теоретичною величиною.
15. Побудувати АЧХ напівхвильових вібраторів. Характеристики вібраторів будувати на одному листі у відносних масштабах по осям. По характеристикам графічно визначити полосу пропускання антен. Зробити висновок про залежність полоси пропускання від діаметру вібратора.

Порядок оформлення звіту та його представлення і захист.

Результати проведеної лабораторної роботи оформлюються протоколом. Він повинен містити такі дані:

- 1) тема лабораторної роботи;
- 2) мета лабораторної роботи;
- 3) короткі теоретичні відомості;
- 4) порядок проведення лабораторної роботи;
- 5) таблицю результатів досліджень;
- 6) висновки.

Заключний звіт містить самі істотні відомості по проектуванню лабораторної моделі, налаштуванню параметрів блоків, налагодженню й верифікації. Додаються також результати досліджень у вигляді таблиць. Відомості по лабораторній моделі і блокам повинні бути достатніми для відтворення лабораторних іспитів, а отримані результати повинні бути обґрунтовані.

Список використаної літератури

9. Белоцерковский Г. Б. Антенны. – М. ч. 2 – 1980. с.25-44.
10. Корбан В.Х., Дегдярьова Л. М. Метеорологічна радіолокаційна техніка: Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. – Одеса: ОГМІ, 2001р – с.45.

Лабораторних робіт № 2

«Перевірка працездатності радіозонда»

Мета роботи - вимірювання температури і вологості повітря за допомогою радіозонда.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. Під час виконання лабораторної роботи студент повинен

знати:

- будову датчиків температури і вологості повітря;
- будову і роботу радіозонда МАРЗ-2;
- методику вимірювання температури і вологості повітря за допомогою радіозонда МАРЗ-2;
- будову і роботу КВПАС-1М;

вміти:

- проводити збір радіозонда МАРЗ-2;
- робити перевірку працездатності радіозонда МАРЗ-2 за допомогою комплекту вимірювальних приладів КВПАС-1М;
- вимірювати частоту радіоблоку МАРЗ-2 за допомогою частотоміра 42-9 А;
- вимірювати частоту вимірювального генератора при увімкненні в ланцюг опорного опору, датчиків температури і вологості;
- по виміряним частотам визначати температуру і вологість повітря.

Теоретичні положення. На цей час аерологічна мережа України переведена на зондування мало габаритними аерологічними радіозондами. Ці зонди можуть працювати як з РЛС "Метеорит" ("Метеор"). Оскільки "Метеор" і "Метеори" мають відомі нам конструктивні відмінності [1,3], то і радіозонди, які працюють в комплексі з ним, теж мають відмінності, які не є, проте, принциповими. Радіозонди МАРЗ-2-1 призначені для роботи з РЛС "Метеор" і "Метеорит", а радіозонди МАРЗ-2-2 - з РЛС "Метеорит-2" і "Титан". Є ще модифікація МАРЗ-0 - це передавач-відповідач, який можна використовувати з будь-яким з типів РЛС при вітровому зондуванні.

Основні технічні характеристики.

Несуча частота у радіозондів всіх типів 1782 ± 8 мГц, частота проходження імпульсів (суперуюча частота) 800 кГц, чутливість до

імпульсів запиту РЛС 50 дБ. Діапазон вимірювання температури $+50^{\circ}\text{C}$ -80°C , вологості 15 - 58 % при температурі не нижче мінус 40°C . Діапазон зміни опорної частоти у МАРЗ-2-1 2080 ± 80 Гц, у МАРЗ-2-2 1080 ± 40 Гц. Тривалість паузи у випромінюванні радіозонда МАРЗ-2-1, 65 ± 15 мкс. МАРЗ-2-2, 240 ± 40 мкс. Черговість надходження телеметричної інформації $F_{on}, F_t, F_u, F_t, F_{on}$, при тривалості циклу 25сек. Живлення здійснюється від батареї 28-МХМ-01, яка видає напругу 28 і 9,5В. Вага радіозонда в зборці не більше 430 г, а передавача -310г.

