

Д.І.Вельміскін

**АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ
МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВИМІРІВ**

Конспект лекцій

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

Д.І.Вельміскін

**АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ
МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ**

Конспект лекцій

Одеса
Екологія
2010

ББК 26.234.61

П17

УДК 556.5.08

Друкується за рішенням Вченої ради Одеського державного екологічного університету (протокол № _____ від ____ . ____ .200__ р.).

Вельміскін.Д.І.

П17 Автоматичні системи метрологічних вимірювань: Конспект лекцій.
-Одеса: Екологія, 2010. – 82 с.

В конспекті лекцій викладені основи побудови систем метеорологічних вимірювань і принципи роботи системи АСМАС Авіа-1.

© Одеський державний
екологічний університет, 2010

Зміст

1	Зміст і обробка гідрометеорологічної інформації за допомогою інформаційно-вимірювальних систем.....	4
1.1	Види і обсяги інформації.....	4
1.2	Автоматизовані системи спостереження.....	6
1.3	Технологічна схема збору і обробки оперативної інформації.....	9
1.4	Обробка режимної інформації.....	10
1.5	Статистична обробка багаторічних даних.....	17
2	Основи побудови автоматичних інформаційно-вимірювальних систем.....	22
2.1	Загальні відомості про датчики метеорологічної інформації.....	22
2.1.1	Вимірювальні перетворювачі температури.....	23
2.1.2	Перетворювачі тиску.....	39
2.1.3	Вимірювання вологості.....	44
3	Комплекс Амас Авіа-1.....	56
3.1	Призначення комплексу Амас Авіа-1.....	56
3.2	Склад комплексу Амас Авіа-1.....	56
3.3	Технічні дані і характеристики Амас Авіа-1.....	56
3.4	Будова комплексу Амас Авіа-1.....	59
3.5	Принцип роботи Амас Авіа-1.....	62
3.6	Запуск прикладної програми „АРМН”.....	70
3.7	Вимірювання температури і вологості повітря.....	78
3.8	Вимірювання напрямку і швидкості вітру.....	79
3.9	Вимірювання кількості атмосферних опадів.....	80
3.10	Заходи безпеки при використанні комплексу Амас Авіа-1.....	80
	Література.....	82

1 ЗМІСТ І ОБРОБКА ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФОРМАЦІЙНО - ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

1.1 Види і обсяги інформації

В наш час в світі щоденно проводиться більше 100 тис. спостережень за погодою біля поверхні землі і близько 20 тис. спостережень за станом верхніх шарів атмосфери, режимом поверхневих вод суші, морів і океанів. Цю роботу виконують тисячі гідрометеорологічних станцій і постів, сотні суден, літаків і суден погоди. Останніми роками величезний обсяг інформації почав надходити від метеорологічних супутників і ракет.

Гідрометеорологічна інформатика дуже різноманітна. Для зручності подальшого викладення серед гідрометеорологічної інформації виділимо такі види даних: метеорологічні, аерологічні, агрометеорологічні, гідрологічні, океанографічні. Крім того, може бути виділена інформація стосовно хімічного складу й забруднення зовнішнього середовища, деякі спеціальні види спостережень і інформація від метеорологічних супутників.

Гідрометеорологічна інформація може бути розділена на оперативну й режимну. Оперативна інформація, яка була використана при складанні прогнозів, надходить до прогностичних центрів у вигляді телеграм, складених за певними кодами. Оперативна гідрометеорологічна інформація досягає величезних обсягів .

Таблиця 1.1 - Приблизні обсяги деяких видів гідрометеорологічної інформації, що надходить щодня

Види спостережень	Коди	Загальний обсяг у тисячах десятичних знаків
Метеорологічні	КН-01 та ін.	1460
Аерологічні	КН-03, КН-04 та ін.	350
Агрометеорологічні	КН-21М	50
Гідрологічні	КН-15	50
Океанографічні	КН-09, Bathy та ін.	430

Проте, які б великі не були обсяги цих даних, все ж таки вони не включають повного набору гідрометеорологічних показників [1]. До оперативної роботи залучаються тільки найбільш репрезентативні пункти

спостережень. Наприклад, в гідрології лише близько 60% всіх постів оперативно подають відомості до прогностичних центрів. Таким чином, значна частина інформації залишається в книжках спостережень. Пояснюється таке положення тим, що передача даних по каналах зв'язку обходиться значно дорожче, ніж пересилка даних в центри поштою. Та й пропускна здатність таких каналів буває ще недостатньою. Іншою причиною необхідності збору гідрометеорологічних даних у вигляді журналів і таблиць є часте спотворення оперативної інформації через перешкоди на лініях зв'язку і труднощі її наступної систематизації. Все це приводить до того, що в наш час оперативна й режимна інформації використовуються паралельно. При цьому обидва ці потоки поступово зливатимуться в один, оперативний.

Результати всіх видів гідрометеорологічних спостережень на мережі не втрачають своєї цінності з часом. Вони постійно використовуються при розробці методів гідрометеорологічних прогнозів, складанні різних узагальнень (довідників, атласів, щорічників, щомісячників), кліматичному описі територій, розрахунку статистичних параметрів гідрометеорологічних елементів і підготовці різних довідок. Тому матеріали спостережень повинні постійно зберігатися й забезпечувати можливість багатократного звернення до них. З цією метою дані гідрометеорологічних спостережень заносяться на машинні носії. Як первинний машинний носій інформації для спостережень минулих років використовується 80-колонкова перфокарта. Роботи із створення фонду гідрометеорологічних даних на перфокартах були початі близько 30 років тому.

На перфокарти заносяться матеріали спостережень по станціях. Масиви перфокарт створюються по видах спостережень: метеорологічні, аерологічні, суднові, глибоководні та ін. Створенню перфокартотеки передувала велика науково-методична робота по розробці для кожного виду спостережень макетів перфокарт, інструкцій й керівництва по підготовці матеріалів до перфорації, а також по зберіганню й відновленню перфокарт. Створення перфокартотек здійснювалося спеціалізованими машинолічильними фабриками (МЛФ) і відділами механізованої обробки гідрометеорологічних обсерваторій. В наш час вже створено близько 450 млн. перфокарт, тобто приблизно така ж кількість спостережень перенесена на машинні носії. Причому перфокартотека постійно поповнюється новими даними. Її щорічний приріст складає приблизно 30 млн. перфокарт.

Оперативна і режимна інформація розрізняються не тільки швидкістю надходження в центри обробки, але й методами обробки.

1.2 Автоматизовані системи спостережень

Автоматизовані засоби спостережень у вигляді самописців різного призначення використовуються в гідрометеорології вже багато років. Ці прилади записують хід того або іншого гідрометеорологічного елемента протягом доби. Окремі типи самописців можуть працювати автоматично навіть місяць і більше. Реєстрація інформації здійснюється у вигляді графіка на паперовій стрічці. Застосування таких автоматичних пристроїв істотно збільшує обсяг гідрометеорологічної інформації, покращує її якість. Проте самописці старої конструкції мають істотний недолік у порівнянні з сучасними засобами обробки інформації. Як вже згадувалося вище, стрічки таких самописців доводиться обробляти й переносити інформацію з них на машинні носії вручну.

Найбільший ступінь автоматизації обробки даних досягається при використанні замість звичайних самописців автоматизованих пристроїв з реєстрацією інформації на машинний носій. В наш час в різних країнах розроблено декілька типів автоматичних гідрометеорологічних станцій. Прикладом такої станції є УАТГМС-4 (універсальна автоматизована телевимірювальна гідрометеорологічна станція). За допомогою цих станцій здійснюється вимірювання комплексу гідрометеорологічних елементів, а саме: температури повітря, атмосферного тиску, швидкості й напрямку вітру, вологості повітря, сонячного сьйва, рідких опадів, температури ґрунту на глибинах, відкладів ожеледі, нижньої межі хмар, дальності метеорологічної видимості, рівня й температури води. Станція має спеціальний пристрій для кодування й передачі інформації в оперативному режимі по каналу зв'язку в центри обробки. Крім того, на станції проводиться накопичення інформації на перфострічці, яка забезпечує використання її згодом для кліматологічних досліджень.

Окрім універсальних станцій широкого призначення, конструюються й знаходять застосування пристрою для реєстрації на машинний носій якого-небудь одного параметра або невеликого їх числа. До таких пристроїв відносяться, наприклад, автоматичні гідрологічні пости, які реєструють зведення про рівень води на паперову перфострічку. Останнім часом конструюються вимірювальні прилади з реєстрацією показань на магнітні стрічки [2].

Все більше застосування при гідрометеорологічних спостереженнях знаходять радарні установки, ракети, автоматичні буйкові (морські та океанічні) станції. Всі ці пристрої забезпечують автоматичне нанесення інформації на машинний носій.

Метод радіолокації базується на можливості отримання радіолуни від частинок хмар і опадів. Існування зв'язків між геометричними розмірами хмар і розмірами їх радіолуни, а також між мікроструктурою хмар і інтенсивністю радіолуни дозволяє використовувати особливості

просторового розподілу радіолокаційних характеристик, які визначають характер хмар, хмарні системи і явища погоди, пов'язані з ними. Такі можливості методу радіолокації, як практично миттєвий обхват великих площ і "просвічування" всієї товщі хмар, вигідно відрізняють його від інших методів, дозволяють у будь-який час доби отримувати інформацію як про вертикальний, так і про горизонтальний розподіл полів хмарності й пов'язаних з ними небезпечних явищ погоди. Радіус дії одного радіолокатора 300 км. З його допомогою можна отримати відомості про стан хмарності в мікро і мезомасштабах, виражені як чисельно (значення відбиваності поля хмарності), так і якісно (форми хмар, тип хмарної системи, характер явищ). Маючи в своєму розпорядженні дані мережі метеорологічних радіолокаторів (МРЛ) про просторово-часову мінливість значень відбиваності хмарних полів, можна виявити не тільки стан, але й еволюцію хмарності і явищ в часі й просторі.

Метеорологічні ракети застосовуються для зондування атмосфери до висоти близько 90 км. Ракета, що піднялася до такої висоти, потім опускається на парашуті, і датчики вимірюють параметри атмосфери на різних висотах. Результати вимірювань, як і результати вимірювань радіозонда, передаються по радіо в пункти зондування і записуються самописцем на паперову стрічку. Далі ці записи аналізуються, дані з них наносяться на машинні носії для подальшого введення в ЕОМ і автоматизованої обробки.

Принципово нову якість досліджень забезпечують штучні супутники Землі, які багато раз облітаючи земну кулю, знаходяться тривалий час у високих шарах атмосфери. Це тим більш важливо, що близько 2/3 поверхні земної кулі покрито водою, а значна частина суші – малодоступні райони (пустелі, гори, полярні зони й тому подібне), і на всій цій площі дуже мало пунктів гідрометеорологічних спостережень. З цієї точки зору використання супутників для гідрометеорологічних досліджень дуже ефективно.

Метеорологічний супутник – це автоматична лабораторія, що літає, обладнана складною електронною апаратурою спостереження, запам'ятовування й передачі. Такий супутник дозволяє отримати інформацію про погоду в планетарному масштабі за достатньо короткий термін.

Джерелом метеорологічної інформації при спостереженні Землі з космосу є просторові, часові й кутові варіації інтенсивності електромагнітних хвиль, що відбиваються або випромінюються, системою Земля – атмосфера в різних ділянках спектра. Реєстрація інтенсивності електромагнітних хвиль у відповідних ділянках спектра є основою для одержання метеорологічних космічних даних. Інформація, яка реєструється метеорологічними супутниками, може бути умовно розділена на дві групи.

До першої групи даних відносять зображення хмарності й підстильної поверхні, зареєстровані супутниковою апаратурою у видимому і інфрачервоному діапазонах електромагнітних хвиль. Таку апаратуру називають оглядовою. До неї відносять телевізійні (ТВ) і інфрачервоні (ІЧ) системи супутника. Ці системи проводять зйомку об'єктів Землі та її атмосфери, як на денній, так і на нічній (тільки ІЧ системи) стороні Землі.

До другої групи відносяться вимірювання або абсолютного значення випромінювання системи Земля – атмосфера, або їх контрастів на поверхні, що оглядається. Зйомка проводиться за допомогою апаратури, що носить назву вимірника. Вимірювальна актинометрична або радіаційна апаратура забезпечує одержання ряду кількісних характеристик радіаційного балансу системи Земля – атмосфера, а також характеристик для визначення температури підстильної поверхні суші і океану. Спектральні вимірювання дозволяють визначити вертикальні профілі температури і вологості повітря в атмосфері.

До супутників, призначених для одержання метеорологічної інформації, ставляться високі вимоги. Супутник має бути постійно орієнтований по відношенню до земної поверхні. Об'єктиви приладів мають бути весь час направлені на Землю. Враховуючи великий обсяг супутникової інформації, на борту супутника необхідно мати запам'ятовуючі пристрої і радіотехнічні системи, що забезпечують прийом команд із Землі і передачу на наземні приймальні станції всієї отриманої інформації.

Відомості, одержані від метеорологічних супутників використовуються для розробки прогнозів погоди. За їх допомогою виходять дані про розподіл хмарності над земною кулею, сніжного покриву і льодових полів, температури поверхні землі і цілого ряду інших характеристик. Потік гідрометеорологічної інформації із супутників настільки великий, що його практично, неможливо обробити вручну. З цієї причини невід'ємною частиною метеорологічних супутникових спостережень є комплекс наземного устаткування, що включає систему прийому і обробки інформації за допомогою ЕОМ.

Весь потік супутникової інформації має бути зібраний, оброблений і поширений в мінімально стислі терміни. Вимоги терміновості доведення є абсолютно обов'язковими для вирішення задач короткострокового прогнозу і особливо небезпечних явищ погоди. Інакше інформація застаріває і втрачає свою практичну цінність. Аналіз супутникових даних повинен проводитися спільно з даними мережі наземних гідрометеорологічних станцій.

Слід зазначити, що хоча вся супутникова інформація, що надходить по радіо в центр обробки, може бути автоматично зареєстрована на машинних носіях, частину її доводиться попередньо обробляти вручну. До

цієї інформації відносяться відомості про хмарність над земною кулею, які попередньо реєструються у вигляді фотографій. Далі по цих фотографіях фахівцями визначаються хмарні утворення, кількісні і якісні характеристики, які вручну або напівавтоматично кодуються і заносяться на машинні носії з метою накопичення, тривалого зберігання і подальшого використання в кліматологічних розрахунках. В наш час розробляються методи автоматичної дешифровки телевізійних знімків хмарності з позиції проблеми розпізнавання зразків.

1.3 Технологічна схема збору і обробки оперативної інформації

Нагадаємо, що оперативна інформація передається в прогностичні центри (центри обробки) по каналах зв'язку зразу ж після її отримання. При цьому інформація одержана з неавтоматизованих пристроїв, повинна бути заздалегідь нанесена на перфострічку.

У прогностичному центрі за допомогою ЕОМ здійснюється первинна обробка інформації, яка полягає в прийомі даних з ліній зв'язку, упізнанні, розкодуванні і попередньому контролю даних спостережень з приведенням цих даних до певної (стандартної) інформації. В процесі упізнання визначаються вид спостереження, місце і час його проведення. При цьому використовується та частина повідомлення, де наведені ознаки інформації. Машинне розкодування інформації полягає раніш за все у переводі даних із коду МТК-2 у двоїчну систему або у двоїчно-десятичний код. При цьому одночасно розкодується смислова частина повідомлення - з груп формуються елементи спостереження за правилами кодування того або іншого виду інформації. Одночасно з цим на карти за допомогою умовних значків провадиться нанесення отриманих по каналу зв'язку даних. Креслення і нанесення даних здійснюється за допомогою графобудівника, пов'язаного з ЕОМ. Далі робиться автоматичний контроль інформації, в процесі якого виявляються грубі помилки.

Наступним етапом обробки оперативної інформації є об'єктивний аналіз метеорологічних полів. Під об'єктивним аналізом розуміють процедуру одержання значень метеорологічних елементів у визначених пунктах (наприклад, в точках ,рівномірно розташованих по території) за даними спостережень на конкретних станціях. Ця процедура дозволяє вирішити дві задачі:

1) виконати додатковий контроль правильності вихідної інформації, що включає, в перше чергу, перевірку погоджування спостережень в різних пунктах;

2) отримати згладжені значення метеорологічного елемента в рівномірно розміщених точках (вузлах сіткової області).

Об'єктивний аналіз здійснюється на ЕОМ з використанням даних спостережень та різної додаткової інформації й призначається як до безпосереднього використання в оперативній практиці, так і до числового прогнозу метеорологічних елементів.

Далі використовуються результати об'єктивного аналізу. При цьому схеми і методи прогнозу залежать від виду спостережень і типу прогнозу.

1.4. Обробка режимної інформації

Для організації машинної обробки режимної гідрометеорологічної інформації у ряді науково-дослідних інститутів Держкомгідромета були розроблені і видані "Тимчасові методичні вказівки по машинній обробці і контролю даних гідрометеорологічних спостережень"(ТМВ). Цей документ охоплює практично усі методи гідрометеорологічних спостережень, кожному з яких відповідає визначений випуск названих ТМВ. Він включає правила кодування даних, порядок їх збору, методи контролю, обробки і зберігання інформації. Основні положення цього документа були ретельно перевірені в досвідченому порядку і тепер він упроваджений на мережі.

У відповідних розділах ТМВ описується технологія обробки даних за допомогою ЕОМ. Ця технологія включає декілька етапів: введення і запам'ятовування початкової інформації в ЕОМ, розкодування, контроль даних і виправлення помилок, обчислення різних характеристик гідрометеорологічного режиму, видача результатів розрахунку, комплектування інформації для зберігання [3]. Як можна відмітити, тут присутні багато з етапів, які були названі в опису технології обробки оперативної інформації. Проте зміст таких співпадаючих етапів іноді сильно розрізняється. Обробці інформації на ЕОМ попередні деякі операції, які полягають в отриманні в центрі обробки перфострічок з даними, що поступають з мережі, їх обліку, загальному огляді і підготовці до установки на пристрої введення ЕОМ. Як правило, бобіни стрічок, що поступають, реєструються в спеціальних журналах, по яких контролюється загальний потік надходження інформації. Після реєстрації перевіряється збереження перфострічки, правильність намотування бобіни і тому подібне. Після цієї реєстрації перфострічки передаються на обробку у відділ ЕОМ.

Першим етапом автоматизованої обробки інформації є введення початкових даних, нанесених раніше на перфострічку у ЕОМ. На цьому етапі робіт можуть виникнути деякі труднощі, якщо в пунктах перфорації спостережень не дотримувалися в належній мірі вимоги ТМВ по кодуванню інформації і по звертанню з перфострічкою. Якщо перфострічка зберігалася в невідповідних умовах, то вона може втратити необхідну міцність, що приведе до обривів її при протяганні через

ввідний пристрій. Слід врахувати при цьому, що її первинна міцність і при правильному зверненні істотно зменшується за рахунок пробивання отворів. Перфострічку, що порвалася в процесі введення, доводиться акуратно склеювати, що не тільки збільшує витрати ручної праці на обробку інформації, але й збільшує вірогідність появи додаткових помилок за рахунок можливих порушень форми і розташування отворів на склеєних ділянках.

Одночасно з результатами спостережень в оперативну пам'ять вводяться так звані паспортні дані по кожному пункту. Ці паспортні дані до початку обробки зберігаються на магнітній стрічці. До складу паспортних даних (паспорта) входять зазвичай наступні відомості: географічні координати пункту, його назва і назва об'єкту, над яким здійснюються спостереження, параметри контролю у вигляді набору граничних значень елемента або значень параметрів емпіричних формул, які використовувалися для контрольних розрахунків, і тому подібне.

Особливе значення має включення в паспорт параметрів контролю, за допомогою яких вдається врахувати індивідуальні особливості кожного наглядного пункту при контролі режимної інформації. Ці параметри встановлюються зазвичай на основі аналізу інформації, накопиченої за попередні роки спостережень. Робота за їх визначенням здійснюється до початку впровадження системи автоматизованої обробки за участю персоналу наглядної мережі і обсерваторій. Дані для паспортів присилаються в центри обробки у вигляді спеціальних таблиць, що складаються зазвичай в пунктах спостережень. Далі зведення з цих таблиць переносяться на перфокарти або перфострічки для подальшого запису на магнітні стрічки.

Як і при обробці оперативної інформації, ЕОМ спочатку повинна розкодувати відомості, що поступили, і привести їх до певного "машинного" вигляду. Одночасно з розкодуванням інформації здійснюється перший етап її контролю - синтаксичний, зміст якого детально описувався в попередніх розділах. В процесі розкодування ЕОМ переводить в машинну форму всі символи, які наносилися на перфострічку в коді МТК-2. Цифрові символи переводяться в десятичні цифри, буквені символи використовуються, як певні ознаки інформації. Якщо значення того або іншого елемента спостереження використовуються надалі в різних арифметичних операціях, то вони винні бути заздалегідь переведені з десятичної системи в двоїчну. Ця операція здійснюється за стандартною програмою.

