

УДК 551.508.9

Євген Пістун, Андрій Прокопець, Роман Дубіль
 Національний університет “Львівська політехніка”,
 кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АЕРОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ В УКРАЇНІ

© Пістун Євген, Прокопець Андрій, Дубіль Роман, 2002

The condition of aerological measurements in Ukraine is considered, and done the comparative analysis of technical means for such measurements. We also presented technical characteristics of new radar station and radiosondes which use with this station.

Організація та виконання метеорологічних вимірювань в Україні, як в одній із найбільших країн Європи, має велике значення не тільки для самої України, а й для Європи та всієї планети. Це особливо стосується аерологічних вимірювань.

Сьогодні в світі організована Глобальна система спостережень для задач метеорології, яка включає розгалужену систему аерологічних станцій. Кожна така станція має наземне обладнання – радіолокаційну станцію, з якої запускають радіозонди. Радіозонд підіймається над землею за допомогою еластичної кулі, заповненої легким газом. Сам радіозонд складається із чутливих елементів (сенсорів) температури, вологості та абсолютного тиску повітря, вторинних вимірювальних перетворювачів, що перетворюють сигнали від чутливих елементів в такі, які можна передати на віддаль радіоканалом, радіопередавача та джерела живлення. Аерологічні станції разом із радіозондами забезпечують вимірювання температури та вологості повітря, абсолютного тиску по висоті до 30 км і вище, а також вимірювання швидкості вітру на різних висотах. Під час опрацювання цих аерологічних вимірювань визначають епюри значень вказаних параметрів по висоті. Крім означених параметрів на деяких станціях вимірюють також, хоча і в значно менших обсягах, концентрацію озону, сонячну та інфрачервону радіацію, радіоактивність та деякі інші параметри. Потреба в точних та надійних вимірюваннях всіх вказаних параметрів на сьогодні є надзвичайно актуальною, особливо для наукових досліджень в області зміни клімату планети.

В світовій практиці аерологічних вимірювань використовують різні типи радіозондів та різне наземне обладнання (радіолокатори тощо), які з року в рік удосконалюються.

Що ж стосується аерологічних вимірювань в Україні, то на сьогодні тут працює 9 аерологічних станцій, які розташовані так, що майже повністю накривають територію України (Ужгород, Львів, Чернівці, Шепетівка, Київ, Одеса, Кривий Ріг, Сімферополь, Харків). Наземне обладнання цих станцій – це радіолокаційні станції приймання та опрацювання даних типу «Метеор» та типу «Метеорит» з обчислювальною системою АВК виробництва колишнього Радянського Союзу. Таке наземне обладнання було призначене для роботи із радіозондами типу МАРЗ (для станції «Метеор») та МРЗ (для станції «Метеорит»), які також розроблялись за часів Радянського Союзу. За допомогою такого обладнання забезпечують вимірювання температури та вологості повітря, а також швидкості вітру на різних висотах. Вимірювання інших параметрів, таких як концентрація озону, сонячна та інфрачервона радіація, радіоактивність тощо, на цих аерологічних станціях не виконують.

Вказані аерологічні станції забезпечують автоматичну реєстрацію вимірюваних параметрів у закодованому вигляді. Розкодування цієї інформації, опрацювання результатів вимірювань, зокрема визначення координат та траєкторії польоту, побудова часових та висотних епюр, визначення особливих точок виконують вручну. Сьогодні ведуться роботи з

автоматизації опрацювання результатів вимірювань, однак при застосуванні обладнання вказаних аерологічних станцій досягти нової якості вимірювань є неможливим.

Основні проблеми, які виникають під час таких вимірювань, – це недостатня сумісність результатів аерологічних вимірювань від різних аерологічних станцій. Особливо великі розбіжності є на рівні вимірювання вологості повітря при від’ємних температурах по висоті до 30 км. Виникають розбіжності і щодо прив’язки значень виміряних параметрів до висоти. Очевидно, такі недоліки пояснюються недостатньо високими метрологічними характеристиками вимірювальних каналів як радіозондів, так і аерологічних станцій, насамперед по точності та інерційності вимірювань. Крім того, радіозонди типу МАРЗ та МРЗ під час польоту часто виходили з ладу.