Блок-схема радіозонда типу МАРЗ аналогічна блок-схемі радіозонду типу РКЗ (рис.5.1). Проте елементна база інша. Насамперед, в схемі немає жодної лампи, отже, нема необхідності у живленні великої ємкості. За рахунок цього і вдалося сильно зменшити вагу радіозондів.



Рис.2.1 -Блок-схема радіозонда типу МАРЗ: R_{on} - резистор опорної частоти; R_t - резистор температурної частоти; R_u - резистор частоти вологості.

Всі деталі, які використовуються при виготовленні радіозонда, випускаються серійно. Це з однієї сторони сильно здешевлює радіозонд, а з іншої - підвищує, надійність його роботи.

Автогенератор СВЧ безперервно вироблює електромагнітні коливання несучої частоти (1780 мГц). На ці коливання накладаються майже синусоїдальні коливання з частотою 800 кГц, які вироблюються (теж безперервно) генератором суперзвучних імпульсів.

Ці коливання необхідні для того, щоб забезпечити роботу передавача в режимі надгенерації, тобто зробити його здатним відповідати на запити РЛС більш потужним, ніж звичайно (приблизно на

15 %) випромінення з наступною паузою у випроміненні. Завдяки цьому за часом запізнення між імпульсом запиту РЛС і відповідною паузою радіозонда можливе вимірювання дальності до радіозонду.

Як первинний перетворювач температури використовується термістор типу ММТ-1, а вологості - традиційна тваринна плівка.

У мікрозондів типу МАРЗ первинні перетворювачі підключені послідовно с опорним опором. Електрокомутатор через R_{on} передає величину опору первинних перетворювачів на перетворювач опір-частота (ПОЧ). Тут в залежності від величини загального опору $R_{on}+R_t$, або $R_{on}+R_u$ вироблюється цілком певна кількість від'ємних імпульсів за одиницю часу. Ці імпульси надходять до автогенератора і зривають його коливання стільки разів за одиницю часу, скільки надходить імпульсів від ПОЧ. В кінцевому результаті кількість пауз у випроміненні передавача радіозонда однозначно визначається величиною вимірюваної метеовеличини на рівні радіозонда, тобто температурою або вологістю.

На відміну від радіоблока РКЗ в МАРЗ передбачена стабілізація живлення з напруги і струму, що істотно підвищує стійкість роботи.

Радіоблок МАРЗ-0 відрізняється від вищеописаних тим, що у нього відсутній блок перетворювача опір-частота і електронний комутатор. Відсутні також і первинні перетворювачі R_u і R_t . Призначення цього блоку в тому, щоб вироблювати відповідні сигнали на запити радіолокаційної станції, що необхідно для вимірювання дальності.

Радіоблоки МАРЗ, як і РКЗ проходять перевірку на обладнанні КВПАС-1м (комплект вимірювальних приладів аерологічної станції), який модифікований стосовно цих типів радіоблоків. Модифікація полягає у виготовленні спеціальних комутуючих роз'ємів, а також в застосуванні високо стабільних джерел живлення типу Б5-45 на 28,5 і 9,5 В, які являють собою компенсаційні стабілізатори із захистом від перевантажень і коротких замикань.

Серед серії малогабаритних радіозондів найбільш перспективним є МРЗ-ЗА. Це обумовлено цілим рядом властивих йому особливостей, які істотно підвищили надійність роботи і спростили автоматизацію обробки телеметричної інформації. Саме цей радіозонд завдяки його достоїнствам використовується в системі зондування з повною автоматичною обробкою безпосередньо на аерологічній станції системою АВК-І, яка являє собою подальший розвиток станцій типу „Титан". Остання оснащена спеціалізованою ЕОМ, що призначена для

забезпечення обробки інформації з видачею даних за кодом КН-04, КН-03 і телеграм „Шторм”.

За відмови спеціалізованої ЕОМ радіозонди МАРЗ-3А можуть бути оброблені в системі централізованої обробки на універсальній ЕОМ обчислювального центру.

Радіозонд МРЗ-3А є однією з моделей радіозондів 1Б25, розроблених Свердловським політехнічним інститутом. Принцип його дії дуже подібний до радіозондів типу РКЗ і МАРЗ, але мають й істотні відмінності. Радіозонд містить такі вузли (рис.2.2):

- датчик температури (ДТ);
- датчик вологості (ДВ);
- електронний комутатор (ЕК);
- вимірвальний перетворювач (ВП);
- формувач імпульсів (ФІ);
- надгенеративний прийомо - передавач (НПП);
- антену (А);
- стабілізатори напруги і струму (СНС);
- батарею живлення типу 28 МХМ-0.1.