Якщо в процесі кодування результатів спостереження перед нанесенням на перфострічку (або інший машинний носій) здійснювалося їх ущільнення шляхом об'єднання декількох елементів в одну групу, то в процесі розкодування вирішується зворотне завдання – з складу кожної

групи виділяються елементи спостереження, які записуються в окремі елементи оперативної пам'яті.

Після розкодування початкової інформації і перекладу її в машинні коди здійснюється логічний контроль даних, методи яких вже описувалися. У процесі контролю (як синтаксичного, так і логічного) можливі випадки, коли виявлені помилки не перешкоджають подальшій обробці (виконанню обчислень) інформації. В цьому випадку, як і у разі відсутності помилок, проводяться всі необхідні обчислення. Якщо інформація не може бути оброблена унаслідок наявності в ній помилок, то ЕОМ видає на машинку, що друкує, або на алфавітно-цифровий друкуючий пристрій повідомлення про цей факт, а сама помилкова інформація переписується на спеціальну стрічку.

У результаті контролю і обробки даних по всіх пунктах складається відомість помилок, яка є важливим документом для подальшої роботи з інформацією. По цих відомостях проводиться загальна оцінка якості роботи персоналу постів і станцій по виробництву спостережень, їх кодуванню і перфорації. В більшості випадків такі відомості спрямовуються з центрів обробки в гідрометеорологічні обсерваторії і пункти перфорації для врахування і виправлення помилок, що допускаються в роботі.

При такій організації робіт на весь цикл автоматизованої обробки одного масиву даних потрібно досить багато часу. Інформацію минулого місяця із станції вдається отримати у вигляді бобіни перфострічки поштою в центрі обробки лише до середини, а то й до кінця наступного місяця. Зібрана в одному центрі інформація великої кількості пунктів не може бути оброблена зразу і в короткі терміни. Як правило, для цього потрібно більше місяця. Крім того, протягом наступного місяця здійснюється виправлення помилок за даними, що присилаються з пунктів спостережень. Таким чином, загальна тривалість циклу обробки місячного масиву режимної гідрометеорологічної інформації складає 2 – 2,5 місяця. Цілком очевидно, що для скорочення часу обробки і витрат машинного часу особливе значення мають хороша якість технічного носія і початкової інформації, відсутність в ній помилок перфорації.

Тут слід зазначити, що до термінів обробки режимної гідрометеорологічної інформації зазвичай не ставляться жорсткі вимоги, що дозволяє добиватися поліпшення його якості. У той же час ті види режимних даних, які відразу ж використовуються в обслуговуванні народногосподарських організацій і обробка яких має бути виконана в строго певні терміни, отримують пріоритет у процесі руху по етапах самописців. Ці дані зазвичай доповнюють основну інформацію і виходять в результаті обробки стрічок, виробленої на станціях уручну або за допомогою напівавтоматизованих считувальних пристроїв.

Оброблена інформація рухається далі по двох напрямках. По-перше, результати обробки виводяться на друк через алфавітно-числові друкуючі пристрої (АЧДУ) і представляються у вигляді різного роду таблиць. Одночасно оброблена інформація записується в зовнішню пам'ять ЕОМ (на магнітні стрічки, мікрофільм, перфокарти) для накопичення за триваліші інтервали часу. Таблиці, що містять результати первинної обробки місячних масивів інформації, друкуються на ЕОМ в декількох екземплярах, частина яких з центрів обробки прямує на станції і в обсерваторії для практичного використання і обслуговування народногосподарських організацій.

Отримані на ЕОМ таблиці проходять на станціях і обсерваторіях критичний контроль. Якщо в процесі такого контролю будуть виявлені помилки, про це повідомляється до центру обробки інформації, де до інформації вносяться відповідні виправлення. Після того, як вся інформація, за місяць зібрана, проконтрольована, оброблена і в необхідних випадках виправлена, приступають до отримання за допомогою ЕОМ таблиць щомісячників. Ці таблиці надходять з відділу ЕОМ в групу випуску для критичного контролю, взаємної ув'язки даних сусідніх станцій. Далі таблиці розмножуються за допомогою копіювальної техніки. Екземпляри таблиць використовуються для комплектування щомісячників, які спрямовують в різні організації для практичного використання.

Як правило, місячні таблиці друкуються за старою формою, проте іноді до них включаються додаткові характеристики, що раніше не публікувалися. Крім того, включаються параметри, які часто запитуються різними організаціями [4]. В цілому таблиці з режимною гідрометеорологічною інформацією, одержані в результаті її автоматизованої обробки, більш пристосовані для задоволення практичних запитів, що поступають від різних організацій.

При записі інформації в зовнішню пам'ять проводиться її попереднє перетворення і ущільнення. Цілком очевидно, що використовується пристрій, який реєструє дані і досить часто з постійним кроком за часом, то до обробки залучається деяка надмірна інформація. Її включення до механізованого фонду даних приведе до збільшення об'єму цього фонду, зростання непродуктивних витрат на зберігання, пошук і подальшу обробку даних. Для виключення надмірності інформації аналізується плавність ходу елемента спостереження в часі.

Кожна з програм обробки режимної інформації обов'язково передбачає стискування або упаковку інформації перед її записом в зовнішню пам'ять. Така вимога пов'язана з наявністю великих об'ємів даних, що зберігаються протягом тривалого часу (практично постійно).

Якщо в розрахунках на ЕОМ кожне із значень бере участь у відособленому вигляді і зберігається в окремому елементі пам'яті, то

тривале зберігання її в зовнішній пам'яті у такому вигляді може виявитися не економічним, оскільки при цьому деякі з розрядів осередку виявляються "порожніми". Чим менше абсолютне значення числа, тим більше таких порожніх розрядів опиниться в осередку, де це число зберігається. Для того, щоб подолати цей недолік, декілька чисел об'єднують по певних правилах, тобто кодують і зберігають у такому вигляді в пам'яті ЕОМ.

Слід зазначити, що в машинах ЄС ЕОМ, де фактично не існує поділу пам'яті на осередки, а роль осередку відіграє байт, рівний восьми розрядам, задача компактного представлення інформації вирішується дещо простіше. Проте необхідність кодування інформації для її компактного уявлення зберігається.

Кодування і ущільнення інформації здійснюються по заздалегідь розробленому макету, структура якого визначається властивостями самої інформації, зокрема максимально можливими розмірами (значеннями) того або іншого елемента спостереження. Для раціонального і компактного уявлення режимної гідрометеорологічної інформації на магнітних стрічках і мікрофільмах розроблено і упроваджено декілька методів, реалізованих у вигляді програм ЕОМ.

Записом місячних (в деяких випадках тримісячних – кварталних) обсягів інформації на магнітні стрічки закінчується лише перший етап обробки (рис.1.1). На магнітних стрічках режимна інформація накопичується протягом року, по закінченні якого здійснюється другий етап обробки інформації. Основним змістом другого етапу є сортування даних на магнітних стрічках, створення річних масивів інформації на основі розрізнених об'ємів спостережень, а також розрахунки і друк річних таблиць з різними характеристиками гідрометеорологічного режиму. На цьому ж етапі здійснюється перепис скомплектованих масивів інформації на бінарний мікрофільм хоча по окремим видам даних створення мікрофільма може вироблятися й помісячно.

Одночасно з комплектуванням річного масиву виробляються обчислення різних характеристик гідрометеорологічного режиму в річному розрізі: середніх річних, максимальних і мінімальних, повторювань по градаціях і інших. Обчислення цих величин здійснюється за алгоритмами, які були використані при обробці місячних масивів.

При комплектуванні результатів обробки на магнітних стрічках інформація часто сортується по ступеню узагальнення на декілька масивів, які зберігаються далі на окремих магнітних стрічках або мікрофільмах. В числі таких масивів можуть бути:

- а) дані по термінах спостережень;
- б) середні добові характеристики;
- в) місячні відомості;
- г) річні відомості.

Такий розподіл інформації дозволяє при подальших розрахунках, у яких не потрібні первинні (термінові) спостереження, вводити в ЕОМ лише узагальнені характеристики й заощаджувати машинний час. Обсяг даних в кожному з перерахованих масивів швидко зменшується в залежності від ступеня узагальнення. Приймаючи за 100% обсяг метеорологічної інформації по термінах для восьмистрокових спостережень, легко обчислити, що обсяг подальших за ступенем узагальнення масивів складуть: масив "б" – 12%; масив "в" – 0,4%; масив "г" – 0,03%.

Для чотирьохстрокових спостережень ці об'єми складуть вигляді відповідно 25, 0,8 і 0,06%. Таким чином, особливо вигідні роздільне зберігання інформації у декількох масивів, скомплектованих по ступеню узагальнення для багатотермінових спостережень.

Як вже наголошувалося, інформація комплектується на магнітних стрічках для подальшого перезапису на мікрофільм. З цієї причини вона будується по певному макету з включенням в її склад надмірної інформації, деяких специфічних кодів і пошукових ознак, використовуваних надалі при зчитуванні даних з мікрофільму. Магнітна стрічка з інформацією, повністю пристосованою для запису на мікрофільм, називається магнітним фільмом.

Друк таблиць з річними характеристиками гідрометеорологічних спостережень здійснюється на ЕОМ звичайним способом за допомогою АЧДУ. Ці таблиці можуть містити як інформацію по рокам спостереження, так і різні узагальнені і вибіркові характеристики. Вони друкуються в невеликій кількості і придатні для подальшого копіювання за допомогою розмножувальної техніки для цілей видання у вигляді різного роду щорічників. Разом з таблицями щорічники можуть містити різні графіки і карти, отримані за допомогою графічних пристроїв. При цьому використовуються ті ж методи і та ж апаратура, що і при побудові на ЕОМ графіків і карт з оперативною гідрометеорологічною інформацією. Отримані за допомогою ЕОМ матеріали, як правило, не потребують будь-якого допрацювання вручну. Проте таблиці і графіки повинні пройти вибіркового контролю і редагування, здійснювані фахівцями –гідро метеорологами. До цієї роботи разом із співробітниками відповідних відділів в центрах обробки інформації часто залучається персонал місцевих управлінь, обсерваторій і станцій. Участь фахівців, які знають місцеві особливості, в перегляді результатів машинної обробки спостережень сприяє підвищенню якості інформації. Видачею на друк річних таблиць і графіків і створенням мікрофільмів закінчується другий етап обробки режимної інформації. Блок – схема його наведена на рис.1.2.



Рис.1.1 - Блок-схема першого етапу обробки режимної інформації

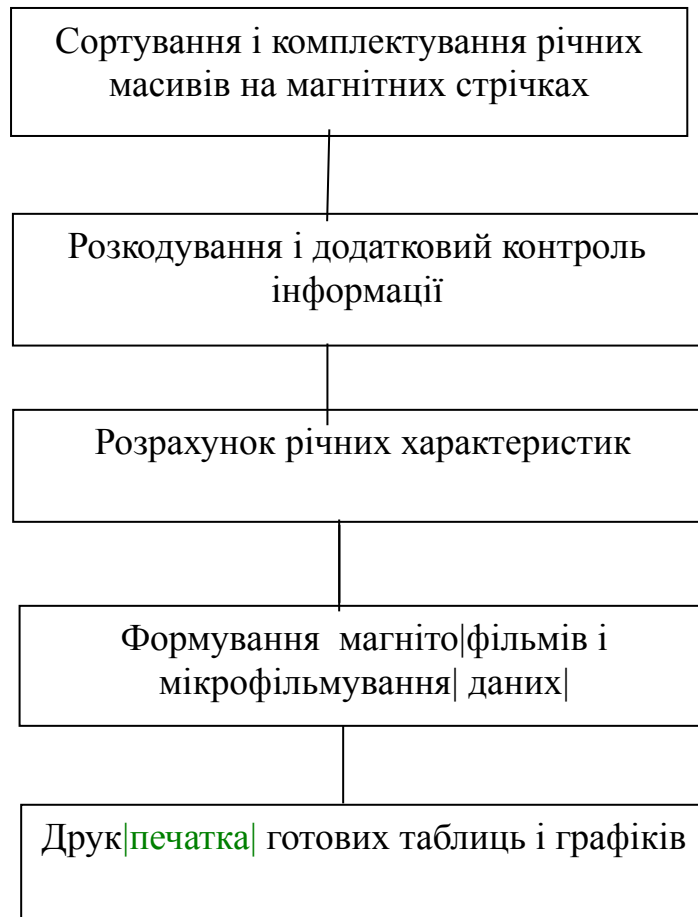


Рис.1.2 - Блок – схема етапу обробки режимної інформації

1.5 Статистична обробка багаторічних даних

Аналіз тимчасових і просторових рядів гідрометеорологічних спостережень за достатньо великий проміжок часу показує, що в зміні гідрометеорологічних елементів є, як регулярні, так і нерегулярні (випадкові) риси. Навіть за схожих зовнішніх умов (майже постійна притока тепла від Сонця, однакові положення Землі на орбіті в одні і ті ж сезони і так далі) розподіл і зміна термодинамічних і гідродинамічних характеристик атмосфери і океану мають достатньо заплутаний і складний характер. Криві просторових і тимчасових змін цих характеристик містять величезну різноманітність самих різних по амплітуді і періодам пульсацій, що поєднуються один з одним без яких-небудь видимих чітких закономірностей. Такі процеси, природно, необхідно вивчати методами статистики й теорії ймовірностей. Тільки завдяки застосуванню цих методів вдається виявити найбільш загальні і

регулярні закономірності, відповідні плавним змінам гідрометеорологічних характеристик в часі і просторі.

На першому етапі (у 20 - 30-х роках) для статистичних розрахунків використовувалися перфораційні обчислювальні машини. За допомогою цих машин і створених перфокартотек підраховувалися середні багаторічні значення, повторюваності окремих елементів і їх комплексів, визначалися екстремуми. Розрахунок складніших статистичних параметрів за допомогою перфораційних обчислювальних машин був або неможливий, або сильно утруднений через малі обчислювальні можливості цих машин.

Зараз практично вже всі види статистичних розрахунків проводяться на ЕОМ, а перфораційно – обчислювальна техніка використовується лише як допоміжна. Але навіть і з переходом на сучасну обчислювальну техніку використання раніше створених перфокартотек з результатами гідрометеорологічних спостережень продовжується. Звичайно, при введенні в ЕОМ одночасно великої кількості інформації з перфокарт виникають істотні труднощі. Перша з них - мала швидкість введення, друга - великий об'єм ручних, досить трудомістких операцій по доставці перфокарт з сховищ, їх сортуванню і комплектуванню.

Для вирішення деяких статистичних завдань по гідрометеорології на основі сучасних методів використовуються мільйони і навіть десятки мільйонів перфокарт. Слід врахувати при цьому, що дуже часто різні статистичні задачі вирішуються за одними й тими ж початковими даними. Якщо кожного разу при вирішенні таких задач вводити в ЕОМ інформацію з перфокарт, то непродуктивні витрати машинного часу ще більше зростатимуть. Засіб зменшення витрат часу - це одноразовий перезапис вже наявних перфокартотек на машинні носії з продуктивнішою швидкістю зчитування інформації з них (магнітні стрічки, диски, мікрофільми). В наш час вже значні об'єми гідрометеорологічних даних переписані з перфокарт і зберігаються на цих носіях.

Найчастіше за допомогою ЕОМ проводяться розрахунки наступних статистичних параметрів гідрометеорологічної інформації: визначення параметрів статистичних рядів, встановлення законів розподілу елементу і розрахунок його ймовірних значень, аналіз залежностей між двома й декількома випадковими змінними (лінійна й множинна кореляція), аналіз тимчасових рядів (виділення циклів, розрахунок автокореляційних і структурних функцій, спектральний аналіз), дослідження просторових закономірностей (об'єктивний аналіз). Результати цих розрахунків використовуються в прогнозах і як набір параметрів, що закладаються при проектуванні, будівництві і експлуатації різного роду споруд і об'єктів. Ці дані знаходять також широке застосування при плануванні виробництва багатьох галузей народного господарства. Зведення

статистичних параметрів для багатьох гідрометеорологічних елементів дають характеристику клімату в тому або іншому географічному районі.

Останніми роками у зв'язку з посиленням уваги до питань захисту навколишнього середовища роль гідрометеорологічних даних особливо зросла. Сказане перш за все відноситься до багаторічних спостережень, оскільки тільки аналіз ходу тих або інших елементів в багаторічному розрізі дозволить визначити його можливу поведінку в майбутньому під впливом певних господарських заходів. Існує велика кількість різних методів, алгоритмів і програм обчислення статистичних параметрів гідрометеорологічної інформації. Залежно від поставленої задачі і способу вирішення, ці параметри можуть бути трьох типів: часовими, просторовими або просторово- часовими.

Розрахунок тимчасових статистичних параметрів здійснюється з використанням багаторічних результатів спостережень в одному або декількох пунктах. Для кожного з них такий розрахунок проводиться незалежно. Практично не має значення і послідовність пунктів в цих розрахунках. Результати машинних обчислень виводяться на друк у вигляді таблиць і графіків з ймовірними параметрами гідрометеорологічного режиму.

При розрахунках просторових параметрів одночасно використовується інформація багатьох пунктів, але за одні і ті ж проміжки часу. Як правило, ці проміжки часу не бувають дуже довгими. В процесі розрахунків встановлюються взаємозв'язки елементів і їх комплексів по території. Результати машинних обчислень виводяться у вигляді таблиць, графіків або карт.

Просторово-тимчасові параметри відображають закономірності зміни того або іншого елемента і у часі і у просторі. Як правило, розрахунок їх здійснюється в два етапи. На першому етапі обчислюються необхідні тимчасові (багаторічні) величини по кожному пункту. При цьому проводиться приведення результатів спостереження до однакового періоду часу, оскільки для кожного з цих пунктів ці періоди бувають зазвичай різними. Далі встановлюються просторові взаємозв'язки і зміни цих обчислених багаторічних параметрів по території. Результати розрахунків виводяться з ЕОМ у вигляді карт, таблиць і графіків.

У залежності від типу вирішуваного завдання змінюються склад початкової інформації і порядок її розміщення на машинних носіях. Усі види розрахунків багаторічних характеристик провадиться по інформації, яка включає дані останніх років спостережень. У зв'язку з цим необхідне постійне поповнення раніше створених масивів даних на машинних носіях. Якщо дані зберігаються на перфокартах, то поповнення проводиться шляхом додавання перфокарт з даними за останні роки. Ця операція досить проста, але досить трудомістка, оскільки робота, в основному, здійснюється вручну. Автоматизувати процес поповнення масивів

початковою інформацією можна тільки з використанням таких машинних носіїв, як і магнітні стрічки і диски.

Для розрахунку просторових параметрів гідрометеорологічного режиму потрібні дані по багатьом пунктам за одні і ті ж періоди часу. Враховуючи, що на одній магнітній стрічці містяться дані обмеженого числа пунктів, при таких розрахунках також доводиться використовувати декілька магнітних стрічок одночасно. Цілком очевидно, що чим за більш тривалий час скомбіновані дані на одній магнітній стрічці (або мікрофільмі), тим менша кількість пунктів розміститься на цій стрічці.

Якщо така комбонування даних на стрічці виявляється зручною для розрахунків тимчасових характеристик, то при вивченні просторових закономірностей вона стає менш зручною, оскільки при цьому одна стрічка вміщає недостатнє число пунктів, а необхідні відомості доводиться вибирати з більшої кількості стрічок.

При розрахунках просторово - тимчасових параметрів одночасно потрібні відомості і за великою (або весь) період спостережень, і по значній території. У таких задачах об'єм початкової інформації особливо зростає. При цьому виникає ряд суперечливих вимог по комбонуванні початкових даних: чим зручніше розрахунок параметрів тимчасових (хронологічних) рядів спостережень, тим менш зручний розрахунок просторових параметрів і навпаки. Вирішення протиріччя доводиться шукати в розчленуванні процесу рішення задачі на ЕОМ на два етапи. На першому з них дані на магнітних стрічках сортуються, з них вибираються тільки використовувані в обчисленнях елементи.

Необхідна інформація записується на проміжних магнітних стрічках або інших подібних носіях, з яких вона при рішенні задачі вводиться в оперативну пам'ять. Розрахунок статистичних параметрів гідрометеорологічного режиму може проводитися тільки на ЕОМ, що мають достатню кількість пристроїв для введення даних з магнітної стрічки. Цей розрахунок ведеться часто у декілька етапів і вимагає великих витрат машинного часу, основна частина якого витрачається на пошук і введення необхідної інформації із зовнішньої пам'яті машини. Ефективність використання ЕОМ для статистичної обробки гідрометеорологічних даних багато в чому визначається системою зберігання їх, зручністю розташування інформації на машинних носіях.

Контрольні запитання

- 1 Види метеорологічної інформації.
- 2 Обсяг метеорологічної інформації.
- 3 Склад автоматизованих засобів спостережень.
- 4 Радіолокаційні методи спостереження.
- 5 Зондування атмосфери за допомогою метеорологічних ракет.