Слід зазначити, що з метою покращання аерологічних вимірювань Україна перейшла на використання власних радіозондів: спочатку радіозондів типу АПЗА, а відтак, радіозондів вдосконаленої конструкції типу ПАЗА (виробництва Науково-проектного та виробничого підприємства «Техприлад»). Зонди типу ПАЗА серійно випускаються з 1998р. Ці зонди за технічними характеристиками не поступаються радіозондам типу МАРЗ та МРЗ, а за деякими з них – перевершують їх. Для прикладу, радіозонди типу ПАЗА виготовляють таких модифікацій:

ПАЗА-10 – радіолокаційний пілот для вимірювання параметрів вітру (швидкість, напрям) за кутовими координатами та відстані;

ПАЗА-11 – радіолокаційний пілот для вимірювання температури повітря та параметрів вітру (швидкість, напрям) за кутовими координатами та відстані;

ПАЗА-12 – радіолокаційний пілот для вимірювання температури та вологості повітря, а також параметрів вітру (швидкість, напрям) за кутовими координатами та відстані;

ПАЗА-21 – радіолокаційний пілот для вимірювання температури повітря та параметрів вітру (швидкість, напрям) за кутовими координатами та відстані;

ПАЗА-22 – радіолокаційний пілот для вимірювання температури та вологості повітря, а також параметрів вітру (швидкість, напрям) за кутовими координатами та відстані.

Радіозонди типів ПАЗА-10, ПАЗА-11 та ПАЗА-12 призначені для сумісної роботи із радіолокаційною станцією «Метеор». Радіозонди типів ПАЗА-21 та ПАЗА-22 призначені для сумісної роботи із радіолокаційною станцією «Метеорит». Всі радіозонди типу ПАЗА працюють на частоті 1783 МГц з частотою модуляції 600 кГц або 800 кГц. У цих радіозондах застосовано такі способи передачі телеметричної інформації: амплітудна модуляція для радіозондів типів ПАЗА-11 та ПАЗА-12 з періодом комутації каналів 100 с та частотна модуляція для радіозондів типів ПАЗА-21 та ПАЗА-22 з періодом комутації каналів 20 с. Спосіб визначення відстані – вторинна радіолокація.

Нові вимоги Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) щодо аерологічних вимірювань ставлять перед Україною завдання не тільки повної автоматизації таких вимірювань, а й переведу їх на якісно новий технічний рівень. Це можливо зробити лише при застосуванні нових багатофункціональних комплексів зондування атмосфери та вимірювання аерологічних параметрів, які реалізовуватимуть вимоги ВМО та працюватимуть з радіозондами нового покоління. Розробка таких багатофункціональних комплексів, а також радіозондів нового покоління типу РЗА також виконана в підприємстві «Техприлад».

Виготовлено дослідний зрієць такого багатофункціонального комплексу зондування атмосфери та вимірювання аерологічних параметрів. За своїми характеристиками комплекс відповідає вимогам ВМО. Крім того, комплекс може працювати як з радіозондами нового покоління типу РЗА, так і з існуючими радіозондами, що працюють в діапазоні 1660 – 1700 МГц.

Вказаний комплекс складається із таких основних блоків: антенного блока з опорно-поворотним механізмом та системою координат; блока приймання та демодуляції сигналів радіозонду, їх первинної обробки та керування антеною; блока безперебійного живлення; блока управління комплексом, кінцевого опрацювання та зберігання інформації; блока передачі інформації в канал зв'язку; виносного імітатора сигналів радіозонду.

Основні технічні характеристики комплексу:

дальність автоматичного супроводження – до 200 км, висота зондування – до 40 км, мінімальна дальність – 10 м;

середня квадратична похибка вимірювання в режимі автосупроводження: дальності – не більше 30 м, кутових координат – не більше 0,1 градусів;

систематична похибка вимірювання в режимі автосупроводження: дальності – не більше 30 м, кутових координат – не більше 0,05 градусів;

середня квадратична похибка вимірювання і розрахунку: температури повітря (в межах від $+50^{\circ}\text{C}$ до -80°C) – не більше 0.4°C ; атмосферного тиску (в межах від 1100мБ до 2мБ) – 2 мБ; відносної вологості (в межах від 15% до 98%) – 5%;

ширина діаграми направленості антени при половинному спаду потужності – не більше 6.5 град;

коефіцієнт підсилення антени (прийом радіохвиль з вертикальною поляризацією) – не менше 20 дБ.

Діапазони робочих частот при режимах роботи:

- вузькодіапазонний – частота..... 1680 МГц +- 0.5 МГц
- смуга..... 0.2 МГц;
- широкодіапазонний – частота..... 1680 МГц +- 5 МГц
- смуга..... 0.2 МГц;

Девіація приймального ЧМ сигналу – не більше 100 кГц.

Нерівномірність АЧХ в діапазоні від 1660 МГц до 1700 МГц – не більше 3дБ.