Рис.2.2 - Структурна схема радіозонда МРЗ-3А.

Датчики температури і вологості здійснюють первинне

перетворення цих параметрів атмосфери в електричний опір відповідної величини. Як датчик температури використовується резистор ММТ-6, а датчик вологості - оксид алюмінію, а також традиційна тваринна плівка з перетворенням механічних характеристик в електричному опорі.

Електронний комутатор забезпечує почергове підключення до вимірювального перетворювача датчиків температури і вологості. Ці датчики підключаються послідовно з опорним резистором.

Вимірювальний перетворювач здійснює перетворення електричного опору датчиків в період надходження імпульсів температури (Т) або вологості (В). Міні-ЕОМ станції АВК-І обчислює потім значення $Y_i i Y_u$. Перехід від кількості імпульсів за одиницю часу до періоду їх надходження для кожного з метеопараметрів є однією з важливих відмінностей радіозондів типу МРЗ від МАРЗ.

Сигнали з вимірювального перетворювача надходять до формувача імпульсів, де вони подовжуються, що є необхідним для підвищення перешкодостійкості каналу системи - радіозондування "МАРЗ-ЗА-АВКТ". Крім того, формувач виробляє істотно різної тривалості імпульси температури і вологості. Команду на перехід від формування імпульсу однієї тривалості до другої подає електронний комутатор в момент перемикання датчиків. Таким чином, в залежності від того, який датчик підключений, імпульси на виході формувача імпульсів мають ту чи іншу тривалість, причому різниця з їх тривалості для конкретного радіозонду складає не менше 130мкс. Завдяки цьому АВК-І впевнено розділяє сигнали датчика температури від сигналів датчика вологості. В цьому полягає друга істотна відмінність радіозондів типу МРЗ. Сигнали радіозондів типу МАРЗ і РКЗ при зондуванні в приземному шарі в літній час. а також при збоях і замираннях часто мали одні й ті ж частоти як по температурі, так і по вологості, що утруднювало їх розділення. За цією причиною обробка телеметричної інформації на ЕОМ, незважаючи на програмні хитрування, часто виявлялася неможливою або мала грубі помилки в результатах [1].

Надгенеративний прийомо-передавач складається з автогенератора НВЧ, який поєднує функції генератора, високочутливого приймача запитних імпульсів від АВК-І і активного відповідача по каналу дальності, генератора суперуючих імпульсів (ГСІ), який виробляє прямокутні імпульси з частотою надходження 800

або 600 кГц, що забезпечують роботу НВЧ-АГ в режимі надгенерації.

Функціональні вузли радіоблока змонтовані на печатній платі, установленій всередині замкненого циліндричного стакану (для порівняння радіозонди типу МАРЗ мають форму куба), який спільно з випромінюваним вібратором і ємнісною шайбою утворюють антену радіозонда. Модуль НВЧ закріплюється до дна стакану всередині нього, а снаружи розташована з'єднана з ним антена. Остання являє собою четверть хвильовий вібратор, електричним противагою якого є стакан. Цей стакан є екраном, який захищає радіоблок від поля НВЧ, випромінене антеною.

В кришці стакану є пази, крізь які проходять роз'єми для підключення датчиків температури, вологості і батареї живлення.

Стабільна робота радіоблоку забезпечується стабілізацією напруги і струму для найбільш відповідних його вузлів.

Наведемо найбільш важливі характеристики радіозонда МРЗ: Радіозонди МРЗ-ЗА випускаються в двох модифікаціях: з частотою надходження суперуючих імпульсів 800 і 600 кГц. Відповідно вони мають додаткові позначення ЗА8 і ЗА6. Девіація частоти надходження суперуючих імпульсів знаходиться в межах 11 - 17 кГц при відхиленні від номінальних значень (800 і 600 кГц) не більше ніж -5 - +25 кГц. Для радіозондів першого типу час підключення того чи іншого датчика (час каналних інтервалів) дорівнює 5,1 - 5,4 сек, а для другого - 6,7 - 7,8 сек. Черговість надходження каналів, опорний, температурний, вологісний, температурний, опорний.