- 6 Дослідження атмосфери за допомогою штучних супутників Землі.
- 7 Джерела метеорологічної інформації.
- 8 Схема збору оперативної інформації.
- 9 Схема обробки оперативної інформації.
- 10 Обробка режимної інформації.
- 11 Обробка багаторічної інформації.

2 ОСНОВИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНО – ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

2.1 Загальні відомості про датчики метеорологічної інформації

Аерологічні вимірювання відносяться до класу метеорологічних і їх метою є вимірювання метеорологічних елементів вільної атмосфери. Особливістю аерологічних вимірювань є те, що вимірювання проводяться не в одній точці, як це робиться при наземних метеорологічних вимірюваннях, а при русі вимірювального приладу по вертикалі і горизонталі. Це приводить до необхідності врахування руху, оскільки при цьому виникають погрішності вимірювань. Це обумовлено тим, що діапазон вимірювання метеорологічних елементів в процесі вертикального підйому приладів пробігається дуже швидко, унаслідок чого їх свідчення через інерційні властивості можуть значно відставати від дійсного ходу значень відповідних метеорологічних елементів [5].

Більшість аерологічних приладів призначена для проведення дистанційних вимірювань. При таких вимірах прилад знаходиться в точці, віддаленій від місця його випуску, і результати вимірювань повинні доставлятися на пункт збору або передаватися туди по радіоканалу.

Метеорологічні елементи вільної атмосфери, що підлягають вимірюванню, володіють великою тимчасовою і просторовою мінливістю, що приводить до необхідності мати у вимірювальних приладах значний динамічний діапазон. Зокрема, якщо говорити про вимірювання параметрів атмосфери хоч би до висоти 50 км, то мова повинна йти про вимірювання температури від +50 до – 80°C, відносній вологості від одиниць до 100% .

В процесі аерологічних досліджень вимірювальні прилади працюють в умовах швидких змінних температур, що приводить до помилок вимірювань, обумовлених впливом температури навколишнього середовища на параметри приладів і їх окремих вузлів. Зокрема, зміна температури атмосфери, що має місце при підйомі вимірювальних приладів на кулях-зондах, аеростатах і літаках, суттєво впливає на результати вимірювання тиску за допомогою мембранних коробок, оскільки при зміні температури навколишнього середовища змінюється модуль пружності матеріалу коробки і розташованого в ній газу.

При проведенні вимірювань на великих висотах на первинні вимірювальні перетворювачі робить істотний вплив пряма сонячна радіація, що приводить до їх "радіаційного перегріву", наслідком якого є поява авіаційних похибок. Особливо істотний вплив радіація справляє на первинні вимірювальні перетворювачі температури. Боротьбі з радіаційним перегрівом первинних вимірювальних перетворювачів

аерологічних приладів приділяється велика увага. Для цього застосовуються цілі комплекси технічних мiр.

Для доставки вимiрювальних приладiв в точки вимiрювань застосовуються спеціальні льотно-пiдйомні засоби. Такими засобами можуть бути кулі-зонди, аеростати, лiтаки, ракети i, нарештi, штучні супутники Землі.

Вiдомо, що основні метеорологічні елементи вiльної атмосфери (температура, вологiсть, тиск) зазвичай змiнюються в часi i по горизонталi набагато повiльнiше, нiж по висотi. Тому результати вимiрювань, отриманi в процесi проведення сеансу вимiрювань для рiзних висот, вiдносяться до одного i того ж моменту часу (як правило, початку пiдйому) i до однiєї вертикалi, що проходить над пунктом вимiрювань.

Для надiйного вимiрювання метеорологічних елементiв вiльної атмосфери, особливо температури i вологостi, необхідна достатня вентиляцiя (обдув) первинних вимiрювальних перетворювачiв повітряним потоком. При малих швидкостях iх природного обтiкання повітряним потоком, який набiгає, це обдування має бути штучним. При великих швидкостях перемiщення приладу щодо повітряного потоку, що набiгає, наприклад, при пiдйомi вимiрювальних приладiв на сучасних швидкiсних лiтаках або ракетах, вживають спеціальних заходiв i, крiм того, вводять вiдповiдні поправки за рахунок динамiчного нагрiву чутливих елементiв.

Унаслідок перерахованих особливостей, а також через велику кiлькiсть джерел рiзних похибок точнiсть аерологічних вимiрювань значно нижче точнiсть метеорологічних вимiрювань, що виконуються в наземних умовах. Вказанi обставини приводять до необхідностi розробки спеціальних методiв аерологічних вимiрювань i спецiальної аерологічної технiки.

2.1.1 Вимiрювальні перетворювачi температури

Вимiрювання температури в аерологiї займає особливе мiсце. Це обумовлено не тiльки складнiстю вимiрювань температури атмосфери на рiзних висотах, але i тим, що ряд вимiрювань iнших метеорологічних елементiв (вологостi, тиску, параметрiв повітряних потокiв, променистої енергiї i iн.) кiнець кiнцем також зводиться до вимiрювання температури або включає, як необхідну складову частину, температурні вимiрювання. Основною особливiстю температурних вимiрювань у вiльнiй атмосферi є широкий дiапазон i наявнiсть цiлого ряду факторiв, що спотворюють результати вимiрювань. До найбільш iстотних факторiв вiдносяться: просторова i тимчасова мiнливiсть температури атмосфери; широкий дiапазон змiни щiльностi повітря вiд рiвня моря до верхньої атмосфери;

могутні потоки променистої енергії (особливо у верхній атмосфері); присутність води, що конденсується, у вигляді краплин хмар і дощу (у тропосфері).

Окрім вказаних факторів, обумовлених фізичними властивостями атмосфери, істотний вплив на результати вимірювань роблять характер руху носія вимірювального приладу, від якого залежить тимчасова мінливість вимірюваної температури щодо термочутливого тіла перетворювача, і характер його обтікання повітряним потоком, що набігає.

Вживані в аерології методи вимірювання температури можна розділити на прямі і непрямі. Прямі методи засновані на використанні первинних вимірювальних перетворювачів, які в процесі вимірювань знаходяться в тепловій рівновазі з атмосферою. Така рівновага досягається в результаті теплообміну між атмосферою і перетворювачем. При тепловій рівновазі температура перетворювача дорівнює температурі атмосфери.

В умовах аерологічних вимірювань, коли вимірник температури переміщається щодо повітряного потоку, який набігає, кінетична енергія потоку перетворюється на додатковий нагрів і теплову рівновагу повністю не виконується. Порушення теплової рівноваги обумовлене дією на перетворювач зовнішніх або внутрішньої джерел теплової енергії і приводить до погрішностей вимірювання.

Фізичні властивості вимірювального перетворювача практично не повинні залежати від тиску, вологості і ін.

Непрямі методи вимірювання температури засновані на вимірюванні деяких параметрів атмосфери, залежних від її температури. Наприклад, до побічних методів можна віднести акустичний спосіб, заснований на вимірюванні швидкості розповсюдження звуку в атмосфері. Оскільки швидкість розповсюдження звуку в атмосфері залежить від її щільності, яка, у свою чергу, залежить від температури, то, отже, за результатами вимірювання швидкості звуку в атмосфері можна судити про її температуру. Відомо, наприклад, що рівень власного теплового випромінювання атмосфери залежить від її температури. На використанні цієї залежності засновані непрямі методи вимірювання температури: оптичний і радіометричний.

Процес вимірювання температури в сучасних аерологічних приладах полягає в перетворенні інформації про значення вимірюваної температури як неелектричної величини у форму, зручну для подальших перетворень у вимірювальному каналі і використання результатів вимірювань. Досвід створення аерологічних вимірювальних приладів і їх експлуатації показав, що найбільш зручними з погляду побудови сучасних аерологічних приладів є перетворювачі температури, у яких результати перетворення вимірюваної температури у вихідний параметр виражаються у вигляді зміни електричної величини.

У практиці аерологічних вимірювань найбільш поширені первинні вимірювальні перетворювачі типів: вимірювана температура – опір; вимірювана температура – переміщення, вимірювана температура – напруга; вимірювана температура – випромінювання; вимірювана температура – щільність.

До першої групи відносяться резистивні перетворювачі, до другої – біметалічні, а до третьої – термоелектричні, до четвертої – радіаційні, до п'ятої – акустичні і ємкісні.

Резистивні перетворювачі. Принцип дії резистивних перетворювачів заснований на використанні залежності їх електричних опорів від температури. Залежно від матеріалу резистора розрізняють металеві, напівпровідникові і електролітичні перетворювачі. Металеві перетворювачі використовуються в літаковій, аеростатній, ракетній вимірювальній апаратурі, напівпровідникові і електролітичні – в радіозондах.

Металеві перетворювачі. Резистивні металеві перетворювачі часто називають металевими термометрами опору або терморезисторами. Для їх виготовлення застосовують тонкий дріт із платини, міді, вольфраму, нікелю, заліза, оскільки ці метали мають постійний температурний коефіцієнт опору в широкому діапазоні температур.

Залежність опору від температури для металевих терморезисторів визначається співвідношенням

$$R(t) = R_0 e^{\alpha t}, \quad (2.1)$$

де R_0 – опір терморезистора при $t = 0^\circ C$ ("холодний опір");

α_t – температурний коефіцієнт опору, який показує зміну опору терморезистора при зміні температури на $1 K$;

e – основа натуральних логарифмів.

Як впливає з (2.1), температурний коефіцієнт опору визначається співвідношенням

$$\alpha_t = \frac{1}{R} \frac{dR}{dt}.$$

На практиці замість виразу (2.1) часто користуються співвідношеннями

$$R(t) = R_0 (1 + At + Bt^2) \text{ при } t > 0^\circ C,$$

$$R(t) = R_0 \left[1 + At + Bt^2 + Ct^3 (t - 100) \right] \text{ при } t < 0^\circ C,$$

де A , B і C – стали коефіцієнти, залежні від типу металу. Зокрема, для платини марки ПЛ-2

$$A = 3,96847 \cdot 10^3 \text{ K}^{-1}; \quad B = -5,847 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-2}; \quad C = -4,22 \cdot 10^{-12} \text{ K}^{-4}.$$

Для малих інтервалів зміни температури можна використовувати співвідношення

$$R(t) = R_0(1 + \alpha_t t).$$

Металеві терморезистори зазвичай виконуються у вигляді тонкої металевої нитки, намотаної на корпус з ізоляційного матеріалу. Для захисту від механічних пошкоджень на термоприймач надягається захисний екран. З метою зменшення впливу радіаційного перегріву терморезистор поміщається в трубці або шахті. Включення металевого терморезистора у вимірювальну схему здійснюється за допомогою підведених провідників, (зазвичай мідних). Як вимірювальна схема при вимірюванні температури за допомогою металевих терморезисторів використовуються схеми рівноважного або нерівноважного моста.

Напівпровідникові перетворювачі. Як вимірювальні перетворювачі температури часто використовують напівпровідникові терморезистори. Резистивні напівпровідникові перетворювачі виготовляються з двоокису титану, окислу міді, цинку, кобальту і ряду інших металів і їх домішок. Як правило, напівпровідникові терморезистори виконуються у вигляді стрижнів (ММТ-1, ММТ-6) і бусинок (СТЗ-18 и СТЗ-25). Технологія їх виготовлення полягає в пресуванні необхідних форм з напівпровідникових порошкоподібних матеріалів з подальшим обпаленням при високій температурі. Для забезпечення підключення спресованого об'єму до електричного ланцюга в нього впресовуються металеві електроди.

Напівпровідникові терморезистори в порівнянні з іншими перетворювачами мають ряд переваг, обумовлених їх високою температурною чутливістю, малими габаритами, масою, а також великими значеннями опорів. В протилежність металевим терморезисторам, у яких температурний коефіцієнт опору позитивний (із збільшенням температури опір зростає), у напівпровідникових терморезисторів температурний коефіцієнт опору негативний (із збільшенням температури опір зменшується).

Температурна залежність опору напівпровідникових терморезисторів задовільно апроксимується експоненціальною залежністю

$$R(t) = A e^{-\frac{B}{T}},$$

де T – змінна температура за шкалою Кельвіна;

A і B - сталі коефіцієнти, залежні від фізичних властивостей напівпровідникового матеріалу.

Температурний коефіцієнт опору напівпровідникового терморезистора виражається співвідношенням

$$\alpha_T = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} = - \frac{B}{T^2}.$$

Оскільки в довідковій літературі зазвичай вказується опір напівпровідникових терморезисторів при $+20^\circ\text{C}$ (293 К) R_{20} , то на практиці зручно користуватися співвідношенням

$$R(T) = R_{20} e^{-\frac{B}{T} + \frac{B}{273}},$$

де B – сталий коефіцієнт.

Порівняно складна технологія виготовлення напівпровідникових терморезисторів приводить до того, що в даний час напівпровідникові терморезистори, призначені для застосування в аерологічних приладах (радіозонди), виготовляються з допуском $\pm 20\%$ для "холодного" опору і $\pm 0,2\%$ на 1°C для температурного коефіцієнта опору. Внаслідок цього залежності опору від температури для різних зразків однотипних напівпровідникових терморезисторів з одним і тим же номінальним значенням "холодного" опору виявляються різними.

Основною характеристикою напівпровідникового терморезистора є коефіцієнт енергетичної чутливості (γ Вт на відсоток зміни опору), визначуваний співвідношенням

$$G = \alpha_T \frac{H}{100},$$

де H – коефіцієнт розсіяння теплової енергії на терморезисторі, Вт/°С.

В табл. 2.1 наведені основні параметри напівпровідникових терморезисторів, вживаних в сучасних аерологічних приладах.

Основними джерелами похибок вимірювання температури за допомогою напівпровідникових терморезисторів при аерологічних вимірюваннях є сонячна радіація (радіаційний перегрів), теплова інерція,

Таблиця 2.1 - Основні параметри напівпровідникових терморезисторів,
вживаних в аерологічних приладах

Тип	R_{20} , кОм	B	$\alpha_T, \%/^{\circ}C$ при $20^{\circ}C$	Діапазон робочих температур, $^{\circ}C$		Н, Вт/ $^{\circ}C$	G, мВт	Стала часу при вентиляції зі швидкістю		Довжина, мм Діаметр, мм
				от	до			$w = 0$	$w = 4$ м/с	
ММТ-1	6,8; 8,2	2500 - 2400	2,4 - 2,8	-90	+125	1,6	0,6	35	6,5	$\frac{10 - 13}{1,8 - 2,2}$
ММТ-6	10 - 100	2060	2,4	-60	+125	1,7	0,3	35	2,2	$\frac{5 - 6}{0,7 - 0,8}$
СТЗ-18	3,3	2250	2,6 - 4,1	-90	+125	0,05	0,05	1,0	0,28	$\frac{0,48}{0,34}$
СТЗ-25	3,3	2600 - 3200	3,75	-100	+125	0,08	0,02	0,4	0,11	$\frac{0,27}{0,17}$

адіабатичне стискування і тертя повітря. Крім того, на похибку вимірювання впливає нагрів напівпровідникового терморезистора, вимірювальним струмом, що протікає через нього. Що стосується цієї погрішності, то в правильно сконструйованих вимірювальних схемах струм, що протікає через терморезистор, дуже малий, і він практично не розігріває терморезистор. Очевидно, що ступінь радіаційного перегріву залежить від висоти Сонця, густини повітря, швидкості обтікання, наявності хмарності, що відображає властивості хмар і підстилької поверхні, а також від конструкції приладу. З метою зменшення радіаційної помилки напівпровідникові терморезистори покривають спеціальними антирадіаційними покриттями з великим коефіцієнтом відбиття сонячної радіації [6].

Значення радіаційної похибки вимірювання температур збільшується з висотою підйому і висотою Сонця. Для ілюстрації вказаних залежностей в табл. 2.2 наведені значення радіаційних помилок радіозонда з напівпровідниковим терморезистором залежно від висоти підйому H і висоти Сонця h_{\odot} .

Електролітичні перетворювачі. Принцип дії електролітичних перетворювачів заснований на використанні залежності електричного опору електролітів від температури. Зокрема, в радіозонді США використовується перетворювач з електролітом у вигляді розчину хлористої міді, суміші соляної кислоти і етилового спирту, який поміщений в скляну трубку з платиновими електродами. Температура визначається по опору електроліту змінному струму.

Наведемо відносні зміни опору такого електролітичного перетворювача залежно від температури (R_0 – опір перетворювача при $0^{\circ}C$):

$t^{\circ}C$	22,2	0,0	-20,1	-39,8	-55,3
R/R_0	0,57	1,0	1,96	4,42	10,2.

Приведемо відносні зміни опору такого електролітичного перетворювача залежно від температури (R_0 – опір перетворювача при $0^{\circ}C$):

$t^{\circ}C$	22,2	0,0	-20,1	-39,8	-55,3
R/R_0	0,57	1,0	1,96	4,42	10,2.

Не дивлячись на значну чутливість, електролітичні перетворювачі останніми роками почали витіснятися напівпровідниковими терморезисторами.

Таблиця 2.2 - Радіаційні помилки радіозонда РКЗ-5
з терморезистором ММТ-1 (°C)

H, км	h _⊙								
	-5	0	10	20	30	40	50	70	90
1	-	0,0	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
5	-	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
10	-	0,2	0,3	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0
15	-	0,3	0,6	1,1	1,3	1,6	1,7	1,8	1,9
20	-	0,4	1,0	1,6	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9
25	0,0	0,9	1,5	2,4	3,1	3,4	3,5	3,8	4,2
30	0,3	1,7	2,6	3,6	4,6	4,9	5,1	5,6	6,2
35	0,6	2,9	4,2	5,5	6,8	7,2	7,5	8,2	9,0
40	1,3	5,4	6,6	8,0	9,7	10,2	10,6	11,5	12,7

Біметалеві перетворювачі. Принцип дії біметалевих перетворювачів заснований на використанні залежності ступеня вигину двошарової металевої пластини, виконаної з металів з різними коефіцієнтами теплового розширення, від температури. При зміні температури біметала він згинається, при цьому у разі нагрівання метал з меншим значенням коефіцієнта теплового розширення виявляється усередині зігнутої поверхні.

Для виготовлення біметалів застосовують різні сплави нікелю і заліза, що обумовлене широкими межами вимірювання коефіцієнта теплового розширення таких сплавів і їх задовільними пружними властивостями, а також міцністю і легкою зварюваністю одного з одним. Найбільш поширеними формами біметалевих перетворювачів є кругові і спіралеподібні. Принцип вимірювання температури за допомогою таких перетворювачів полягає в тому, що один кінець біметалевого перетворювача закріплюється нерухомо, а інший при зміні температури переміщається. За допомогою передавальних кінематичних ланок це переміщення передається покажчику (стрілці, движку потенціометра і так далі), положення якого і відзначає значення вимірюваної температури.

Відхилення вільного кінця біметалевої пластини на ΔL при зміні температури на Δt визначається співвідношенням

$$\Delta L = M \frac{L}{d_1 + d_2} (k_1 - k_2) \Delta t, \quad (2.2)$$

де M – коефіцієнт, залежний від форми біметалу (для прямої пластини $M = 1$);

L – довжина пластини біметалу;

d_1 і d_2 – товщина металевих смужок, які створюють біметал;

k_1 і k_2 – коефіцієнти теплового розширення компонентів.

З виразу (2.2) виходить, що, чим довше біметалева пластина, чим вона тонше і чим більше різниця коефіцієнтів теплового розширення складових, тим більше чутливість такого перетворювача до зміни температури.

Зазвичай товщина біметалевих пластин, вживаних в перетворювачах аерологічних приладів, складає 0,1 – 0,5 мм, що обумовлене необхідністю забезпечення необхідних механічних характеристик. Величина відхилення вільного кінця біметалевого перетворювача залежить і від форми пластини, через що теоретичні методи розрахунку таких перетворювачів не забезпечує необхідної точності. Тому величина деформації біметалевих перетворювачів для кожної конкретної його форми визначається експериментально. У радіозондах застосовуються біметалеві перетворювачі температури у вигляді спіралі (наприклад, в радіозондах типу А-22). Для зменшення радіаційного перегріву такі перетворювачі поміщаються в шахти, що мають чорну матову внутрішню поверхню з метою виключення багатократного відбиття власного теплового випромінювання біметалевого перетворювача і добре відбиту зовнішню поверхню.

Термоелектричні перетворювачі. Принцип дії термоелектричних перетворювачів заснований на ефекті Зеєбека, тобто на використанні залежності термоелектрорушійної сили (те.р.с.) в ланцюзі різних провідників від температур місць їх з'єднання (спаю). Ланцюг, складений з двох різнорідних провідників 1 і 2 (рис.2.1), називається термопарою.

Для термопари, складеної з двох різнорідних провідників, те.р.с. E не залежить від форми, розмірів провідників, місць їх з'єднання, а залежить від роду металів і різниці температур спаїв

$$E = E_0(t_1 - t_2), \quad (2.3)$$

де E_0 – питома те.р.с. для даної пари металів;

t_1 і t_2 – температури відповідних спаїв.