Нестабільність частоти гетеродина в часі – не більше 10 кГц/год.

Система визначення координат забезпечує: вимірювання дальності з дискретністю – 1 м; перетворення кутових координат з дискретністю – 0,05 град.

Границі повороту антени: по азимуту – не обмежене; по куту місця – не менше мінус 10 до плюс 100 град.

Режим роботи комплексу:

визначення дальності – автоматичне, визначення кутових координат – автоматичне, ручне наведення.

Можливі форми відображення метеопараметрів: графік зміни температури протягом польоту; графік зміни вологості протягом польоту; графік зміни напрямку вітру протягом польоту; графік зміни швидкості вітру протягом польоту; графік зміни швидкості підйому зонда; графік зміни висоти підйому зонда; таблиця зміни всіх метеопараметрів протягом польоту.

Реєстрація даних: роздрук даних на принтері для оцінки їх оператором; запис на диск комп'ютера; вивід даних на модем; вивід даних через модем у лінію в кодах ВМО; зчитування даних із лінії; архівування переданих даних; документалізація даних.

Комплекс має можливість автоматично або за командою оператора передавати дані зондування під час польоту радіозонду у лінію передачі.

Напруга живлення – 220В змінного струму частотою 50Гц. Крім того, комплекс має безперебійне джерело живлення, яке дає змогу проводити зондування протягом 240 хв при вимкненні напруги живлення.

Споживана потужність – не більше 0,5.кВт. Вага – не більше 160 кг.

Під вказаний комплекс підприємством «Техприлад» завершено розробку радіозондів нового покоління типу РЗА. Основні переваги радіозондів типу РЗА: випромінювана потужність в 2-3 рази менша за існуючі (наприклад, в 3 рази порівняно із широко використовуваним зондом типу RS-80 фірми Вайсала, Фінляндія); смуга несучої частоти не перевищує 400 кГц; чутливі елементи є радіаційно стійкими та мають покращені метрологічні характеристики, зокрема, вони є працездатними в умовах сильних електромагнітних полів; потужність бокового випромінювання зменшена порівняно з існуючими в 10-15 разів; в них використовується нове джерело живлення, питома ємність якого в 1.8 рази перевищує ємність існуючої хлор-магнієвої батареї.

До переваг нових радіозондів слід також зарахувати: радіозонд працює в локальній системі радіотеодоліт – зонд без задіяння супутникових систем визначення координат; радіозонд може працювати з давачем абсолютного тиску; для вимірювання метеорологічних параметрів атмосфери застосовуються нові чутливі елементи та вимірювальні перетворювачі температури та відносної вологості вітчизняного виробництва; передполітна потужність радіопередавача в 10 разів менша від потужності під час зондування; простота включення та перевірки роботи радіозонда зменшує передполітний час підготовки в 2-3 рази.

Основні технічні характеристики радіозонда типу РЗА:

1. Локальне джерело живлення забезпечує безперервну роботу радіозонду протягом не менше 4 год.

2. Несуча частота – 1680МГц +-400кГц.

3. Спосіб модуляції – частотна модуляція.

4. Девіація частоти – 50-100 кГц.

5. Поляризація – вертикальна.

6. Габаритні розміри – не більше 175x105x105 мм.

7. Передполітна маса – не більше 0,35 кг.

8. Границя допустимого значення абсолютної похибки у вказаному діапазоні температур – не більше 0,5⁰ С.

9. Границя допустимого значення абсолютної похибки у вказаному діапазоні відносної вологості при нормальних умовах – не більше 5%.

10. Радіозонд забезпечує технічні та метрологічні характеристики в таких умовах роботи:

- температура оточуючого повітря від мінус 80⁰ С до плюс 50⁰ С.
- атмосферний тиск від 200 Па до 110000 Па.
- відносна вологість повітря від 5% до 98%.
- дія сонячної радіації.
- обдув повітрям з швидкістю до 7 м/с.
- атмосферні опади.

Оснащення аерологічних станцій України новими багатофункціональними комплексами зондування атмосфери та вимірювання аерологічних параметрів атмосфери сумісно з радіозондами типу РЗА дозволить виконати сучасні вимоги ВМО щодо аерологічних вимірювань. Це дозволить не тільки значно підвищити точність вимірювання метеопараметрів атмосфери, але й суттєво зменшити високочастотне забруднення навколишнього середовища. Застосування такого обладнання суттєво покращить ситуацію з метеорологічними вимірюваннями в Україні. Вказане обладнання рекомендується до застосування не тільки в Україні, а й в інших країнах світу.