Діапазон зміни періоду надходження імпульсів вимірювального перетворювача такий:

- в температурному каналі при зміні опору датчика температури від 3 до 1000 кОм - 1562-5882 мкс;
- у вологісному каналі при зміні $1,5 < R_n < 15$ км - 1526-2564 мкс.

В той же час діапазон зміни тривалості імпульсів на виході формувача такий:

- в опорному каналі - 200 - 350 мкс;
- в температурному і вологісному каналах - 435-765 мкс.

При цьому, як уже відмічалось, різниця значень тривалості імпульсів в каналах температури і вологості не менше 180 мкс.

Радіозонди МРЗ-ЗА поставляються в упаковці по 30 шт. При цьому 15 шт. типу МРЗ-ЗА (ЗА6) і 15 шт. типу МРЗ-ЗА (ЗА8). Один комплект поставки крім радіозондів має комплект ЗВП, куди входить один запасний датчик температури і один - вологості з етикетками. В комплекті поставки новини бути і батареї (30 шт.) типу 28МХМ-0.1. Правда, поки батареї частіше надходять окремо в упаковці по 60 шт. Безпосередньо з заводу - виготовника батарей. Перевіряють збереженість і повноту комплектації у відповідності з упаковочним листом. Зовнішнім оглядом переконаються у відсутності механічних пошкоджень основних вузлів. Після цього перевіряють відповідність номерів складових вузлів радіозондів і номерів етикеток на ці вузли. Перевіряється також наявність тримачів термісторів і 30 комплектів шнурів.

Після перевірки повноти комплектації переходять до перевірки працездатності кожного з радіоблоків. При цьому перевіряються такі параметри:

- несуча частота;
- щільність потоку енергії випромінення;
- чутливість прийомо - передавача до запасного каналу;
- якість відповідного сигналу радіозонда;
- мінімальна частота суперування;
- працездатність датчиків радіозонда;
- працездатність електронного комутатора;
- мінімальні періоди повторення телеметричного сигналу в опорному, температурному і вологісному каналах;
- струми, які проходять по ланцюгам 9,5 і 27 В.

Перевірка технічних характеристик МРЗ-ЗА проводиться за допомогою комплекту приладів КПР-1 для перевірки малогабаритних радіозондів (аналої - КВПАСа). Іноді для цього використовують безпосередньо АВК-1.

Підготовка радіозонда до випуску не відрізняється від підготовки радіозондів типу МАРЗ і РКЗ, і здійснюється згідно [1].

Живлення радіозондів здійснюється від батареї 28МХМ-0,1 водозаливного типу, Індекс батареї інтерпретується як живлення

марганцева – хлорного - магнієве з максимальною напругою 28 В і ємністю 0,1 ампер-год.

Батарея складається з чотирьох секцій по 9,5 В кожна, набраних з елементів по 1,6 В кожна послідовним з'єднанням, аналогічно сухим батареям галетного типу. Три секції з'єднані послідовно і забезпечують напругу 28,5 В, а одна секція - окремо. Вона забезпечує напругу 9,5 В. Отже, живлення складається як би з двох самостійних батарей, розміщених в одному корпусі. Мінуси обох батарей для зручності з'єднані разом. Виводи оформлені у вигляді спеціальної чотириштиркової вилки, де стоїть окремо „мінус“, а потім „9,5 В“ і далі два виводи по 28,5 В.

Батарея звичайно зберігається в целофановому футлярі, який не треба розкривати без потреби, тому що батарея починає поглинати пари з повітря і постійно мимоволі розраджується.

Батарею готують до роботи в такому порядку. Спочатку її вилучають з поліетиленового чохла і переконуються у відсутності механічних пошкоджень, в надійності пайки виводів. Потім її заглиблюють на 6 хв. в посуд з водою при температурі 15-35°C.

Якщо батарея зберігалася при температурі нижче 10°C, то її потрібно спочатку протягом години або більше витримати при температурі не нижче 25°C, або провести замочування у воді при температурі 40-60°C.