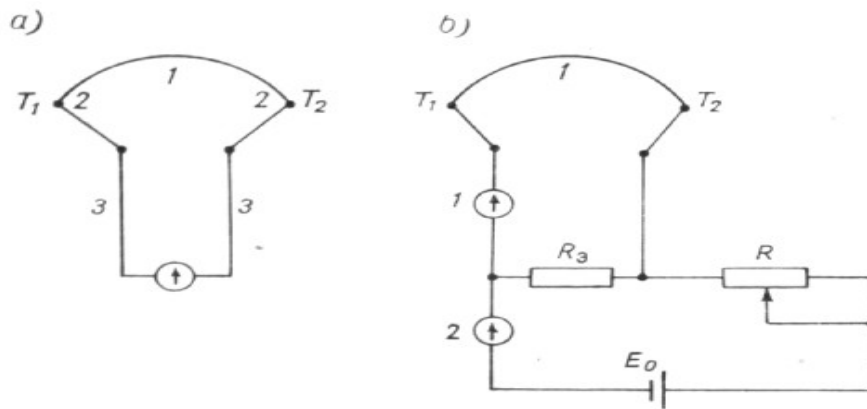


Рис 2.1- Термоелектричний перетворювач температури
 а) – схема (1,2 – різнорідні провідники; 3 – провідники підвідного ланцюга);
 б) - до вимірювання те.р.с. методом заміщення.

Як впливає із співвідношення (2.3), при рівності температур те.р.с. перетворюється на нуль. Це означає, що, якщо в ланцюг термопари включений інший провідник, то те.р.с. не має однакової температури. Це дуже важливий для практики вивід дозволяє включати термопари в електричні ланцюги без порушення їх режимів роботи. Питома те.р.с. для невеликої різниці температур спаїв визначається співвідношенням

$$E_0 = \frac{k}{e} \ln \frac{N_1}{N_2},$$

де k – стала Больцмана,

e – заряд електрона;

N_1 і N_2 - концентрації носіїв електрики в першому і другому провідниках.

Для зручностей характеристики термоелектричних властивостей провідників їх питому те.р.с. визначають в парі з платиною, при цьому для будь-якої пари провідників питома те.р.с. дорівнює алгебраїчній різниці питомих те.р.с. цих провідників в парі з платиною. Для прикладу оцінимо питому те.р.с. з розповсюджені пари мідь – константант. Питома те.р.с. пари мідь – платина $E_{01} = 0,74 \times 10^{-5}$ В/К питома те.р.с.

константан – платина $E_{02} = -3,4 \cdot 10^{-5}$ В/К. В результаті питома те.р.с.

пари мідь-константан $E = [0,74 - (-3,4)] \times 10^{-5} = 4,14 \times 10^{-5}$ В/К.

Відмітимо, що питома те.р.с. ряду напівпровідникових матеріалів виявляється на порядок вищою в порівнянні з металами і їх сплавами.

Для забезпечення вищої температурної чутливості окремі термопари можуть з'єднуватися послідовно в термобатарей. Термоелектрорушійна

сила батареї, що складається з n термопар, в n разів більше те.р.с. окремою термопарою; в n разів збільшується і внутрішній опір батареї в зрівнянні з окремою термопарою. У ряді випадків використовують паралельне з'єднання термопар. При паралельному з'єднанні те.р.с. батареї дорівнює те.р.с. окремої термопарою, а внутрішній опір батареї в порівнянні з внутрішнім опором окремої термопарою зменшується в n разів. При необхідності отримання термопарою з різними те.р.с. і внутрішніми опорами використовують різні комбінації, що складаються з паралельних і послідовних з'єднань термопар. Відмітимо, що спосіб з'єднання провідників в термопарах (паяння, зварювання) не впливає на величину те.р.с.; має бути забезпечений надійний електричний контакт. Теплова інерція термопарою визначається масою спаю.

Вимірювання те.р.с. термопар (батареї) може проводитися двома способами: безпосереднім вимірюванням за допомогою гальванометра і за допомогою компенсаційної схеми з використанням джерела постійного струму (рис.2.1б). У разі безпосереднього вимірювання те.р.с. гальванометром за умови, що внутрішній опір гальванометра термопарою (батареї) і сполучних провідників, показання гальванометра будуть рівні

$$U = nE_0(t_2 - t_1),$$

де n – число термопар в батареї при послідовному з'єднанні.

При використанні компенсаційної системи включення те.р.с. термопарою компенсується протилежним по знаку падінням напруги на резисторі R_e , включеному в ланцюг допоміжного джерела струму. Шляхом регулювання опору змінного резистора R добиваються відсутності струму в ланцюзі термопарою, що фіксується гальванометром 1, при цьому показання гальванометра 2 будуть рівні

$$I = \frac{E_0 n}{R_e}(t_2 - t_1).$$

На закінчення відмітимо, що термоелектричні перетворення є вимірниками різниці температур. При необхідності вимірювання температури за допомогою одного спаю температура іншого спаю має бути незалежною від першого і постійно контролюватися (вимірюватися).

Акустичні перетворювачі. Принцип дії акустичних перетворювачів заснований на використанні залежності швидкості звуку в атмосфері від температури повітря. Відомо, що при постійному складі повітря фазова швидкість розповсюдження в ній звукових коливань відповідно до закону Лапласа визначається співвідношенням

$$c_{зв} = \sqrt{\chi \frac{p}{\rho}}, \quad (2.4)$$

де $\chi = C_p / C_v$ – відношення питомих теплоємностей повітря при постійному тиску і постійному об'ємі;

p – атмосферний тиск;

ρ – густина повітря.

Відношення тиску атмосфери до густини повітря у відповідності з рівнем стану газу визначається як

$$\frac{p}{\rho} = R_B t, \quad (2.5)$$

де t – температура повітря, $^{\circ}C$;

R_B – газова стала повітря.

Відомо, що газова стала повітря може бути виражена через універсальну газову сталу R залежністю

$$R_B = \frac{R}{m_c} \left(1 + 0,378 \frac{e}{p} \right), \quad (2.6)$$

де m_c – відносна молекулярна маса сухого повітря,

e – пружність водяної пари.

У свою чергу відомо, що температура вологого повітря може бути виражена через його віртуальну температуру співвідношенням

$$T = T_B = \left(1 + 0,378 \frac{e}{p} \right).$$

Враховуючи вирази (2.5), (2.6) і маючи на увазі, що $\chi = 1,403$, $m_c = 28,966$, $R = 8,3143$ Дж/(кмоль · К), формулу (2.4) можна переписати у вигляді

$$c_{зв} = 20\sqrt{t},$$

звідки

$$t = \frac{c_{зв}^2}{400}.$$

Чутливість акустичного перетворювача буде дорівнювати

$$\frac{dc_{зв}}{dt} = \frac{c_{зв}}{2t}.$$

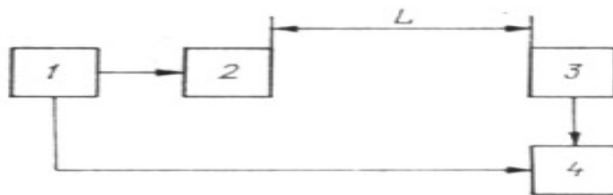


Рис.2.2 - Схема акустичного перетворювача температури

Для вимірювання швидкості звуку на певній базі L (рис 2.2) розміщуються акустичний випромінювач 2 і акустичний приймач 3. Від генератора акустичних коливань 1 акустичні сигнали поступають до випромінювача і на один вхід тимчасового вимірника 4, на другий вхід якого поступають акустичні сигнали з виходу приймача. Тимчасовий вимірник забезпечує вимірювання часу розповсюдження Δt акустичної хвилі на відстань L , яка необхідна для визначення швидкості акустичної хвилі відповідно до виразу

$$c_{зв} = \frac{L}{\Delta t}. \quad (2.7)$$

Наведені вище співвідношення справедливі для випадку, коли повітря нерухоме щодо приладу, що в реальних умовах практично ніколи не виконується.

Якщо в просторі між приймачем і випромінювачем повітря переміщається під деяким кутом φ щодо бази, то вираз (2.7) набере вигляду

$$c_{зв} \pm v \cos \varphi = \frac{L}{\Delta t},$$

де v – швидкість переміщення повітряного потоку між приймачем і випромінювачем.

На практиці для вимірювання часу проходження акустичною хвилею бази L користуються фазовим або імпульсним методом. Суть фазового методу вимірювання часового інтервалу полягає в наступному. Хай акустичний випромінювач випромінює звукову хвилю

$$A(t) = A_0 \sin \omega t,$$

де A_0 – амплітуда,

ω – кутова частота випромінюваних акустичних коливань.

Після проходження акустичною хвилею бази L хвиля матиме вигляд

$$A'(t) = A'_0 \sin \omega(t - \Delta t) = A'_0 \sin \omega \left(t - \frac{L}{c_{зв} \pm v \cos \psi} \right),$$

тобто різниця фаз прийнятого і випромінюваного коливань буде дорівнювати

$$\begin{aligned} \Delta \varphi &= \frac{\omega L}{c_{зв} \pm v \cos \psi} = \frac{\omega L (c_{зв} \mp v \cos \psi)}{(c_{зв} \pm v \cos \psi)(c_{зв} \mp v \cos \psi)} = \\ &= \frac{\omega L (c_{зв} \mp v \cos \psi)}{c_{зв}^2 - v^2 \cos^2 \psi}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Оскільки $c_{зв} \gg v$, то можна записати у вигляді

$$\Delta \varphi = \frac{\omega L}{c_{зв}} \mp \frac{\omega L}{c_{зв}^2} v \cos \psi = \Delta \varphi_t \pm \Delta \varphi_v,$$

де $\Delta\varphi_t$ – фазове зрушення, обумовлене впливом температури на швидкість розповсюдження акустичних хвиль,

$\Delta\varphi_v$ – фазове зрушення, обумовлене перенесенням повітря щодо приладу.

Чутливість акустичного перетворювача при фазовому методі вимірювань визначається співвідношенням

$$\frac{d\Delta\varphi_t}{dt} = - \frac{\omega L}{2c_{зв}t},$$

виявляється дуже високою і росте із збільшенням частоти коливань. Так, при $f = 10$ кГц, $L = 1$ м вона виявляється рівною $0,1\pi/\text{К}$. Для ще більшого підвищення чутливості необхідно переходити в область ультразвукових частот. Такі перетворювачі працюють в діапазоні частот від 50 до 100 кГц.

При практичній реалізації акустичного перетворювача з фазовим методом вимірювання тимчасового інтервалу використовують схему, представлену на рис.2.2, в якій замість тимчасового вимірника включають фазометричний пристрій.

Для виключення впливу перенесення повітря щодо приладу використовують двоканальну схему (рис.2.3), в якій акустичний перетворювач 1 випромінює коливання в протилежні сторони, а для прийому коливань – два акустичні приймачі (2,3). Прийняті акустичні сигнали після вимірювання їх фази за допомогою фазометрів 4 і 5 подаються на пристрій, що підсумовує (6) і віднімають (7), при цьому на виході пристрою, що підсумовує, матиме місце

$$\Delta\varphi_{t1} + \Delta\varphi_{t2} = 2\Delta\varphi_t,$$

а на виході віднімаючого

$$\Delta\varphi_{v1} + \Delta\varphi_{v2} = 2\Delta\varphi_v.$$

Таким чином, результат підсумовування і віднімання в першому випадку не залежатиме від швидкості повітряного потоку, а в другому – від температури. Описана двоканальна схема акустичного перетворювача служить первинним вимірювальним перетворювачем швидкості повітря.

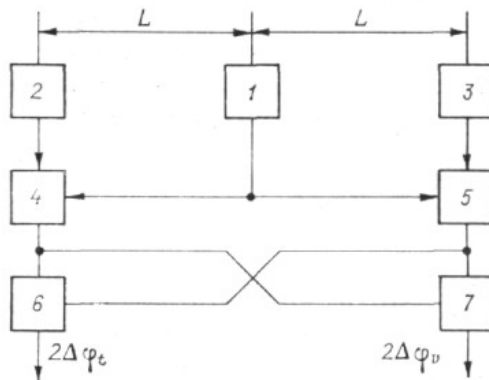


Рис. 2.3 - Схема акустичного перетворювача температури з фазовим вимірюванням і двома базами

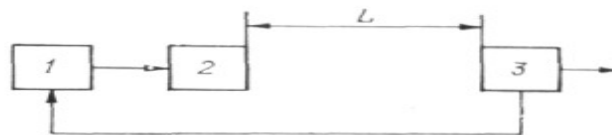


Рис.2.4 - Схема імпульсного акустичного перетворювача температури

Суть імпульсного методу вимірювання тимчасового інтервалу полягає в наступному (рис.2.4). Генератор акустичних імпульсів 1 із зовнішньою синхронізацією генерує, а акустичний випромінювач 2 випромінює в простір акустичні імпульси. Акустичний приймач 3 здійснює прийом цих імпульсів і їх перетворення у відповідні імпульси електричного струму, які запускають генератор акустичних імпульсів. Аналіз роботи такого перетворювача показує, що частота повторення імпульсної послідовності зв'язана із швидкістю звуку співвідношенням

$$F_n = \frac{c_{зв} \pm v \cos \Psi}{L} = - \frac{c_{зв}}{L} \pm \frac{v \cos \Psi}{L} = F_{nt} + F_{nv}.$$

Чутливість акустичного перетворювача з імпульсним способом вимірювання часу розповсюдження коливань виражається формулою

$$\frac{dF_{nt}}{dt} = \frac{c_{зв}}{2Lt}$$

і не залежить від частоти акустичних коливань.

Вплив руху повітря на результати вимірювань в даному випадку можна виключити шляхом використання двох приймачів, як було розглянуто вище. При цьому сума частот повторення імпульсів з виходів двох приймачів міститиме інформацію про температуру атмосфери, а їх різниця - про швидкість повітряного потоку:

$$F_{n1} + F_{n2} = 2F_{nt},$$

$$F_{n1} - F_{n2} = 2F_{nv}.$$

Акустичні перетворювачі застосовуються для вимірювання температури при аеростатному і літаковому зондуванні.

Ємкісні перетворювачі. Принцип дії ємкісних перетворювачів (термоконденсаторів) заснований на залежності ємності конденсаторів від температури, обумовленою температурною залежністю діелектричної проникності вживаних діелектриків. Основною характеристикою ємкісного перетворювача є його температурний коефіцієнт

$$\alpha_t = \frac{1}{C} \frac{dC}{dt},$$

що є відносною зміною ємності конденсатора, що припадає на 1 К зміни температури.

Як правило, термоконденсатор включається в коливальний контур високочастотного генератора, захищеного від дії температури на його інші деталі. Так, в одному з радіозондів при використанні термоконденсатора з температурним коефіцієнтом $\alpha_t = -720 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ при зміні вимірюваної температури на 100 К зміна ємності складала 7,2 пФ, що забезпечило зміну частоти високочастотного генератора з довжиною хвилі 37,5 м на 2,7 кГц. Наведені дані свідчать про перспективність термоконденсаторів для аерологічних приладів.

2.1.2 Перетворювачі тиску

Атмосферним тиском називається гідростатичний тиск, який надає атмосфера на тіла, що знаходяться в ній. Атмосферний тиск не є постійним і змінюється в просторі і в часі в широких межах: у вертикальному напрямі від 1000 гПа біля поверхні моря до 10^{-7} - 10^{-9} гПа на висотах

300-500 км; у часі атмосферний тиск змінюється до 6% середнього значення в нижніх шарах і до 100% і більш у високих шарах. Швидкості зміни тиску, як правило, невеликі, і у поверхні землі вони не перевищують зазвичай 3-5 гПа/год. Зміна тиску, що обумовлена атмосферною турбулентністю, зазвичай не перевищує 0,1 гПа.

Для забезпечення аналізу поля тиску воно повинне вимірюватися у поверхні землі з погрішністю, що не перевищує 0,1, – 0,5 гПа, що складає 0,01 – 0,05% вимірюваного тиску, у вільній атмосфері максимальні допустимі погрішності вимірювання атмосферного тиску не повинні перевищувати 0,1%.

Методи вимірювання тиску, вживані в аерології, можна розділити на дві групи: методи, засновані на вимірюванні сили (наприклад, сили тиску на мембранну коробку), методи, засновані на використанні залежності деяких фізичних параметрів і процесів їх тиску (наприклад, залежності теплопровідності твердих тіл, ступеня іонізації газу, температури кипіння рідини і ін.). Жоден з вказаних методів не забезпечує вимірювання тиску з необхідною точністю у всьому діапазоні висот. Тому на різних ділянках зміни тиску використовуються різні методи і різні вимірювальні прилади. Так, в діапазоні зміни тиску від приземного до 10 гПа (висота 0 - 50 км) використовуються барокоробки, які є основними перетворювачами при вимірюванні тиску методом радіозондів, аеростатним, літаковим і ракетним зондуванням. У діапазоні зміни тиску від 10 до 10^{-3} гПа (40 – 70 км) найчастіше застосовуються теплові манометри Пірані, які є основними при вимірюванні тиску від 10^{-3} до 10^{-7} гПа (70 – 200 км) використовуються магнітні електророзрядні манометри. Ці манометри застосовуються на метеорологічних ракетах.

Барокоробки. Барокоробка відноситься до класу деформаційних перетворювачів і є круглою, геометрично замкнутою, невисокою коробкою, найчастіше з гофрованими пружними підставами (мембранами) і жорсткими стінками. Мембрани виготовляються з пружних матеріалів, як правило, що є сплавами (наприклад, нейзільбер – сплав нікелю, міді і цинку), фосфористу або берилієву бронзу і сталь. Дві мембрани, герметично спаяні бортами так, що між ними створюється порожнина, що утворює барокоробку. Повітря з коробки викачується до такого ступеню, що тиск газу в ній складає декілька гПа. У ряді випадків для забезпечення температурної компенсації порожнина коробки заповнюється інертним газом, але частіше азотом при тиску 40 - 50 гПа. Плоский центр однієї мембрани нерухомо кріпиться до станини приладу, а плоский центр іншої залишається вільним і має можливість вільно переміщатися (його часто називають рухомим центром).

Під дією зовнішнього атмосферного тиску мембранна коробка стискується або розширюється до тих пір, поки сили пружності мембрани і укладеного в коробці газу не зрівноважать силу атмосферного тиску.

При урівноваженні сили атмосферного тиску мембрани вільно прогинаються, спричиняючи переміщення рухомого центру коробки. Величина цього переміщення і служить мірою вимірюваного атмосферного тиску.

Теоретично і експериментально встановлено, що величина прогину плоскої мембрани під дією атмосферного тиску p пропорційна величині $\sqrt[3]{p}$. Для отримання лінійної залежності прогину від тиску мембрани роблять гофрованими, внаслідок чого величина прогину мембранної коробки ΔL залежно від зміни атмосферного тиску виражається наближеним співвідношенням

$$\Delta L = c \frac{r^4}{l^3 E} \Delta p, \quad (2.9)$$

де C – коефіцієнт, залежний від матеріалу і форми мембрани;

r – радіус мембрани;

l – товщина мембрани;

E – модуль пружності матеріалу.

Переміщення рухомого центру барокоробки за допомогою кінематичної передачі може бути у декілька разів збільшене. Із співвідношення (2.9) виходить, що для збільшення чутливості мембранної коробки необхідно збільшувати розміри мембрани і зменшувати їх товщину. Оскільки збільшення діаметра коробки спричиняє за собою зниження її механічної міцності, то в реальних умовах найбільш оптимальним є діаметр 4-6 см. Експериментально встановлено, що прогин мембранної коробки з погляду забезпечення необхідної міцності не повинен перевищувати 5% діаметра мембрани. В результаті отримуємо, що максимально можливий прогин однієї мембранної коробки не може перевищувати 2 – 3 мм..

Для отримання більшого прогину замість однієї мембранної коробки застосовують послідовне з'єднання двох – чотирьох коробок, для чого їх згвинчують один з одним в бароблок. Центр нижньої коробки бароблока нерухомо сполучають із станиною приладу, а центр верхньої через відповідний кінематичний механізм сполучається з покажчиком. При оптимальному виборі передавального кінематичного механізму зсув покажчика може в декілька десятків разів перевищувати величину прогину одній барокоробки бароблока.

У ряді випадків застосовують барокоробки з плоскими мембранами, що забезпечує підвищену чутливість при вимірюванні малого тиску (у декілька разів в порівнянні із звичайним гофрованими мембранами). Для підвищення точності вимірювань іноді використовують включення

барокоробок, що „запізнюється”, коли коробки включаються у відповідну кінематичну схему при визначенні тиску, залежному від пружності мембрани. При великому тиску, що не входить у діапазон вимірювань, рухомий центр коробки є нерухомим.

Одним з істотних недоліків барокоробок є гістерезис і залежність величини прогину від температури навколишнього середовища, що обумовлене залежністю від температури модуля пружності матеріалу коробки і вміщеного в ній газу. Ця залежність приводить до помилок вимірювання тиску. Для зменшення температурних помилок застосовують різні способи термокомпенсації: кінематичну, силову і газову.