В посуд батарея заглиблюється у вертикальному положенні чотириштриковою вилкою уверх. Шар води над батареєю повинен бути не менше 5 см, в той же час вилка повинна залишатися сухою. Щоб прискорити проникнення води, батарею злегка погойдують. Через 6 хв. батарею вилучають з води, струшують надлишок води.

Методика виконання лабораторної роботи.

Перевірка технічних характеристик МАРЗ-2.

1. Зовнішнім оглядом упевнитися у відсутності пошкоджень вузлів

радіозонда.

2. Перевірити працездатність і технічні характеристики радіозонда МАРЗ-2, для чого:

- зібрати вимірювальну схему (рис.2,4);
- установити пристосування МАРЗ/П4 на штирки роз'єму Ш6 стенду СП-1м комплекту КВПАС-1м;
- підключити радіоблок радіозонда до пристосування МАРЗ/П4, згідно рис.2.4;
- установити радіозонд на пристосування МАРЗ/П4 і підключити датчики температури і вологості до гнізд „ Дт” і „ Ду ” пристосування (рис.2.5);
- підключити штекери пристосування МАРЗ/П4 до джерел живлення Б5-45 згідно міркуванню та полярності;
- установити набірні перемикачі напруги на джерелах живлення Б5-45 в положення 32 і 10,5 В відповідно при вимкнених джерелах живлення;
- вимкнути джерела живлення і перевірити споживчі струми по ланцюгам 28 і 9,5 В. При максимальній напрузі 32 В - $I < 50$ мА, а при напрузі 10.6В - $I < 30$ мА. При мінімальній напрузі 24 В, $I > 35$ мА, а при напрузі 8,5 В - $I > 20$ мА. При перевірці максимальних споживчих струмів максимальні струми стабілізації повинні бути встановлені на Б5-45 50 і 30 мА, а при перевірці мінімальних споживчих струмів на Б5-45 необхідно установити струми стабілізації, що дорівнюють 30 і 20 мА.

Якщо в кінці перевірки радіоблока по максимально споживчому струму на передніх панелях Б5-45 спалахує хоч би одна з лампочок "Струм", а по мініальному споживчому струму не спалахує ні одна сигнальна лампочка, то радіозонд бракується. Після перевірки технічних характеристик радіозонда вимкнути джерело живлення і за допомогою набірних перемикачів установити на них номінальні, значення напруг 28 і 9,5 В.

3. Увімкнути джерело живлення Б5-45.

4. Увімкнути запитник 3-2 на КВПАС-1м, установити перемикач на стенді СП-1 в положення "Відповідь" і при тривалості розгортки осцилографа 0-70 1 мкс перевірити наявність і якість відповідного сигналу радіозонда. Глибина провалу відповідної паузи на екрані осцилографа повинна бути не менше 50 % амплітуди сигналу МАРЗ-2. Потрібно зняти поліетиленові чохла. В чохлах, в замоченому стані

батарея може зберігатися не більше 5 годин. Чохол потрібно зав'язувати ниткою.

Потім приступають до формування батареї, для чого її підключають до формувального пристрою до відповідного роз'єму і вмикають режим "активації". Через декілька хвилин, звичайно не більше 10, вмикають режим "Контроль" і спостерігають за напругою батареї за вольтметром. Формовка при цьому продовжується. При досягненні мінімальних значень, тобто 24,4 і 8,6 В по ланцюгам 27 і 9,5 В формування припиняють. Сформована батарея повинна бути використана не пізніше, ніж через 2 - години. По закінченню формування батарею відключають і зав'язують кожний з поліетиленових чохлаві окремо.

При роботі з батареєю на всіх етапах потрібно уникати короткого замикання між контактами, тому що це може вивести батарею з ладу. Підготовлену до роботи батарею приєднують до попередньо підготовленого радіоблоку. Батарею складують зверху радіоблока МРЗ-2. Або в спеціальний відсік при підключенні до радіоблоків тину МАРЗ.