Принцип термокомпенсації полягає в тому, що в одному з елементів кінематичної передачі використовується ланка, виконана з біметалу, яке по своїх параметрах підібране так, що деформація барокоробки, обумовлена тільки зміною температури, компенсується протилежною по знаку деформацією біметалу. У приладів, що вимірюють тиск в широкому діапазоні, компенсатори можуть виконуватися із змінною чутливістю, залежною від тиску.

Силова термокомпенсація полягає в тому, що зусилля розвиваються при деформації біметалу, прикладаються до коробки. Ця додаткова сила повинна компенсувати зміну жорсткості чутливого елемента під впливом температури. Принцип газової температурної компенсації полягає в тому, що мембранна коробка наповнюється газом під деяким великим тиском. При підвищенні температури тиск газу в коробці росте і компенсує зниження жорсткості чутливого елемента, при зниженні температури відбувається зворотнє явище. Газова і силові термокомпенсації дозволяють істотно понизити вплив температури на прилади, що працюють в обмеженому діапазоні вимірювання тиску, коли об'єм барокоробки міняється трохи.

Всі види термокомпенсації не дозволяють повністю виключити вплив температури на результати вимірювання тиску за допомогою барокоробок.

Інтегральні вимірювальні перетворювачі. Останнім часом в літературі з'явилися багато повідомлень про перетворювачі тиску на базі напівпровідникових терморезисторів. Принцип дії їх, заснований на тензорестивному ефекті – зміні електричного стану напівпровідника під впливом зовнішнього навантаження, що створює деформацію в кристалі. Для характеристики зміни опору при деформації користуються коефіцієнтом тензочутливості

$$G = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l},$$

який є відношенням відносної зміни опору до відносної деформації в даному напрямі (R – опір тензорезистора, l – розмір тензорезистора у напрямі деформації).

Щоб отримати вихідний електричний сигнал, пропорційний опору, що змінюється під впливом тиску, через цей опір має бути пропущений електричний струм або до нього має бути підведена напруга. Зазвичай, для посилення вихідного сигналу чотири тензорезистори, включені в схемі моста Уїтстона. Напівпровідникова технологія інтегральних схем дозволяє створити абсолютно нову конструкцію, що складається з монокристалічного пружного елемента (мембрани), на якій виконані чутливі до тиску напівпровідникові області - тензорезистори, і корпуси, що створюють при з'єднанні з мембранною вакуумний осередок.

Застосування різних методів термокомпенсації, зокрема, використання еквівалентної мостової схеми, зміна опору якої залежить тільки від зміни температури навколишнього середовища, дозволяє повністю усунути температурну погрішність вимірювання тиску в широкому діапазоні. Маючи малі габарити (діаметр мембрани 5 мм, висота приладу 1 мм), перетворювачі забезпечують високу чутливість, при цьому основна погрішність вимірювання складає 0,5%.

Гіпсометричні перетворювачі. Принцип роботи гіпсометричного перетворювача тиску заснований на залежності температури точки кипіння рідини від атмосферного тиску. Він є посудиною з вільно киплячою рідиною, забезпеченою пристроєм для вимірювання його температури (рис.2.5). Як рідину, найчастіше застосовують дистильовану воду, фреон-13 і сірковуглець.

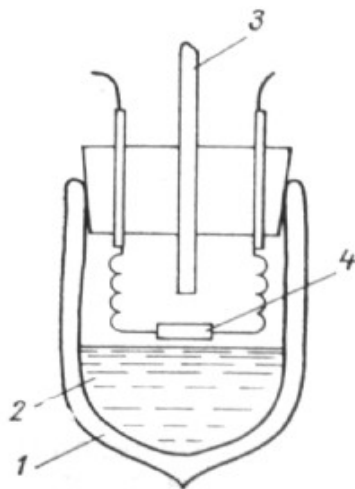


Рис.2.5 - Пристрій гіпсометричного перетворювача температури
1 – посудина Дюара, 2 – кипляча рідина, 3 – паровідвідні трубки,
4 – терморезистор

Для гіпсометричних перетворювачів залежність між температурою точки кипіння рідини t і тиском атмосфери P виражається співвідношенням

$$p = 10^{A - \frac{B}{t}},$$

де A і B – коефіцієнти, залежні від властивостей рідини.

Оскільки, між тиском атмосфери і температурою точки кипіння рідини має місце нелінійна залежність, то чутливість гіпсометричних перетворювачів істотно зростає із збільшенням тиску. Для ілюстрації цього можна вказати, що при використанні сірковуглеця для зміни температури кипіння на 1 К в наземних умовах необхідний перепад тиску в 30 гПа, тоді як для зміни температури кипіння рідини на 1 К на висоті 20 км необхідний перепад тиску в 3 гПа. Для підвищення точності вимірювань тиску температура кипіння повинна вимірюватись в парах киплячої рідини якомога ближче до її поверхні. Температура кипіння вимірюється за допомогою терморезисторів.

На відміну від барокоробок гіпсометричні перетворювачі вільні від пружної післядії і гистерезиса, а також від помилок, обумовлених впливом температури. Крім того, вони не містять механічних деталей, прості в перевірці і підготовці до використання. Гіпсометричні перетворювачі тиску останніми роками починають широко застосовуватися в радіозондах (США, Голландія, Німеччина).

2.1.3 Вимірювання вологості

У процесі аерологічних вимірювань найбільші труднощі виникають при вимірюванні вологості повітря, особливо на великих висотах, що обумовлене малим вмістом водяної пари при низьких температурах. При побудові аерологічних приладів використовуються, в основному, три методи вимірювання вологості: психометричний, гігроскопічний і метод точки роси.

Психометричний метод. Суть психометричного методу полягає в тому, що про вологість повітря судять за показаннями двох термометрів, один з яких сухий, а другий змочений (обгорнутий безперервно змочуваною матерією). За допомогою матерії відбувається випаровування води, інтенсивність якого залежить від дефіциту вологості в атмосфері. Оскільки на випаровування витрачається тепло, що частково надходить від термометричного тіла термометра, то показання змоченого термометра будуть менші за показання сухого. Зв'язок між температурою змоченого

термометра, сухого термометра і вологістю повітря визначається психометричною формулою

$$e = E' - Ap(t - t'),$$

де e - фактична пружність водяного пару;

E' - максимальна пружність випарної поверхні t' ;

P - тиск повітря;

$$A = Q' \frac{c_2}{c_1} - \text{психометрична стала, яка сильно залежить від швидкості}$$

вентиляції через залежність від швидкості вентиляції коефіцієнтів c_1 і c_2 ;
' Q' - питома теплота перетворення.

При реалізації психометричного методу в аерологічних приладах, як первинні вимірювальні перетворювачі температури можуть бути використані рідинні термометри, резистивні (як металеві, так і напівпровідникові), біметалеві, термоелектричні і ємкісні перетворювачі. Одним з істотних недоліків психометричного методу є те, що він, забезпечуючи задовільні результати при наземних вимірюваннях вологості і позитивній температурі навіть в наземних умовах, дає значні похибки вимірювань. Це видно з наступних даних:

$t^{\circ C}$	30	20	10	0	-10	-20	-30
Помилка, %.....	0,6	0,8	1,1	1,7	3	6	13.

Реалізація психометричного методу в аерологічних вимірюваннях пов'язана з рядом значних труднощів. Проте цей метод з успіхом застосовується при літаковому зондуванні. Крім того, є деякий досвід використання психометричного методу в радіозондах.

Сорбційний метод. Сорбційний метод вимірювання вологості у ряді випадків називають гігроскопічним, адсорбційним, деформаційним. Суть методу полягає у використанні властивості деяких тіл поглинати вологу з навколишнього повітря і внаслідок цього змінювати свої розміри і електропровідність залежно від ступеня насичення навколишнього повітря водяною парою. Первинні вимірювальні перетворювачі сорбційного типу залежно від механізму сорбції можна розділити на чотири типи : деформаційні, електролітичні, оксидно-алюмінієві і керамічні. До деформаційних перетворювачів вологості, у свою чергу, відносяться волосяні і плівкові перетворювачі.

Метод точки роси. Суть вимірювання вологості повітря за методом точки роси полягає у визначенні температури поверхні води (льоду), відповідної стану рівноваги між водою (льодом) і парою в повітрі. У

основі методу лежить відоме положення про те, що кожному значенню температури відповідає певна пружність насиченої водяної пари над плоскою поверхнею води (льоду). Отже, якщо зміряти температуру плоскої поверхні води або льоду у момент встановлення рухомої рівноваги між випаровуванням і конденсацією водяної пари біля цієї поверхні, то можна зміряти пружність водяної пари повітря.

Зв'язок між температурою точки роси (температурою плоскої поверхні води або льоду у момент рівноваги між випаровуванням і конденсацією) і відносною вологістю можна встановити таким чином. Відомо, що зв'язок між пружністю водяної пари e і відносною вологістю повітря r визначається співвідношенням

$$e = rE_t, \quad (2.10)$$

де E_t - пружність насиченої пари при температурі t .

З іншого боку, відомо, що пружністю водяної пари e є пружність насичення водяної пари при температурі точки роси τ і визначається співвідношенням

$$e = E_\tau, \quad (2.11)$$

де E_τ – пружність насичення водяної пари при температурі точки роси.

Маючи на увазі, що пружність водяної пари визначається формулою Клаузіуса–Клапейрона, і прирівнявши праві частини виразів (2.10) і (2.11), отримаємо

$$E_0 e^{\frac{Q'}{k} \left(\frac{1}{t_0} - \frac{1}{\tau} \right)} = r E_0 e^{\frac{Q'}{k} \left(\frac{1}{t_0} - \frac{1}{t} \right)}, \quad (2.12)$$

де Q' - питома теплота паротворення;

k – стала Больцмана;

E_0 – пружність насичення при температурі t_0 .

Нехтуючи залежністю питомої теплоти пароутворення від температури в інтервалі температур від t до τ , з виразу (2.12) маємо

$$\ln r = \frac{Q'}{k} \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{\tau} \right). \quad (2.13)$$

Вираз (2.13) є основним рівнянням методу точки роси. З нього виходить, що для вимірювання відносної вологості методом точки роси необхідно знати температуру повітря і температуру його точки роси. Для визначення чутливості методу вирішимо рівняння (2.13) відносно τ , внаслідок чого отримаємо

$$\tau = \frac{1}{\frac{1}{t} - \frac{k}{Q'} \ln r}. \quad (2.14)$$

Продиференціювавши вираз (2.14) по r , отримаємо формулу для оцінки чутливості методу

$$\frac{d\tau}{dr} = \frac{\frac{k}{Q'} \frac{1}{r}}{\left(\frac{1}{t} - \frac{k}{Q'} \ln r \right)^2}. \quad (2.15)$$

З виразу (2.15) виходить, що в умовах 100% відносної вологості (коли $r = 1$) чутливість методу точки роси буде дорівнювати

$$\frac{d\tau}{dr} = 0,01 \frac{kt^2}{Q'}. \quad (2.16)$$

Аналіз співвідношення (2.16) показує, що чутливість методу точки роси поволі зменшується зі зниженням температури. Аналогічний метод можна застосувати і для випадку відмінності вологості від 100%.

Таким чином, можна зробити висновок, що метод точки роси забезпечує високу чутливість, як при позитивних, так і при негативних температурах, що ілюструється даними табл. 2.3.

Метод точки роси в наш час є єдино надійним методом вимірювання вологості повітря при низьких температурах, оскільки всі інші методи за таких умов не забезпечують необхідної точності вимірювань і надійності. Він володіє також і порівняно малою інерційністю. При практичній реалізації вимірювання вологості за методом точки роси виникає ряд

методичних і конструктивних питань, від ступеня вирішення яких залежить ефективність методу.

Таблиця 2.3 - Чутливість (K/%) методу точки роси при різних температурах і відносній вологості

r%	$t^{\circ}C$			
	-80	-40	0	40
100	0,06	0,09	0,12	0,18
10	0,6	0,9	1,2	1,8

По-перше, з самого методу виходить, що для проведення вимірювань має бути досягнута рівновага між парою і рідкою водою (або льодом), яка характеризується відсутністю випаровування і постійністю часу маси води або льоду при незмінній пружності водяної пари в повітрі. Основне завдання в цьому плані полягає в дослідженні чутливих способів реєстрації такої рівноваги (реєстрації маси води і льоду). Практичне застосування отримав спосіб реєстрації шару сконденсованої води на плоскій поверхні твердого тіла (металевого дзеркала), температуру якого можна регулювати. Таким чином, в приладі для вимірювання точки роси має бути металеве дзеркало з холодильником, призначеним для зниження температури його поверхні нижче очікуваної температури точки роси, і нагрівальним пристроєм для видалення продуктів конденсації, пристрій для вимірювання температури дзеркала, на якому осідає роса (температура конденсату), і оптичний або електричний пристрій для встановлення факту початку конденсації і видалення продуктів конденсації.

У перших приладах для вимірювання точки роси, як середовища, що охолоджують металеве дзеркало, застосовувалися різні низькотемпературні суміші (наприклад, суміш твердої вуглекислоти і спирту) або спеціальні середовища (фреон-13, хлористий етил, рідке повітря і інші). Останніми роками для цих цілей почали застосовуватися напівпровідникові холодильники.

Вимірювання температури конденсату в сучасних гігрометрах за методом точки роси здійснюється за допомогою резистивних термоелектричних перетворювачів, розташованих в безпосередній близькості від поверхні дзеркала. Для наявності конденсату використовують фотоелементи і джерело світла, направлене під кутом до дзеркала. За відсутністю конденсату на дзеркалі, падаючий на нього світловий промінь відбиватиметься за законами геометричної оптики і

не потраплятиме на фотоелемент. При появі конденсату виникає дифузне розсіяння світла і світло потраплятиме на фотоелемент.

Прилади вимірювання вологості повітря за методом точки роси застосовуються при літаковому зондуванні. Є спроби використовувати їх і в радіозондах.

У аерологічних приладах, призначених для дослідження вільної атмосфери методом радіозондів, в основному використовуються деформаційні (волосяні, плівкові) і резистивні (електролітичні, керамічні і оксидно - алюмінієві) перетворювачі.

Волосяні перетворювачі. Принцип дії волосяного перетворювача заснований на використанні властивостей знежиреного волоса змінювати розміри (довжину) унаслідок конденсації водяної пари в його порах. При цьому знежирений волос коротшає при зменшенні вологості навколишнього повітря і подовжується при його збільшенні. Експериментально встановлено, що оптимальні властивості для вимірювання вологості має людський волос. Відомо, що волос має на своїй поверхні численні пори, покриті зовні жировими речовинами. Якщо шляхом спеціальної обробки з поверхні волоса видалити жировий шар, то в його порах конденсуватиметься водяна пара, унаслідок чого змінюватимуться механічні властивості волоса. Теорія конденсації водяної пари в порах волоса була розроблена ще в 1895 р. Б.І.Срезневським.

Аналіз зміни механічних властивостей волоса, проведений на основі цієї теорії, показує, що відносне подовження знежиреного волоса залежно від вологості навколишнього повітря має вигляд

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\rho R_n T n d}{M} 1nr, \quad (2.17)$$

де ρ – густина води;

R_n – газова стала для водяної пари;

T – температура за шкалою Кельвіна;

n – число пор на одиниці довжини волоса;

d – діаметр пори;

M – модуль пружності волоса;

r – відносна вологість повітря.

З виразу (2.7) виходить, що відносне подовження волоса пропорційне логарифму відносної вологості. Експериментально встановлено, що такий хід залежності зберігається при зміні відносної вологості від 20 до 100%. Чутливість волосяного перетворювача визначається співвідношенням

$$\frac{dl}{dr} = \frac{\rho R_n T h dl}{Mr} \quad (2.18)$$

Із співвідношення (2.18) виходить, що із збільшенням відносної вологості повітря чутливість волосяного перетворювача зменшується. Аналіз роботи волосяного перетворювача при негативних температурах, проведений В.Д.Решетовим, показує зменшення чутливості волосяного перетворювача при зниженні негативних температур обумовлене збільшенням модуля пружності волоса при негативних температурах. Крім того, при зниженні температури різко зростає інерційність волоса унаслідок появи залишкової деформації. Гранична температура при використанні волосяного перетворювача практично рівна -30°C .

Інерційні властивості волосяного перетворювача характеризується коефіцієнтом інерції

$$\beta = \frac{r - r'}{dr' / dT},$$

де r і r' - вимірюване і дійсне значення відносної вологості. Експериментально встановлено, що коефіцієнт інерції величина непостійна і залежить від багатьох факторів:

$$\beta = \frac{A T \delta - a 1 n r'}{D E r'}$$

де A і a – коефіцієнти, залежні від властивостей волоса;

D – коефіцієнт дифузії водяної пари;

E – максимальна пружність водяної пари;

δ – товщина плівки води, адсорбованої на поверхні волоса;

r' - відносна вологість, зміряна волосяним перетворювачем.

З метою зменшення інерційних властивостей волосяних перетворювачів і підвищення їх чутливості у ряді випадків волос піддають механічній обробці шляхом його вальцювання при високому тиску, що додає початковому волосу переріз еліптичної форми з відношенням осей 1 : 3 або 1 : 4. Провальцьований волос має більшу чутливість, ніж нормальний, особливо при низьких температурах (табл.2.4). Вальцювання волоса погіршує його механічні властивості.

Таблиця 2.4 - Коефіцієнт інерції звичайного і вальцьованого волосяних перетворювачів

Тип волосу	$t^{\circ}C$					
	20	10	0	-10	-20	-30
Звичайний	32	45	75	175	440	1050
Вальцьований	10	10	12	15	20	30

Плівкові перетворювачі. Досвід застосування волоса, як перетворювача вологості показав, яку структуру повинні мати сорбційні перетворювачі вологості: вони повинні мати або пористу, або волокнисту поверхню. Сильно розвинену волокнисту поверхню має тваринна плівка (бодрюш, золотобиця, парфумерна лайка). Технологія обробки тваринної плівки така: плівка посліду тварин ретельно мисться в теплій воді, ефірі і просушується. Для перетворювачів вологості відбирається тільки високоякісна плівка. Відібрані зразки плівки товщиною 10 - 20 мкм піддаються штучному старінню в розтягнутому стані в пересиченому вологому повітрі протягом декількох днів, в процесі якого плівка збільшується в розмірах і змінює свою структуру: первинна гладка і прозора плівка стає білуватою і крихкою. Після цього плівку "масажують" за допомогою 2 – 5 - кратної дії на неї зміною вологості від 5 до 100%. Після того, як в результаті масажування первинне видовження плівки скоротиться наполовину, плівку можна використовувати в перетворювачі.

Перетворювачі вологості на основі тваринної плівки, вживані в аерологічних приладах, виконуються у вигляді металевого кільця, на яке натягнута плівка. В центрі круга до плівки приклеюється металева шайба з отвором для закріплення натяжної пружини. Пружина, зволікаючи центр плівки, утримує її завжди в натягнутому стані незалежно від вологості навколишнього повітря. Оптимальне натягнення складає 2 – 3 г на 1 мм ширини плівки. При зміні вологості повітря з'являється збільшення розміру плівки, яке вибирається натяжною пружиною, внаслідок чого плівка набуває конусоподібної форми. Подовження плівки не залежить від температури і досягає 48 - 50% при зміні вологості від 0 до 100%.

З рухомим центром плівкового круга (точкою закріплення натяжної пружини) пов'язана стрілка (якщо вимірювана вологість перетвориться в кут відхилення стрілки) або рухомий контакт потенціометра (якщо вимірювана вологість перетвориться в напругу). Перетворювачі вологості на основі тваринної плівки у 2-3 рази більш чутливі ніж волосяні перетворювачі, крім того вони змінюють чутливість при проколах датчика. Одним із суттєвих недоліків перетворювача вологості на основі тваринної плівки є швидке збільшення коефіцієнта інерції при зменшенні температури, як показано в табл..2.5.

Перетворювачі вологості на основі тваринної плівки мають значний гістерезис: при їх прогоні в умовах зміни вологості від 20 до 100% і назад виходить петля гістерезису в 10 - 15% з максимумом в районі вологості від 40 до 50%. Для зменшення впливу гістерезису на результати вимірювань перед перевіркою радіозонда або перед його випуском необхідна витримка перетворювача протягом 15 – 20 мін в насиченому вологою повітрі і перевірка в умовах зниженої вологості. При покритті плівки перетворювача вологості тонким нальотом рідкої води показники перетворювача різко відрізняються від реальної вологості повітря.

Таблиця 2.5 - Коефіцієнт інерції плівкового перетворювача вологості при різних температурах

Тип плівки	t, °C					
	20	10	0	-10	-20	-30
Бодрюш	6	10	20	50	100	200

Тому плівкові перетворювачі необхідно захищати від дії опадів.

Принцип дії резистивних перетворювачів вологості заснований на використанні залежності електричного опору гігроскопічних тіл від вологості навколишнього повітря. У аерологічних приладах найбільшого поширення набули електролітичні, керамічні і оксидно-алюмінієві перетворювачі.

Електролітичні перетворювачі. Принцип дії електролітичного перетворювача вологості заснований на використанні властивості електроліту (гігроскопічного тіла) змінювати свою електропровідність залежно від зміни своєї вологості навколишнього повітря. Електролітичний перетворювач конструктивно складається з двох електродів, між якими знаходиться електроліт, нанесений на скляну або поліестіролову пластину у вигляді тонкої плівки розчину, що містить гігроскопічну сіль. Як електроліт застосовується водний розчин хлористого літію з матеріалом, що пов'язує – полівінілацетатом.

Якщо пружність водяної пари над плівкою електроліту менше пружності водяної пари в навколишньому повітрі, то він поглинається гігроскопічною плівкою електроліту до тих пір, поки вказані пружності водяної пари не зрівняються. Якщо пружність водяної пари над поверхнею електроліту більше пружності водяної пари в навколишньому повітрі, відбувається випаровування води з електроліту до встановлення стану рівноваги. Зміна кількості води в електроліті, що відбувається в результаті її поглинання або випаровування, приводить до зміни концентрації електроліту, що у свою чергу приводить до зміни його

електропровідності: з підвищенням концентрації розчину (зменшенням вологості) опір електроліту зменшується і, навпаки, зі зменшенням концентрації (підвищенням вологості) – збільшується. Проте, якщо розчин електроліту застосовується у вигляді тонкого шару, то цей ефект перекривається іншим: з поглинанням водяної пари з атмосфери (збільшення вологості) плівка електроліту стає товстіше і опір збільшується. Підсумкова зміна опору і служить мірою зміни відносної вологості.

Одним з істотних недоліків електролітичного перетворювача є його висихання при низькій вологості навколишнього повітря. Це обумовлено тим, що літій не може розчинятися необмежено, унаслідок чого навіть при дуже низькій вологості навколишнього повітря плівка електроліту має високу пружність водяної пари: електроліт поступово віддає водяну пару навколишньому повітрю і висихає. В результаті, для заданої температури має місце гранична вологість повітря, яку можна вимірювати за допомогою електролітичного перетворювача; при меншій вологості плівка електроліту висихає. Цей недолік особливо виявляється при низьких температурах.

При високому значенні вологості повітря електролітом поглинається велика кількість води, об'єм електроліту збільшується і унаслідок цього підвищується інерційність перетворювача. Інерційність перетворювача швидко зростає з підвищенням температури. Так, електролітичний перетворювач, застосований в американському радіозонді, при 0°C і швидкості вентиляції 5 м/с мав сталу часу 5 с, а при 30°C – 120 с.

Іншим істотним недоліком електролітичного перетворювача є його руйнування при тривалому перебуванні в умовах високої вологості. Для зменшення небезпеки такого руйнування і застосовується відповідна речовина, що пов'язує (наприклад, полівінілацетат). З метою запобігання руйнуванню електролітичного перетворювача і збереженню його метрологічних властивостей після перевірки він повинен зберігатися в герметично закритій посудині. Істотною перевагою електролітичного перетворювача є його малий коефіцієнт інерції в порівнянні з іншими перетворювачами вологості.

В наш час відомо декілька різновидів електролітичних перетворювачів вологості. Так, дуже чутливий і малоінерційний перетворювач був отриманий шляхом покриття у вакуумі ізолятора (скло, полістерол) тонкою кулею тонкого електроліту (гігроскопічній солі). У іншому різновиді перетворювача в гігроскопічній речовині (твердий електроліт) дисперговані частинки вугілля.

Керамічні перетворювачі. Принцип дії керамічного перетворювача вологості, заснований на використанні залежності електричного опору кераміки від вологості навколишнього повітря. Не дивлячись на те, що вплив вологості навколишнього повітря на електричний опір керамічних

мас відомий давно, тільки останніми роками вдалося виготовити кераміку, придатну для використання в перетворювачах вологості. Зокрема виготовлена кераміка, що складається з суміші глини (50-90%), каоліну (5-25%) і кремнію (2-25%) і що є твердою, пористою структурою якій можна надавати потрібну форму.

Керамічне тіло поміщається між двома електродами і через нього пропускається електричний струм. У порах кераміки конденсується вода, унаслідок чого змінюється її електричний опір. По величині струму судять про вологість навколишнього повітря. Керамічні перетворювачі застосовні при будь-якій температурі.

Оксидно-алюмінієві перетворювачі. Принцип дії оксидно-алюмінієвого перетворювача вологості заснований на адсорбції вологи з навколишнього повітря пористим шаром окислу алюмінію, в результаті якого шар змінює свій повний опір.

Оксидно-алюмінієвий перетворювач, розроблений для використання з радіозондами типу РКЗ, є порожня трубка з доброякісного ізоляційного матеріалу, на зовнішню поверхню якої нанесений тонкий оксидно-алюмінієвий шар, до якого з двох сторін трубки приєднані контакти. Один із сполучних проводів, відведений до дальнього контакту, проходить усередині трубки. Для підключення перетворювача до вимірювальної схеми з одного боку трубки передбачений малогабаритний штепсельний роз'єм. Стиковка розробленого оксидно-алюмінієвого перетворювача з радіозондами типу РКЗ проводиться за допомогою додаткового блоку.

Експериментальні дослідження оксидно-алюмінієвих перетворювачів і їх досвідчена перевірка показали, що якнайкращі параметри мають перетворювачі з оксидною плівкою завтовшки близько 5 мкм. Такі перетворювачі мають незначний гістерезис, малу сталу часу і дозволяють вимірювати вологість повітря в широкому діапазоні зміни температури. Основним недоліком оксидно-алюмінієвих перетворювачів є зменшення чутливості в часі, спричинене "старінням" активного шару, а перевагою – малі габарити і вага, проста технологія виготовлення і низька вартість. Є всі підстави припускати, що оксидно-алюмінієвий перетворювач вологості для радіозондів є одним з найперспективніших.

Контрольні запитання

- 1 Особливості аерологічних вимірювань.
- 2 Вимірювальні перетворювачі температури.
- 3 Резистивні перетворювачі.
- 4 Біметалеві перетворювачі.
- 5 Акустичні перетворювачі.
- 6 Барокоробки.

- 7 Інтегральні вимірювальні перетворювачі.
- 8 Методи вимірювання вологості.

3 КОМПЛЕКС АМАС Авіа-1

3.1 Призначення комплексу АМАС Авіа-1

Комплекс АМАС Авіа-1 - це комплекс технічних програмних засобів для автоматизованої метеорологічної аеродромної станції [7].

Комплекс АМАС Авіа-1 призначений для:

- перетворення і обробки вимірювальної інформації, яка надходить від первинних перетворювачів метеовеличин: напрямку і швидкості вітру, метеорологічної дальності видимості, висоти нижньої межі хмар, атмосферного тиску, температури і відносної вологості повітря;

- вимірювання поточного часу;

- відображення вимірюваних метеорологічних величин і метеорологічної інформації;

- формування регулярних і спеціальних метеозведень в кодах METAR, SPESI, КН-1 (SINOP);

- архівування і вивід на друк метеорологічної інформації.

Конструкція комплексу застосовується в автоматичних метеорологічних аеродромних станціях (АМАС), які використовуються на аеродромах цивільної авіації і забезпечують зліт і посадку повітряних суден по категоріях I, II, III ІКАО.

Конструкція комплексу забезпечує роботу в безперервному режимі.

Умови експлуатації технічних засобів комплексу такі:

- 1) діапазон робочих температур навколишнього повітря $+5 \div +40$ °С;
- 2) верхнє значення відносної вологості 75% при 30°С і більш низьких температурах, без конденсації вологи;
- 3) атмосферний тиск в діапазоні від 840 до 1067 гПа.

3.2 Склад комплексу АМАС Авіа-1

До складу комплексу входять такі складові частини:

- автоматизоване робоче місце спостерігача;
- автоматизоване робоче місце синоптика;
- погодний дисплей (ПД).

3.3 Технічні дані і характеристики АМАС Авіа-1

До основних функцій, які виконує комплекс АМАС Авіа-1 входить:

- збір даних від засобів вимірювання метеорологічних величин;
- перетворення і обробка вимірювальної інформації, яка надходить від засобів вимірювань метеовеличин, а саме:
 - ◇ метеорологічної дальності видимості (МДВ),
 - ◇ напрямку і швидкості вітру,
 - ◇ висоти нижньої межі хмар (ВНМХ),

- ◇ атмосферного тиску,
- ◇ температури повітря,
- ◇ відносної вологості повітря,
- вимірювання поточного часу;
- відображення виміряних і розрахованих метеорологічних величин і метеорологічної інформації;
- формування регулярних і спеціальних метеозведень в кодах METAR, SPESI, КН-1 (SINOP);
- формування архіву інформації;
- реєстрування метеоінформації.

Крім того, комплекс забезпечує виконання додаткових функцій:

- ручне введення значень метеорологічних величин;
- діагностику прийнятої вимірювальної інформації;
- перевірку працездатності пристрою комплексу;
- перевірку ліній зв'язку;
- передачу метеозведень на вузол зв'язку АМСГ.

Комплекс забезпечує можливість резервування функції ручного формування і редагування тексту прогнозу зміни погоди (TREND) оператору АРМН, якщо АРМС несправна або відсутня в комплекті постачання АРМС.

Засоби відображення комплексу забезпечують відображення метеорологічної інформації на екранах відеомоніторів АРМН, АРМС і ПД. На екран відеомонітору АРМН виводиться така інформація:

- **в автоматичному режимі**

- дата і час спостереження;
- робочий курс;
- значення виміряних метеовеличин;
- значення введених вручну і розрахованих метеовеличин, даних візуального спостереження;
- регулярне метеозведення METAR;
- спеціальне метеозведення SPESI,
- регулярне метеозведення КН-01;
- попереджувальні повідомлення при помилковому значенні метеовеличин;
- попереджувальні повідомлення при відмовленні вимірювачів метеовеличин;
- попереджувальні повідомлення при втраті зв'язку з АРМС.

- **на запит оператора**

- спеціальне метеозведення SPESI;
- панель ручного керування стану вимірювачів;
- архівні значення виміряних, розрахованих і введених вручну метеовеличин в графічному і табличному вигляді;
- журнал відправлених метеозведень (поточний або архівний);

- журнал роботи комплексу (поточний або архівний).

На екран відеомонітору АРМС виводиться така інформація:

- **в автоматичному режимі**

- дата і час спостереження;
- робочий курс;
- значення виміряних метеовеличин;
- значення введених вручну і розрахованих метеовеличин, даних візуального спостереження;
- останнє сформоване метеорологічне повідомлення;
- повідомлення метеорологічного спостерігача – додаткова інформація;
- повідомлення при втраті зв'язку з АРМН.

- **на запит оператора**

- архівні значення виміряних, розрахованих і введених метеовеличин в графічному вигляді;
- журнал сформованих і відправлених метеозведень.

На екран відеомонітору ПД виводиться така інформація:

- **в автоматичному режимі**

- дата і час спостереження;
- робочий курс;
- значення виміряних метеовеличин;
- значення введених вручну і розрахованих метеовеличин, даних візуального спостереження;
- останнє сформоване метеорологічне повідомлення;
- повідомлення метеорологічного спостерігача – додаткова інформація;
- повідомлення при втраті зв'язку з АРМН.

Комплекс забезпечує ведення журналу роботи комплексу в об'ємі за період не менше 31 доби. В журналі роботи в автоматичному режимі фіксуються:

- всі передані метеозведення зі зазначенням часу передачі до однієї секунди;
- всі дії оператора АРМН і оператора АРМС по ручному втручанню в роботу комплексу зі зазначенням часу до однієї секунди.

Комплекс забезпечує занесення в архівний файл АРМН всіх поточних (виміряних, розрахованих і введених вручну) метеовеличин з інтервалом в одну хвилину. В архівному файлі АРМН інформація зберігається в об'ємі за період 31 добу.

Комплекс забезпечує можливість перегляду оператором АРМН архівних значень метеовеличин в графічному або табличному вигляді:

- 3-х годинного графіка з інтервалом вирішення 1 хвилину;
- добового графіка з інтервалом вирішення 1 година;
- таблиці метеовеличин - щохвилинні значення;

- таблиці значень метеовеличин – 10-хвилинні значення на кінець години.

Комплекс забезпечує реєстрацію метеорологічної інформації на принтері по команді оператора АРМН у вигляді:

- таблиці поточних або архівних значень метеовеличин;
- поточного або архівного журналу (або його частини) відправлених метеозведень;
- поточного або архівного журналу (або його частини) роботи комплексу.

Комплекс забезпечує перевірку працездатності пристроїв комплексу, діагностику інформації, яка надходить від вимірювачів і формує попереджувальні повідомлення при порушеннях їх працездатності.

3.4 Будова комплексу АМАС Авіа-1

До складу комплексу входять окремі конструктивно завершені автоматизовані робочі місця (АРМ): спостерігача (АМРН), синоптика (АМРС) і диспетчера (ПД). Кожне АРМ складається з технічних і програмних засобів.

Технічні засоби комплексу складаються з технічних засобів складових частин АРМН, АМРС і ПД. Так, до складу технічних засобів АРМН входять:

- засоби обчислювальної техніки (обчислювальні компоненти) із резервуванням;
- пристрої відображення інформації;
- комунікаційне обладнання (пристрої електричного сполучення для підключення засобів вимірювань, пристрої інтерфейсного сполучення, комутаційні пристрої, розширювачі інтерфейсних ліній);
- пристрій реєстрації.

Як обчислювальні компоненти технічних засобів АРМН застосовуються системні блоки ПЕОМ в промисловому виконанні.

Для відображення вихідної метеорологічної інформації в АРМН використовуються кольорові відеомонітори SVGA.

Комунікаційне обладнання АРМН складається з:

- пристрою перетворення, який забезпечує електричне сполучення при підключенні комплексу до існуючих на аеродромі вимірювачів метеовеличин (ФІ-1, ИВО-1, з приставкою ДВ-1, М63-1М з пультом МВ1-2-1-М1). Це електричне сполучення виконане на базі модулів серії ISP 7000, які мають гальванічне розв'язування по ланцюгам живлення та інтерфейса RS-485, програмну установку параметрів (адрес) і командний протокол ASCII;

- модема, який забезпечує апаратну підтримку обміну даними по магістральній двохпровідній лінії зв'язку на середні відстані до 8 км між пристроями комплексу, що мають послідовний канал зв'язку RS-232;

- розширювача послідовних портів, який має від 8 до 16 асинхронних каналів зв'язку. Він забезпечує розширення інтерфейсних ліній для підключення до пристроїв, які мають послідовний канал зв'язку RS-232. При цьому вимірювачі, які підключаються, розташовані на віддалених відстанях (більше 10 км), комплектуються модемами, що забезпечують апаратну підтримку обміну даними по виділеній двохпровідній лінії зв'язку.

Як реєструючий пристрій використовується принтер.

АРМС і ПД виконані на базі стандартної ПЕОМ в офісному виконанні. Для відображення метеорологічної інформації в АРМС і ПД використовуються кольорові відеомонітори SVGA. Як комунікаційне обладнання в АРМС і ПД використовуються аналогічні модеми, які забезпечують апаратну підтримку обміну даними по магістральній двохпровідній лінії зв'язку на середні відстані до 8 км.

Програмні засоби комплексу виконані у вигляді спеціалізованого прикладного забезпечення для складових частин АРМН, АРМС і ПД. Спеціалізовані прикладні програми комплексу функціонують в оперативному середовищі WINDOWS NT 4.0.

Програмне забезпечення (ПЗ) складових частин комплексу функціонують в режимі реального часу.

Спеціалізовані прикладні програми комплексу забезпечують:

- роботу в діалоговому режимі з комплексом;
- керування вимірювальними перетворювачами;
- обмін вимірювальною інформацією з вимірювальними перетворювачами;
- формування метеорологічної інформації;
- відображення інформації;
- архівування і реєстрація метеорологічної інформації.

Комплект програмних засобів інсталується на жорсткому диску кожного АРМ і надходить в установленому вигляді, а також у вигляді інсталяційних CD-ROM дисків і супроводжується експлуатаційною документацією по ДОСТ 19.001.

Метрологічне забезпечення вимірювальних каналів комплексу здійснюється згідно вимогам, які діють в Україні НД (ДОСТ 8.438) перевірки засобів вимірювальної техніки по елементам (частинам).

Об'єктом метрологічного забезпечення комплексу є:

- канали перетворення вимірюваних величин;
- обчислювальні компоненти комплексу.

Метрологічне забезпечення комплексу складається з:

- нормативної і технічної документації;

- засобів вимірювальної техніки;
- комплекту програмних засобів, які необхідні для реалізації функцій вимірювачів (програмні імітатори).

Метрологічне забезпечення комплексу забезпечує виконання прямих і побічних вимірювань метеовеличин в діапазонах і з похибками згідно вимогам НГЕА, здійснює представлення результатів вимірювань в формах, які установлені в технічній документації на комплекс. Обробка, розрахунку і видача метеоінформації в служби аеродрому, яка надходить з аеродромних вимірювачів метеовеличин, забезпечується програмними засобами комплексу із потрібною точністю згідно ТУ У 16308549.001-99 і установленому регламенту НГЕА.

Канали перетворення комплексу представлені як:

- канали перетворення для аналогових сигналів первинних перетворювачів, які підлягають перевірці згідно з методикою;
- канали перетворення для сигналів цифрового коду первинних перетворювачів, які оцінюють при випуску з виробництва.

Інформаційне забезпечення комплексу є достатнім для виконання всіх автоматизованих функцій в процесі збирання, обробки, передачі і представлення даних, і забезпечує сумісність із засобами вимірювання по способу обміну інформацією, а також сумісність з іншими системами, які використовуються в аеропорту, по змісту, системі кодування і формі представлення інформації.

В комплексі забезпечується контроль даних, які приймаються, і оновлення даних в інформаційних масивах, формування бази даних та її зберігання в заданому об'ємі. В комплексі забезпечується відновлення бази даних після відмовлення технічних засобів (основної ПЕОМ АРМН) під час використання резервного обладнання (резервної ПЕОМ).

В комплексі забезпечується захист даних від руйнування при аваріях і збоях електроживлення при використанні пристрою безперервного живлення.

Обробка вимірювальної інформації і розрахунку значень метеовеличин здійснюється у відповідності з алгоритмами і розрахунковими співвідношеннями.

Для інформаційного зв'язку комплексу із засобами вимірювання метеовеличин, як вхідні і вихідні сигнали, застосовуються електричні сигнали: аналогові безперервні, у вигляді постійного струму і напруги постійного струму, аналогові дискретні із змінною амплітудою двоїчного сигналу, а також кодовані – цифрові коди (параметри вхідних і вихідних сигналів відповідають технічним характеристикам).

Інформаційний обмін між компонентами комплексу здійснюється інформаційними кодованими повідомленнями у вигляді частотно-маніпульованих сигналів звукового діапазону (швидкість передачі 1200 бит/с) з рівнями, які сумісні з телефонною мережею.

Форми документів, які створюються комплексом, а саме, метеорологічні зведення, відповідають діючим вимогам ІКАО і ВМО та форматам кодів: METAR, SPESI, SYNOP (КН-1). Значення вимірюваних величин виводяться на екран засобів відображення в одиницях вимірювання метеовеличин. Представлення вихідної метеорологічної інформації здійснюється на засобах відображення (відеомоніторах ПЕОМ) у формі готової для використання службами УВС на аеродромі і забезпечується такими способами:

- результати обробки вимірюваної інформації – десятичні числа, одиниці вимірювання і розрядність згідно технічних характеристик;
- значення даних візуального спостереження – код згідно вимогам ВМО та ІКАО, розрядність згідно технічних характеристик;
- метеозведення – код, згідно вимогам ВМО та ІКАО для форматів кодів;
- повідомлення оператору – текст згідно алгоритмам роботи.

Обсяг представленої метеоінформації достатній для експлуатації аеропортів категорій I, II, III ІКАО згідно діючим вимогам НГЕА.

3.5 Принцип роботи АМАС Авіа-1

Комплекс АМАС Авіа-1 в залежності від комплексу поставки може використовуватися для оснащення аеродромів, які обладнані по I, II, III категоріям. Функції комплексу, що виконуються, розподілені між окремими територіально розосередженими пристроями. Обмін інформацією між функціональними частинами комплексу АРМН, АРМС і ПД організований у вигляді повідомлень по послідовному каналу RS-232. Швидкість обміну інформацією 1200 бит/с. Функціональні частини комплексу взаємодіють в асинхронному режимі обміну даними. Для реалізації обміну між АРМН, АРМС і ПД використовується магістральний канал зв'язку. Зв'язок АРМН з віддаленими на відстань більше 10 м АРМС і ПД забезпечується за допомогою зовнішніх модемів.

Створення автоматичної метеорологічної аеродромної станції (АМАС) на основі комплексу здійснюється шляхом приєднання до входів каналів перетворення комплексу вимірювачів метеовеличин з електричними вихідними сигналами. При цьому комплекс забезпечує перетворення і обробку аналогових і цифрових сигналів, які надходять від первинних вимірювальних перетворювачів, а також керування режимом вимірювання і відображення метеорологічних даних в режимі реального часу. Вимірювання поточного часу робиться комплексом за Грінвичем (МСВ).