Запитання для самоперевірки:

1. З яких вузлів складається радіозонд МАРЗ-2М?
2. Які датчики для вимірювання температури і вологості повітря використовуються в радіозонді?
3. Поясніть роботу радіозонда МАРЗ-2 за функціональною схемою.
4. Які частоти відповідають вимірюванню температури і вологості повітря?
5. Як виконується підготовка радіозонда до вимірювання метеопараметрів?
6. Викладіть принцип вимірювання температури і вологості повітря за допомогою радіозонда МАРЗ-2.
7. Як проводиться перевірка технічних характеристик радіозонда?
8. З якою метою використовується опорна частота?

Опис приладів, устаткування та інструментів, які використовуються при виконанні лабораторної роботи.

1. Радіозонд МАРЗ-2 в комплекті.
2. Комплект контрольно-вимірювальних приладів КВПАС-1м.
3. Графік статистичних характеристик перетворення частоти радіозонда по температурі і вологості.

4. Батарея живлення 28МХМ-0.1
5. Пристосування МАРЗ/П4.
6. Пристосування МАРЗ/П5.

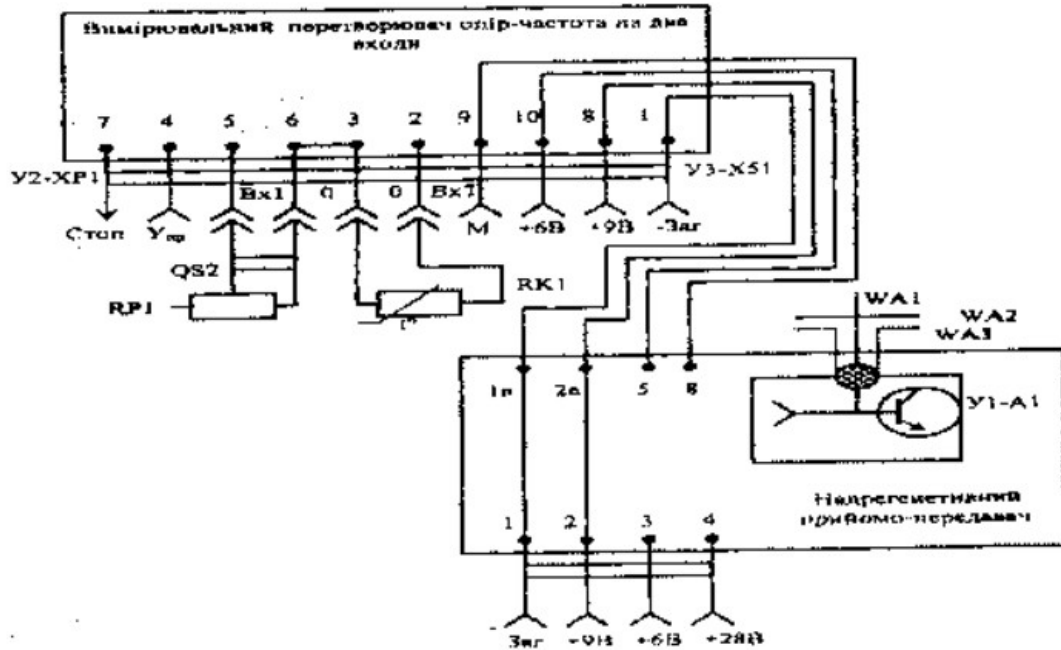


Рис.2.3 - Схема електричних з'єднань: RP1 - датчик вологості; RK1 - датчик температури, WA1 - антена; WA2 – шайба емнісна; WA3- екран антени.