Об'єднання комплексу і вимірювачів на аеродромі в автоматизовану метеорологічну станцію здійснюється за допомогою центрального пристрою (ПЕОМ АРМН) і каналу зв'язку.

Центральний пристрій (ПЕОМ АРМН) керує процесом вимірювання і приймання вхідних сигналів, які надходять від вимірювачів по каналу зв'язку, виконує обробку метеоінформації, складає повідомлення службам УВС, формує метеозведення і передає метеоінформацію на засоби відображення (відеомонітори), а також забезпечує виведення архівної інформації на пристрій реєстрації (принтер). Центральний пристрій працює в фоновому режимі, тобто використовується режим виконання заданих функцій.

В комплексі передбачено резервування центрального пристрою. Резервна ПЕОМ АРМН забезпечує резервування (дублювання) бази даних, а також швидке відновлення працездатності комплексу у випадку відмови основної ПЕОМ.

Організація каналу зв'язку забезпечується при використанні прокладених на аеродромі кабелів (пара скруток) і реалізується за допомогою розширювача послідовних портів, який складається з 16 (при необхідності від 8 до 24) конфігурованих асинхронних каналів зв'язку (RS-232).

У складі АМАС комплекс функціонує таким чином..

Вимірювачі метеовеличин автоматично роблять вимірювання і перетворення фізичних одиниць, формують електричні вихідні сигнали і по запитанню комплексу передають їх в центральний пристрій (ПЕОМ АРМН). Збирання даних від вимірювачів метеовеличин здійснює основна ПЕОМ АРМН також в автоматичному режимі.

ПЕОМ АРМН збирає вихідну інформацію від вимірювачів, яка доповнюється інформацією, що зібрав спостерігач візуально і введено вручну. Можливість взаємодії оператора (спостерігача) з АРМН забезпечується технічними засобами: відеомонітор і маніпулятор "миша", а порядок взаємодії в діалоговому режимі реалізується за допомогою програмних засобів: спеціалізованого програмного забезпечення АРМН.

В процесі запитання вимірювачів АРМН виконує перевірку:

- наявності зв'язку з вимірювачем і при виявленні порушень або відсутності зв'язку формує аварійне повідомлення і виводить на екран відеомонітора АРМН;
- інформації про стан вимірювачів (включений або виключений даний вимірювач);
- достовірності прийнятих від вимірювачів і введених вручну оператором (спостерігачем) даних.

При цьому здійснюється контроль якості, і введених даних, і, якщо величина не попадає в установлені межі (уставки), формується аварійне повідомлення, яке виводиться на екран відеомонітора АРМН.

Крім перевірки вимірювачів АРМН виконує перевірку працездатності пристроїв комплексу і тестування ліній зв'язку з ними (наявність зв'язку). При виявленні порушень або відсутності зв'язку з пристроями комплексу формується аварійне повідомлення, яке виводиться на екрани відеомоніторів АРМН, АРМС і ПД.

Вхідні сигнали, які надходять від первинних вимірювальних перетворювачів в аналоговій або кодованій формі, підлягають перетворенню і обробці. В результаті обробки вхідних сигналів комплекс забезпечує приведення вимірних кодів до фізичних величин, а також відображення вихідної інформації на екранах відеомоніторів (АРМН, АРМС і ПД) в одиницях вимірювання метеовеличин.

Формування кодів при вводі даних візуального спостереження оператором (спостерігачем) в діалоговому режимі здійснюється автоматично. Значення даних візуального спостереження виводяться на екран в коді METAR / SPESI.

Одержані дані підлягають обробці і розрахункам програмними засобами АРМН. Обробка даних і розрахунок метеовеличин, на основі вимірних і введених вручну значень, робиться в АРМН згідно алгоритмам і розрахунковим співвідношенням.

Після обробки даних АРМН автоматично передає поточну метеоінформацію на АРМС і ПД. Час передачі метеоінформації для відображення на екранах відеомоніторів АРМС і ПД після закінчення обробки вимірювань (спостережень) складає не більше 12 секунд.

Форма представлення метеоінформації на екранах відеомоніторів АРМН, АРМС і ПД реалізується спеціалізованими програмними засобами комплексу.

Оновлення інформації на екрані відеомонітора АРМН здійснюється з періодичністю запитання первинних вимірювальних перетворювачів, яка задається в конфігураційному файлі.

Оновлення інформації на екранах АРМС і ПД здійснюється з періодичністю 12 секунд.

Інформація про небезпечні явища на аеродромі, які утруднюють або унеможливають зліт, захід на посадку або посадку повітряних суден, і сигнал тривоги з'являються на екрані відеомонітора АРМН не пізніше, ніж через 15 секунд після їх виникнення.

Всі виведені на екран поточні значення метеовеличин одержані від відповідних вимірювачів, осереднюються по миттєвих значеннях за інтервал в 1 хвилину. Значення всіх осереднених за одну хвилину метеовеличин записуються в архів хвилинних значень, який використовується для виводу графіка часової залежності.

Осереднення швидкості і напрямку вітру за двохвилинні і 10-тихвилинні періоди виконуються шляхом змінного векторного осереднення. При цьому двохвилинні середні значення оновлюються на

екрані кожні 3 секунди, а 10-тихвилинні середні значення оновлюються кожну хвилину.

Інформація про фактичну погоду на аеродромі заноситься в базу даних центрального пристрою (ПЕОМ АРМН). На основі одержаної метеоінформації в АРМН автоматично формуються метеозведення в кодах METAR, SPESI, SYNOP (КН-01). Формування метеозведень забезпечується в наступні строки згідно вимогам ВМО.

Метеозведення в кодах METAR, SPESI, SYNOP (КН-01) відображаються на екрані відеомонітору АРМН.

Метеозведення в кодах METAR, SPESI відображаються на екранах відеомоніторів АРМС і ПД.

Метеозведення в кодах METAR, SPESI, SYNOP (КН-01) передаються по модемній лінії на зв'язкову ПЕОМ вузла зв'язку АМСГ.

Формування метеозведень комплексом автоматизовано і здійснюється у відповідності з діючими вимогами стандартів ВМО/ІКАО.

Комплекс автоматично формує заготовки текстів метеозведень METAR, SPESI, SYNOP і забезпечує можливість їх уточнення і редагування оператором (спостерігачем) в інтерактивному режимі.

При формуванні метеозведень використовуються поточні метеодані, які одержані в результаті автоматичного вимірювання і введені оператором (спостерігачем) вручну, після їх обробки і розрахунку.

Формування регулярного метеозведення METAR.

Комплекс формує регулярне метеозведення METAR, яке має короткостроковий прогноз погоди, кожні 30 хвилин, згідно діючим правилам. Заготовка тексту поточного METAR формується комплексом автоматично кожні 30 хвилин за 2 хвилини до початку чергового строку. До початку чергового строку протягом двох хвилин комплекс забезпечує можливість оператору (спостерігачу) редагувати текст зведення, що формується.

Рівно в строк (00 хвилин або 30 хвилин) комплекс забезпечує можливість по команді оператору (спостерігача) відправити зведення на вузол зв'язку АМСГ і на робочі місця синоптика і диспетчера (АРМС і ПД). Після початку строку протягом 2 хвилин комплекс забезпечує можливість оператору (спостерігачу) вручну відредагувати текст METAR. При цьому, поточні дані автоматичних вимірювань метеовеличин в телеграму заносяться автоматично точно в строк.

Можливість повторної передачі сформованого в строк метеозведення зберігається до формування телеграми наступного строку.

Метеорологічний спостерігач одержує автоматично прогноз TREND, відправлений синоптиком з АРМС. Прогноз TREND передається метеорологічному спостерігачу заздалегідь до початку строку і автоматично вставляється в заготовку тексту метеозведення METAR. Дані для складення короткострокового прогнозу вводяться тільки вручну

синоптиком з АРМС. Час останнього редагування прогнозу TREND відмічається автоматично. Час розповсюдження поточного метеозведення складає 30 хвилин.

Якщо TREND не надходить від синоптика, наприклад, при непрацездатності АРМС (АРМС виключений) або при порушенні зв'язку, то при формуванні поточного регулярного зведення за 5 хвилин до початку строку з'являється повідомлення на екрані АРМН, яке супроводжується звуковим сигналом. Це означає, що метеорологічному спостерігачу необхідно самому сформувати TREND вручну.

Формування вибіркового спеціального метеозведення SPESI.

Комплекс формує вибірконе спеціальне метеозведення SPESI згідно діючим правилам. Формування заготовки тексту вибіркового спеціального метеозведення SPESI здійснюється автоматично при досягненні установлених критеріїв для автоматичного формування або в будь-який момент часу по команді оператора (спостерігача). При цьому оператору (спостерігачу) АРМН забезпечується можливість вручну редагувати текст метеозведення до відправлення телеграми на вузол зв'язку АМСГ.

Значення установлених критеріїв для метеовеличин, які визначають пороги автоматичного формування спеціального метеозведення, що розповсюджується на аеродромі в форматі SPESI вводяться при конфігурації програмного забезпечення і можуть редагуватися оператором (спостерігачем) при необхідності в процесі роботи.

Пороги автоматичного регулювання SPESI бувають:

- поріг на зміну;
- поріг на погіршення;
- поріг на покращення.

Поріг на зміну установлює критерії, за якими повинно відбуватися формування SPESI при різкій зміні напрямку вітру, тобто, при зміні середнього напрямку вітру, в порівнянні із значенням, яке вказане в останньому зведенні METAR/SPESI, на 60° при швидкості вітру більше 6 м/с.

Поріг на погіршення установлює критерії, за якими повинно відбуватися формування SPESI на погіршення по таких метеорологічних величинах:

- середня або максимальна швидкість вітру досягла або перевищила граничне значення (V вітру \Rightarrow);
- метеорологічна дальність видимості стала менше граничного значення (МДВ (м) $<$);
- дальність видимості на ВПП стала менше граничного значення (RVR(м) $<$);

- висота нижньої межі хмар стала менше граничного значення (HMX<).

Поріг на покращення установлює критерії, за якими повинно відбуватися формування SPESI на покращення по таких метеорологічних величинах:

- середня або максимальна швидкість вітру стала менше граничного значення (V вітру <);

- метеорологічна дальність видимості досягла або перевищила граничне значення (МДВ (м) \Rightarrow);

- дальність видимості на ВПП видимості досягла або перевищила граничне значення (RVR (м) \Rightarrow);

- висота нижньої межі хмар досягла або перевищила граничне значення (HMX \Rightarrow).

Комплекс відображає причину формування SPESI.

Комплекс автоматично формує текст вибіркового спеціального метеозведення SPESI при досягненні таких критеріїв:

на погіршення, якщо

- напрямок вітру змінився на 60° або більше при середній швидкості 6 м/с або більше відносно значень, вказаних в попередньому зведенні METAR/SPESI;

- максимальна швидкість вітру досягла або перевищила 15 м/с або більше, і при подальшому підсиленні через 5 м/с границі вибираються із врахуванням значень, які вказані в попередньому зведенні з ряду 20 м/с, 25 м/с 60 м/с;

- метеорологічна дальність видимості менше: 3000, 1500, 800 м;

- дальність видимості на ВПП менше: 800, 600, 350, 150 м;

- висота нижньої межі хмар менше: 300, 150, 60 м.

на покращення (текст SPESI на покращення автоматично формується, якщо покращення по елементу погоди протрималось 10 хвилин), якщо:

- максимальна швидкість вітру менше 15 м/с або менше значень, по яких випускалося зведення на погіршення;

- метеорологічна дальність видимості досягла або перевищила: 800, 1500, 3000 м;

- дальність видимості на ВПП досягла або перевищила: 150, 350, 600, 800 м;

- висота нижньої межі хмар досягла або перевищила: 30, 60, 150, 300 м.

Формування метеозведення SPESI супроводжується звуковим сигналом.

Формування спеціального метеозведення SPECIAL, яке розповсюджується на аеродромі, здійснюється в коді SPESI.

Формування синоптичного зведення SYNOP/

Комплекс формус регулярно метеозведення в кодї КН-01 (національний варіант міжнародного коду FM 12-IX SYNOP) згідно діючих правил.

Формування заготовки тексту регулярного метеозведення SYNOP здійснюється автоматично в синоптичні строки кожні 3 години. При цьому забезпечується можливість ручного редагування оператором (спостерігачем) АРМН тексту метеозведення до відправлення телеграми на вузол зв'язку. Групи коду SYNOP формуються рівно в строк по вимірних поточних значеннях метеовеличин.

Комплекс в процесі роботи автоматично проводить щохвилинний і погодинний архіви всіх вимірних і введених вручну метеовеличин в журнал роботи АМАС в цілому, в якому фіксуються всі повідомлення АМАС і всі дії операторів (спостерігача, синоптика і диспетчера керування польотами).

Перегляд архівної інформації здійснюється в діалоговому режимі по запитанню оператора на відеомоніторах АРМН і АРМС. Архів, який формується на жорсткому диску АРМН на основі вимірних даних і проведених спостережень, містить таку інформацію:

- таблиці годинних значень, вимірюваних і введених вручну метеовеличин;
- журнал роботи АМАС;
- журнал відправлених повідомлень.

На робочому місці спостерігача забезпечується перегляд архівних значень будь-якої метеорологічних величини на всю глибину ведення архіву в графічному або табличному представленні. Оператор (спостерігач) вибирає вид інформації і період, за який він може переглянути архів.

Архів, що формується на жорсткому диску АРМС на основі даних, які приймаються від АРМН, містить таку інформацію:

- архів вимірних і розрахованих значень метеорологічних величин в графічному вигляді;
- журнал прийнятих метеозведень в кодах METAR, SPESI.

Крім автоматичного режиму вимірювань в АМАС комплекс забезпечує можливість роботи в режимі ручного вводу. Якщо в складі АМАС відсутні вимірювачі або при їх відключенні оператор (спостерігач) може вводити значення метеовеличин вручну, які відразу інтерпретуються як середні і їх значення присвоюється кожному відповідному вимірювачу для передачі на всі підключені ПД, АРМС, а також для використання при автоматизованому формуванні заготовок метеозведень.

Оператор (спостерігач) при вводі даних візуального спостереження може заздалегідь підготувати дані по видимості, хмарах, погоді, а також додаткову трендову інформацію, щоб забезпечити в строк передачу регулярних зведень погоди.

Оператор (спостерігач) може редагувати автоматично сформовані SPESI, METAR, SYNOP, повторювати і видавати повідомлення на запити, установити час редагування METAR і затримку до його відправлення в лінію зв'язку на зв'язкову ПЕОМ.

При необхідності, оператор (спостерігач) може оперативнo керувати режимами роботи з вимірювачами в АМАС, тобто

- оперативнo виключати і включати вимірювачі при їх недоцільності використання, наприклад, ВНМХ типу ЛВВХ-1 (джерела випромінювання у вимірювачах);

- при появі аварійних повідомлень, які формуються при відмовленні або збої будь-якого вимірювача, виконати підключення резервного вимірювача і відключити непрацездатний на даний момент вимірювач.

Оператор (спостерігач) може також керувати характером відображеної інформації на екрані відеомонітора АРМН, тобто переглядати значення вибраної метеорологічної величини в графічному або табличному вигляді в діалоговому режимі:

- тригодинного графіка з інтервалом вирішення 1 хвилина;
- добового графіку з інтервалом вирішення 1 година;
- таблиці метеорологічних величин, щогодинні значення.

Оператор (спостерігач) може вручну формувати додаткову інформацію. Наприклад, повідомлення про гроzoneбезпечні осередки, вітер на висотах і т.д., та передавати їх операторам (синоптику і диспетчеру) на АРМС і ПД.

Оператор (спостерігач) по команді, одержаній від диспетчера, може переключити курс робочого старту. Зміна курсу робочого старту здійснюється вручну в діалоговому режимі. При цьому, оператор (спостерігач) ПД може проконтролювати правильність установки курсу, оскільки установлений курс робочого старту відображається на екрані ПД.

Параметри освітленості ВПП, які необхідні для розрахунку значень RVR, при відсутності в складі вимірювача яскравості фону, вводяться вручну оператором (спостерігачем) по узгодженню з диспетчером. Час реакції комплексу при зміні курсу або параметрів освітленості із перерахуванням метеорологічних величин для заново введених значень і передачею їх на всі робочі місця (АРМН, АРМС і ПД) складає не більше 12 секунд.

Комплекс при цьому, автоматично веде журнал роботи, в який заносяться всі дії операторів (спостерігача, синоптика, диспетчера) при ручному втручанні в роботу комплексу і АМАС в цілому, з вказанням часу до однієї секунди.

Реєстрація метеорологічної інформації, яка одержана в строки спостереження, як поточної, так і архівної робиться по команді оператора (спостерігача) на принтері.

3.6 Запуск прикладної системи "АРМН"

Для виконання практичних занять потрібно запустити робочу програму прикладної програми (ПП) "АРМН". Робоча програма ПП "АРМН" здійснюється при автоматичному завантаженні або з меню WINDOWS або за допомогою піктограми "АРМН", яка знаходиться на робочому столі (екран WINDOWS).

При запуску робочої програми ПП "АРМН" з меню WINDOWS:

- клацнути лівою кнопкою "миші" по командній кнопці "Пуск" вікна WINDOWS;

- з меню, що з'явилося, виберіть пункт "Програми",

- з переліку програм, які з'явилися на екрані вибрати "Amsa-neu".

Запуск робочої програми ПП "АРМН" за допомогою піктограми ПП "АРМН":

- здійснюється подвійним клацанням лівої кнопкою "миші" на піктограмі "АРМН". Після запуску на екрані монітора з'являється інформаційне вікно АРМН.

Інформаційне вікно має загальну постійну відображену частину (верхня частина екрана) і зміну (нижня частина екрана), яка виконана у вигляді електронного блокноту, що має сім закладок сторінок відображення ПП "АРМН".

Сторінки відображення ПП "АРМН" містять в собі:

- METAR;
- SPESI;
- SYNOP;
- графіки;
- таблиці добові;
- таблиці тригодинні;
- журнал.

Вибір будь-якої сторінки здійснюється з меню ПП "АРМН", яке знаходиться в лівій нижній частині екрану монітора у вигляді 7 закладок електронного блокноту (рис.1) і доступно із будь-якої сторінки. Клацнув по будь-якій закладці лівою кнопкою "миші", оператор автоматично переходить на вибрану сторінку відображення.

В інформаційному вікні ПП "АРМН" використовуються умовні позначення, які є загальними для всіх сторінок відображення ПП "АРМН":

- елементи керування
 - ◇ закладки сторінок;
 - ◇ командні кнопки або клавіші, які використовуються для виконання команди оператора, при чому при указанні курсору "миші", з'являється контекстна довідка про призначення кнопки;

◇ кнопка передачі, призначена для відправлення сформованої телеграми на вузол зв'язку АМСГШ і дисплеї ПД, АРМС;

◇ кнопка формування заготовки телеграми, призначена для складення телеграми за поточними даними;

◇ кнопки вибору, які використовуються при виборі елемента меню або режиму відображення на сторінках "Графіки", "Таблиці добові", "Таблиці 3 год", "Журнал". Для вибору кнопки необхідно клацнути лівою кнопкою "миші" всередині кнопки:

- невібрана кнопка;

● - вибрана кнопка;

- зміна кольору для вікон текстів метеорологічних зведень METAR, SPESI, SYNOP – зміна кольору вікна з текстом метеозведення (жовтий/сірий) використовується для указівки ступеня готовності тексту телеграм, при цьому:

◇ якщо колір вікна жовтий, то текст в даному вікні при необхідності може редагуватися;

◇ якщо колір вікна сірий (однаковий із загальним фоном), то текст в даному вікні редагуванню не підлягає;

- рамки вводу-виводу значень метеорологічних величин – зміна кольору рамок, в яких відображаються значення метеорологічних величин, використовується для визначення режиму вимірювання, а саме: автоматичний чи ручний ввід, при цьому:

◇ якщо при виводі значення метеорологічної величини рамка має колір, однаковий із загальним фоном (видно тільки рамку вікна), то це значить, що використовується автоматичний режим вимірювання значень метеорологічної величини;

◇ якщо при індикації значення метеорологічної величини рамка має голубий колір, це значить, що використовується ручне введення значення метеорологічної величини;

◇ зміна кольору рамки на яскраво червоний колір використовується для того, щоб привернути увагу оператора до необхідності оновити або підтвердити результат даних метеорологічної величини при ручному вводі.

В загальній частині інформаційного вікна АРМН відображаються миттєві значення виміряних і розрахованих, по заданих алгоритмах, метеовеличин, а також введені вручну значення даних візуального спостереження:

- вікна параметрів вітру із змінною назвою "Робочий старт";
- рамка "Явища погоди";
- поле "Дата і час";
- рамка "Кількість і вигляд хмар";
- три рамки "Висота нижньої межі хмар (шар 1);

- поле з умовним зображенням ВПП і позначенням робочого курсу;
- рамка "Стан ВПП";
- три рамки "МДВ";
- три рамки "RVR";
- рамка " $T^{\circ}C_{нов}$ ";
- рамка "Вологість повітря %";
- рамка "Атмосферний тиск, гПа, в місці, де встановлено барометр".

В полі "Дата і час" вказується дата і час за Грінвичем (МСВ).

В полі умовного зображення ВПП і умовного позначення "Робочого курсу" цифрами вказано магнітний курс робочого старту.

В загальній частині інформаційного вікна АРМН всередині є рядок "Підказка" для виводу діагностичних і попереджувальних повідомлень оператору, а також для нагадування при складенні і випуску метеозведень METAR, SPECI. В рядку "Підказка" є дві кнопки:



- командна кнопка "Очистка рядка повідомлень" використовується для знищення тексту повідомлення в даному рядку;



- командна кнопка "Вихід з програми".

Комплекс забезпечує 2 режими:

- режим автоматичного вимірювання метеорологічних величин;
- режим ручного вводу значень метеорологічних величин при відмовленні вимірювачів.

При автоматичному вимірюванні або в режимі ручного вводу миттєві значення виміряних або введених вручну метеорологічних величин виводяться кожна в своє вікно, яке обведене прямокутною рамкою. При указівці курсором "миші" на будь-яке вікно, що обведене прямокутною рамкою, з'являється контекстна довідка для оператора з указанням найменування вимірювача.

Увага! При непрацездатності вимірювача:

- в рядку "Підказка" при відмові будь-якого вимірювача виводиться повідомлення, яке супроводжується звуковим сигналом:

"година: хвилина: секунда: Втрачено зв'язок з вимірювачем "назва"";

- при віднові працездатності вимірювача:

"година: хвилина: секунда: Відновлено зв'язок з вимірювачем "назва"";

- рамки виводу при відмовленні вимірювача:

"година: хвилина: секунда: Втрачено зв'язок з вимірювачем "назва"";

- МДВ, ВНМХ – відповідна рамка виводу не має числових значень – "пуста";

- анеморумбометра на одному з стартів – відповідна рамка виводу дублює значення по вимірювачу параметрів вітру, який працює, а кругова діаграма не відображається;



- барометра, вимірювача ТВ у відповідній рамці виводу зберігається попереднє значення, одержане при справному вимірювачі, але рамка робиться голубого кольору.

Для керування вимірювачами будь-якого типу (основним і резервним) є можливість подвійним клацанням лівої кнопки "миші" на відповідній рамці виводу значення метеорологічної величини викликати діалогове вікно "Керування вимірювачем – назва", назва і тип якого визначено в конфігураційному файлі.

Для виконання команди оператора використовуються такі клавіші діалогових вікон керування вимірювачами:

ВВІД - клавіша "Ввід" для підтвердження введених значень метеорологічної величини;

ВІДМІНА - клавіша "Відміна" для відміни введених значень метеорологічної величини;

 ,  - кнопки вибору: "Всі відключені", "Основний" (тип вимірювача), "Резервний (тип вимірювача)".



Сторінка "Графіки".



На цій сторінці знаходяться такі вікна:

- вікно "Вибір метеорологічної величини";
- вікно "Графік зміни метеорологічної величини (найменування)";
- вікно "Вид графіка";
- вікно "Архів";
- вікно "Тип графіка".

Крім вікон на сторінці є ще командні кнопки:

 ,  - кнопки вибору у вікнах "Вид графіка" і "Тип графіка";

  кнопки і клавіша перегляду списку елементів у вікні "Вибір метеорологічної величини";

  - кнопки перегляду і клавіша "Календар" для вибору дати архіву.

Вікно "Вибір метеорологічної величини".

У даному вікні вказано перелік метеорологічних величин, для яких по архівних і поточних значеннях виводяться графіки.

Перелік метеорологічних величин по виду графіка - "Тригодинний" такий:

- по обох курсах: середня швидкість вітру за 2 хвилини (м/с) – "Швидкість вітру МК..."; максимальна швидкість вітру за 2 хвилини (м/с) – "Максимальний вітер МК...";
- атмосферний тиск в місці установки барометра (гПа) – "Атмосферний тиск барометра";
- по обох курсах і середині ВПП: три значення метеорологічної дальності видимості (м) - "МДВ";
- по обох курсах і середині ВПП: три значення дальності видимості на ВПП (м) - "RVR";
- по обох курсах і на ОПН: три значення висоти нижньої межі хмар (шар 1) (м) - "Висота НМХ";
- температура повітря ($^{\circ}C$) - "Температура повітря";
- відносна вологість повітря (%) – "Відносна вологість повітря".

А перелік (по виду графіка - "Добовий") метеорологічних величин, значення яких записуються на кінець кожного часу по робочому курсу:

- середня швидкість вітру за 2 хвилини (м/с) – "Швидкість вітру робочого курсу";
- максимальна швидкість вітру за 2 хвилини (м/с) – "Максимальний вітер";
- атмосферний тиск, який приведено до порогу ВПП (гПа) - "QFE робочого курсу";
- мінімальне значення (з трьох) МДВ (м) – "МДВ мінімальна";
- значення дальності видимості на ВПП (мінімальне з двох, яке одержане від двох вимірювачів, що установлені на робочому старті і середині ВПП) (м) – "RVR робочого курсу";
- значення ВНМХ (шар 1) (мінімальне з двох, яке одержане від двох вимірювачів, що установлені на БПРМ і ОПН) (м) – "Висота НМХ робочого курсу";
- температура повітря ($^{\circ}C$) - "Температура повітря";
- відносна вологість повітря (%) – "Відносна вологість повітря".

Вибравши метеорологічну величину за допомогою кнопок перегляду з списку, метеорологічний спостерігач здійснює перегляд графіка по числовим значенням.

Вікна "Графік зміни метеорологічної величини (найменування)", "Вид графіка", і "Тип графіка".

На графіку у вікні "Графік зміни метеорологічної величини (найменування)" по осі абсцис відкладене поточний час в годинах, а по осі ординат відкладене поточне (або архівне) значення параметру (розмах – від мінімального значення до максимального протягом 3 годин або 24 годин) в залежності від вибраного виду графіка у вікні "Вид графіка".

Запис даних на графіку здійснюється кожену хвилину.

Метеорологічний спостерігач, вибираючи в меню "Вид графіка" пункт "Тригодинний" або "Добовий", переглядає графік значень метеорологічних величини за 3 години або за добу.

Вісь абсцис має пересувну поточну шкалу часу:

- для "Тригодинного" графіка діапазон осі – 3 години назад від поточного часу, з ціною поділення – 15 хвилин, з відміткою початок доби;

- для "Добового" графіка діапазон осі – 24 години назад від поточного часу, з ціною поділення 1 година, з відміткою початок доби.

Вибираючи в меню "Тип графіка", клацанням кнопки вибору "Поточний" або "Архівний", метеорологічний спостерігач переглядає поточні дані або архівні.



Вікно "Архів". Для перегляду довгострокового архіву значень метеорологічних величин передбачена клавіша "Календар" і кнопки перегляду по добах від установленної дати, який активізується при виборі пункту "Архівний".

Перегляд здійснюється установкою дати архіву, при натисненні кнопки "Календар", або кнопками перегляду " \leftarrow " " \rightarrow ".

Сторінка "Таблиці добові".

На цій сторінці знаходиться вікно "Значення метеорологічних величин за (дату)", в якому виводиться архівна таблиця даних на кінець кожного часу.

Командні кнопки, що використовуються на сторінці відображення "Таблиці добові" такі:

  - кнопки і клавіша перегляду списку елементів у вікні "Значення метеорологічних величин за (дату)";

  - кнопки перегляду і клавіша "Календар" для вибору дати архіву;

ДРУК - клавіша для виводу таблиці для друкування.

На цій сторінці виводиться архівна таблиця з даними за останні 10 хвилин кожного часу поточних або архівних діб для таких метеорологічних параметрів, які внесені в регулярне зведення:

- вказано робочий курс – МК;
- середній напрямок вітру за 10 хвилин – ddd;
- середня швидкість вітру за 10 хвилин – ff;
- максимальна швидкість вітру за 10 хвилин – ffm;
- метеорологічна дальність видимості - МДВ;
- дальність видимості на ВПП – RVR;

- явища погоди – Явища;
- код хмарності - Хмари;
- висота нижньої межі хмар (шар 1) – ВНМХ;
- температура повітря - $t, ^\circ C$;
- відносна вологість повітря – f %;
- атмосферний тиск в місці установки барометру (гПа) - P атм;
- тиск, приведений до середнього рівня моря (гПа) – QFE;
- кількість опадів за 1 годину (мм) – опади.

Для перегляду довгострокового архіву значень метеовеличин передбачено "Календар" і кнопки перегляду " \leftarrow " " \rightarrow ", які забезпечують перегляд архівної інформації по добам від установленної дати.

Метеорологічний спостерігач має можливість надрукувати на принтері вказану таблицю, натиснувши кнопку "ДРУК".

Сторінка "Таблиці 3 години".

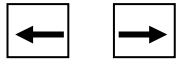
На цій сторінці знаходиться вікно "Таблиця хвилинних значень параметрів з X годин по X годин, (дата)" (рис3.3).

У даному вікні вказана таблиця хвилинних значень метеорологічних величин за вказані 3 години доби для таких метеорологічних параметрів:

- по обох курсах:
 - ◇ середній напрямок вітру за 2 хвилини (\dots°) – ddd (МК);
 - ◇ середня швидкість вітру за 2 хвилини (м/с) – ff (МК);
 - ◇ максимальна швидкість вітру за 2 хвилини (м/с) – ffm (МК);
- по обох курсах і середині ВПП: три значення метеорологічної дальності видимості (м) – МДВ (МК);
- явища погоди – Явища;
- код хмарності – Хмари;
- по обох курсах і на ОПН: три значення висоти нижньої межі хмар (шар 1) в (м) – ВНМХ (МК);
- температура повітря - $t, ^\circ C$;
- температура точки роси ($^\circ C$) – $t_d, ^\circ C$;
- відносна вологість повітря – f, %;
- тиск, приведений до рівня моря (гПа) – QNH;
- тиск, приведений до рівня порогу ВПП (гПа) – QFE.

Командні кнопки, що використовуються на сторінці відображення "Таблиці 3- години" такі:

▼ ▲ - кнопки і клавіша перегляду списку елементів у вікні "Значення метеорологічних величин з X години по X годин, (дата)";



- кнопки перегляду і клавіша "Календар" для вибору дати архіву;

ДРУК - клавіша для виводу таблиці для друкування.

Перегляд довгострокового архіву і вивід на друкування здійснюється аналогічно, як і в попередньому розгляданні сторінки "Таблиці добові".

Сторінка "Журнал".

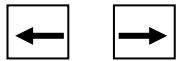
За допомогою кнопки "Всі записи" відкривається вікно "Журнал роботи за (дата)" з текстом журналу роботи станції в цілому, в якому перераховані повідомлення про всі дії метеорологічного спостерігача, режимах роботи вимірювачів і аварійні повідомлення про несправність в роботі станції.

За допомогою кнопки "Тільки телеграми" відкривається вікно "Метеорологічні повідомлення за (дата)", в якому перераховані тільки тексти метеорологічних зведень, які були відправлені на вузол зв'язку АМСГ, а також на АРМН і ПД.

Командні кнопки, що використовуються на сторінці відображення "Таблиці 3- години" такі:



- кнопки і клавіша перегляду списку елементів у вікні "Значення метеорологічних величин з X години по X години, (дата)";



- кнопки перегляду і клавіша "Календар" для вибору дати архіву;

ДРУК - клавіша для виводу таблиці для друкування.

Перегляд довгострокового архіву і вивід на друкування здійснюється аналогічно як і в попередньому розгляданні сторінки "Таблиці добові".

3.7 Вимірювання температури і вологості повітря

Виміряти температуру і вологість повітря в двох режимах: автоматичному і ручному.

В автоматичному режимі миттєві значення температури і вологості виводиться кожне в своє вікно, яке обведене прямокутною рамкою.

В ручному режимі для керування вимірювачами температури і вологості (основним, резервним) необхідно подвійним натиском "миші" на відповідній рамці виводу значення температури і вологості викликати діалогове вікно (керування вимірювачем – назва). Для виконання команди використовуються такі клавіші діалогових вікон керування вимірювачами:

ВВІД - клавіша "Ввід" для підтвердження введених значень метеорологічної величини;

ВІДМІНА - клавіша "Відміна" для відміни введених значень метеорологічної величини;

○ , ● - кнопки вибору: "Всі відключені", "Основний" (тип вимірювача), "Резервний (тип вимірювача)".

Кнопкою вибору, виділяємо один з пунктів "Основний" або "Резервний", тобто вказується по якому вимірювачу здійснюється збирання даних метеорологічної величини. Також знизу вікна "Керування вимірювачем..." є рядок діагностики про працездатність вимірювача: "Вимірювач справний" або "Вимірювач несправний":

- у випадку несправності основного вимірювача необхідно перейти на резервний за допомогою кнопки вибору;

- у випадку несправності основного і резервного вимірювачів, необхідно кнопкою вибору виділити пункт "Всі виключені" і тоді з'явиться вікно "Ручний ввід". Клацнувши лівою кнопкою "миші", установлюємо курсор в рамці вводу і за допомогою клавіатури вводимо значення, і потім підтверджуємо це клавішею вводу.

При ручному вводі рамка значень метеорологічної величини робиться голубого кольору. Через 30 хвилин для формування зведення METAR рамка стає червоного кольору, що вказує метеорологічному спостерігачу про необхідність підтвердити введені значення метеорологічної величини або ввести нові.

3.8 Вимірювання напрямку і швидкості вітру

Виміряти напрямок і швидкість вітру в двох режимах: автоматичному і ручному.

В автоматичному режимі вивід напрямку вітру здійснюється у вигляді кругових діаграм, які знаходяться у вікнах "Робочий старт", а також числових значень напрямку і миттєвої швидкості вітру в рамки, які озаглавлені "Миттєві значення". На круговій діаграмі червона крапка, яка знаходиться на виділеному оранжевому секторі, показує миттєвий напрямок вітру, а виділений радіус зеленого кольору показує середній напрямок вітру за останні 2 хвилини. Виділена дуга оранжевого кольору показує сектор напрямку вітру за 2 хвилини від мінімального до максимального значення, а числові значення сектору вказані в рядку з надписом "Сектор". Під круговою діаграмою знаходиться рядок під назвою "2 хвилини", де представлені осереднені дані напрямку і швидкості вітру за 2 хвилини голубого кольору. Наступний рядок

бузкового кольору під назвою "Максимум", де вказується максимальна швидкість вітру за 2 хвилини.

У вікні "Робочого курсу" є також такі дані:

- бокова складова швидкості вітру (перпендикулярна ВПП) за 2 хвилини біля заголовка "Бокова складова" і надпису "2 хвилини" з вказівкою напрямку "Ліворуч/Праворуч";

- максимальне значення бокової швидкості вітру за 2 хвилини виводиться біля заголовка "Бокова складова" і надпису "Максимум".

Обновлення даних відбувається кожні 3 секунди.

Для контролю роботи вимірювача "Анеморумбометр М63М-1" у вікні "Керування вимірювачем - напрямок і швидкість ..." виводяться виміряні значення швидкості вітру – "Швидкість", напрямок вітру – "Напрямок" і положення перемикача шкали напрямку вітру (стан геркону) – "Геркон", клацанням клавіші "Запитання" примусово запитується вимірювач.

Ручний ввід і редагування значень метеорологічних величин параметрів вітру можливо тільки при відключенні всіх відповідних вимірювачів, як основних, так і резервних, у всіх пунктах спостереження. Для ручного вводу значень параметрів вітру послідовно у вікні "Робочий старт" викликати вікно "Керування вимірювачем...", активізувати пункт "Всі відключені" і тоді з'явиться вікно "Дані ручного вводу". Клацнувши лівою кнопкою "миші", установлюємо курсор в рамці вводу і за допомогою клавіатури вводимо значення, а потім підтверджуємо це клавішею вводу.

3.9 Вимірювання кількості атмосферних опадів

Виміряти кількість атмосферних опадів в двох режимах: автоматично і вручну.

В автоматичному режимі кількість атмосферних опадів виводиться в свої вікна, які обведені прямокутною рамкою:

- кількість опадів за 12 годин (мм) - "Опади за 12 годин";
- кількість опадів за 24 годин (мм) - "Опади за 24 годин".

Ручний ввід і редагування значень кількості опадів можливо тільки при відключенні всіх відповідних вимірювачів, як основних, так і резервних, у всіх пунктах спостереження. Для ручного вводу значень кількості опадів викликати вікно "Опади за 12 годин", активізувати пункт "Всі відключені" і тоді з'явиться вікно "Дані ручного вводу". Клацнувши лівою кнопкою "миші", установлюємо курсор в рамці вводу і за допомогою клавіатури вводимо значення, а потім підтверджуємо це клавішею вводу.

3.10 Заходи безпеки при використанні комплексу АМАС Авіа-1

При експлуатації комплексу суворо додержуватися правил застереження:

- пам'ятати, що в пристроях є ланцюги високої напруги 220 В, які небезпечні для життя;
- перед підключенням пристроїв впевнитися в справності кабелів і роз'ємних з'єднувачів;
- підключення і відключення пристроїв виконувати тільки при вимкненому живленні;
- ремонтні роботи проводити тільки при вимкнених кабелях живлення;
- заземляти корпуси всіх пристроїв, живлення яких здійснюється від мережі однофазного змінного струму напругою 220 В при частоті 50 Гц.

При експлуатації уникайте пошкоджень кабелів і електричних ланцюгів, не торкайтеся їх.

Перед першим включенням комплексу необхідно:

- уважно перевірити цілісність кабелів живлення;
- перевірити цілісність захисного заземлення;
- перевірити справність з'єднання між пристроями.

Дії в аварійних випадках.

1 При відключенні мережної напруги живлення (пристрій безперервного живлення видає безперервний звуковий сигнал) і затримці подачі аварійного живлення більше ніж на 10 хвилин студент повинен вимкнути обладнання комплексу і повідомити про це викладача.

2 При виникненні несправності комплекс формує аварійні повідомлення. При виникненні аварійних повідомлень на екрані відеомонітора (АРМН, АРМС, ПД) студент повинен повідомити про це викладача.

3 При виявленні диму або вогню від пристрою комплексу необхідно негайно вимкнути живлення на скойці АРМН (мережна клавіша на подовжувачі), вимкнути на силовому щиті мережну напругу живлення і при необхідності викликати пожежну команду.

Контрольні запитання

- 1 Яка інформація виводиться на екран відеомонітора АРМН в автоматичному режимі ?
- 2 За який період комплекс забезпечує ведення журналу роботи ?
- 3 Яка метеорологічна інформація фіксується у журналі в автоматичному режимі ?
- 4 Які метеорологічні величини заносяться в архівний файл АРМН ?
- 5 Які архівні значення метеорологічних величин в графічному або табличному вигляді можуть бути переглянуті оператором АРМН ?
- 6 Яка метеорологічна інформація реєструється на принтері по команді оператору АРМН і в якому вигляді ?
- 7 Які функції виконує АМАС Авіа-1 ?
- 8 Які функції спостереження за метеорологічними величинами забезпечують спеціалізовані програми комплексу ?
- 9 Як здійснюється формування метеорологічних зведень вимірювальним комплексом ?
- 10 Чи може оператор оперативно керувати режимами роботи із вимірювачами в АМАС Авіа-1 ?
- 11 Чи може оператор керувати характером відображеної інформації на екрані відеомонітора АРМН ?
- 12 Як робиться реєстрація поточної або архівної метеорологічної інформації одержаної в строки спостережень ?

ЛІТЕРАТУРА

1. Григорьев В.А. Автоматизированная обработка гидрометеорологической информации. -Л: Гидрометеоиздат, 1979, 225 с.
2. Качурин Л.Г. Методы метеорологических измерений. Методы зондирования атмосферы. - Л: Гидрометеоиздат, 1985, 303 с.
3. Павлов Н.Ф. Аэрология, радиометеорология и техника безопасности. –Л: Гидрометеоиздат, 1980, 270 с.
4. Кмито А.А., Коковин Н.С., Павлов Н.Ф., Степаненко В.Д., Степкин В.С. Системы получения и передачи метеорологической информации. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971, 471 с.
5. Ланге О. Оптимальные решения. –М, "Прогресс", 1967.- 285с.

6. Технічний опис комплексу АМАС Авіа-1. – К. Спецавтоматика, 2000, 127 с.
7. Корбан В.Х., Дегтярьова Л.Н. Методичні вказівки з дисципліни "Методи гідрометеорологічних вимірювань". - – Одеса, ОДЕКУ, 2002 , с.37

Навчальне видання

Вельміскін Дмитро Іванович

**АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ
ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ**

Конспект лекцій

Підп. до друку
Ум. друк. арк.

Формат 60×84/16
Тираж

Папір офс.
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

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