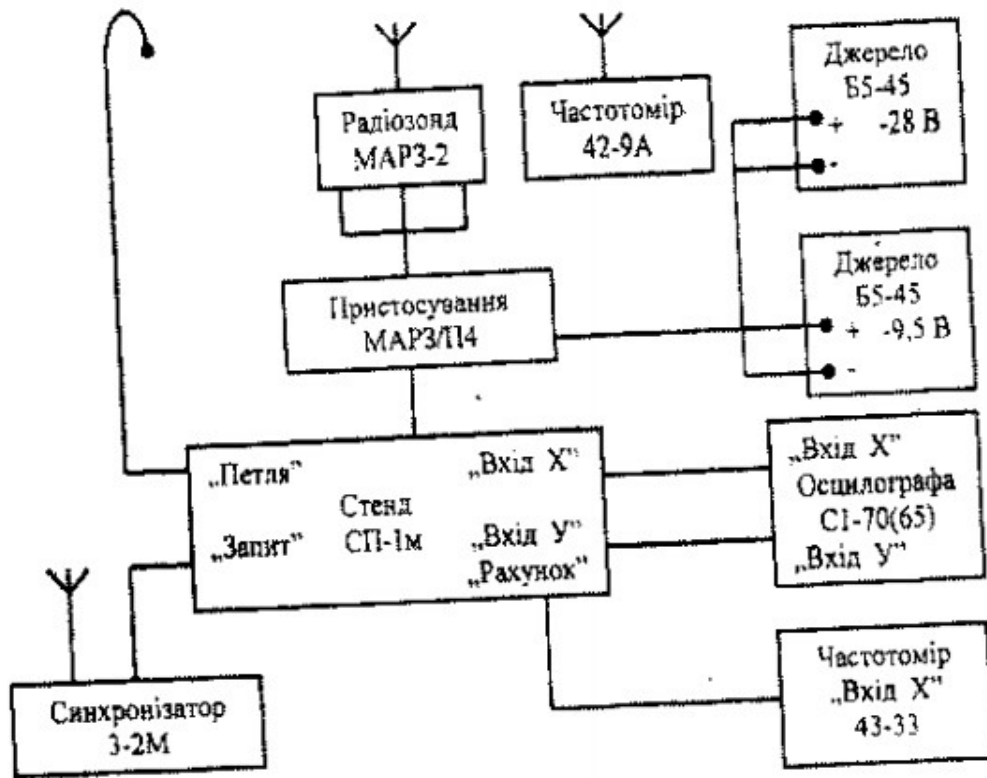


Рис.2.4. Функціональна схема перевірки радіозондів МАР3-2.

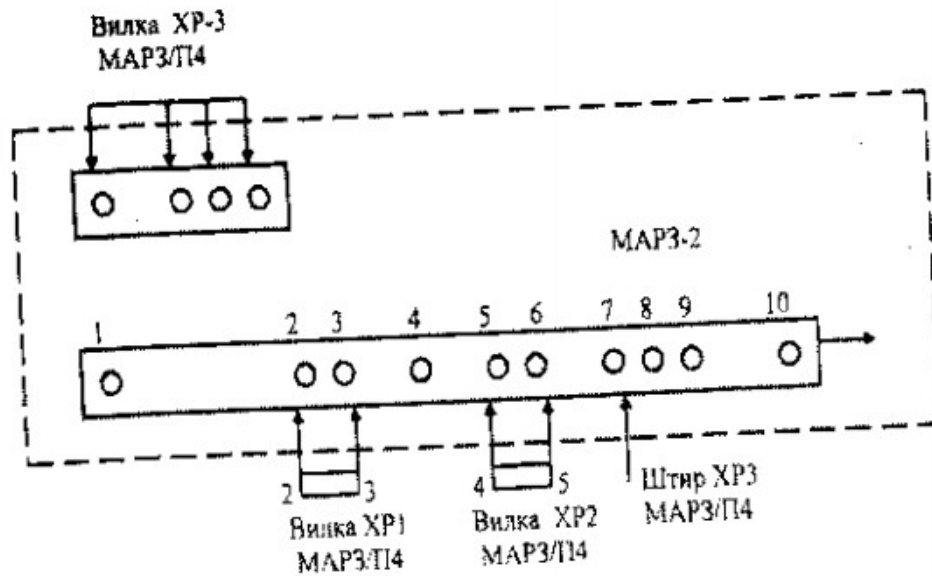


Рис. 2.5. Схема підключення МАРЗ-2 до пристосування МАРЗ/П4

Правила техніки безпеки та охорони праці, які необхідні при проведенні лабораторної роботи.

1. Підготовку радіозонда до вимірювання температури і вологості повітря необхідно проводити без вмикання джерел живлення.
2. В радіозонді є випромінення надвисокої частоти, тому час вимірювання температури і вологості повинне бути мінімальним (5- 10 хвилин).
3. Вмикати живлення КВПАС-1м тільки з дозволу викладача.
4. Закінчивши виконання лабораторної роботи, вимкнути живильну напругу установки і здати робоче місце завлабораторією.

Забороняється.

1. Залишати увімкненим генератор НВЧ радіозонда на час, більше ніж 10 хвилин.
2. Вмикати комплект вимірювальних приладів в мережу до тих пір, доки не буде повністю зібрана схема лабораторної установки.
3. Ремонтувати, розбирати і перевіряти схеми під час увімкненої напруги живлення.
4. Використовувати нестандартне обладнання під час проведення лабораторної роботи.
5. Без дозволу викладача робити вимірювання.
6. Для уникнення поразки високою напругою при роботі з пристроєм МАРЗ/П4, тумблери на стенді СП-1м "195 В", "6,1 В" і "2,4 В" вмикати *категорично заборонено*. Вмикати тільки тумблер "Мережа".

Порядок проведення лабораторної роботи.

1. Перед виконанням лабораторної роботи проводиться усне опитування теоретичного матеріалу і визначення мети лабораторної

роботи. Результати опитування заносяться до протоколу за підписом викладача.

2. Проводиться викладачем інструктаж з техніки безпеки. Після чого студент розписується в журналі з "Техніки безпеки".

3. Якщо студент отримав незадовільну оцінку з теоретичного матеріалу, то до виконання лабораторної роботи він не допускається.

4. Кожний студент проводить вимірювання температури і вологості повітря за допомогою радіозонда, пауза повинна бути 65 ± 15 мкс для MAP3-2-1 і 240 ± 40 для MAP3-2.

6. Установити перемикач на стенді СП-1 і пристрою MAP3/П4 в положення "Модуляція". За допомогою частотоміра 43-33, виміряти частоту проходження радіоімпульсів, яка повинна бути 800 ± 25 кГц.

7. Установити перемикач на стенді СП-1 в положення "Рахунок". Перемикач на MAP3/П4 в положення *Дт*. Тумблер на MAP3/П4 установити в положення "Пуск" і дочекатися появи опорної частоти. При її відсутності протягом 90 сук. радіозонд бракується.

8. При появі опорної частоти тумблер "Пуск-стоп" установити в положення "Стоп" і відрахувати опорну частоту *F_{оп}*. Порівняти її значення зі значенням *F_{оп}*, яке наведене у сертифікаті радіозонда (градуирований графік - СХП). Радіозонд бракується, якщо відраховане значення виходить за межі 2080 ± 80 Гц для радіозонда MAP3-2-1 і 1080 ± 40 Гц для радіозонда MAP3-2-2.

9. Тумблер "Пуск-Стоп" установити в положення "Пуск" до пропадання опорної частоти на табло частотоміра. За час не більше 10 с після пропадання останньої тумблер "Пуск-Стоп" установити в положення "Стоп" і відрахувати частоту температури *F_t*, по частотоміру. Якщо частота *F_t*, за час 30с не з'явилася, радіозонд бракується.

10. Поставити перемикач пристосування MAP3/П4 в положення "*Дт*", тумблер "Пуск-Стон" установити в положення "Пуск". Через 30 с по табло частотоміра відрахувати частоту вологості *F_в*. Якщо частота відсутня, радіозонд бракується.

11. По градуированому сертифікату радіозонда по відповідній частоті *F_t*, і *F_в*, визначають значення температури і вологості повітря.

Перелік використаної літератури.

1. Павлов Н.Ф. Аэрология, радиометеорология и техника безопасности. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980. - 430 с.

2. Наставление Гидрометеорологическим станциям и постам.- Л.: Гидрометеоиздат, вып. IV, ч. III, 2003. - 311 с.

3. Киселев В.Н., Кузнецов А.Д. Методы зондирования окружающей среды (атмосферы). Учебник. - СПб., изд. РГГМУ, 2004. - 429 с.
4. Зайцева Н.А. Аэрология. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 325 с.
5. Гордієнко В.І. Методи гідрометеорологічних вимірювань : Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. – Одеса: Екологія, 2012.

6. Перелигін Б.В., Велика О.І. Методи дистанційного зондування навколишнього середовища: Конспект лекцій. – Одеса: Екологія, 2012. – с.179.