

DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.13.1.191-201>

УДК 551.501.81

О.А. Полоз**П.І. Ванкевич**, д.т.н., с.н.с.**А.М. Андрієнко**, к.т.н., с.н.с.**Є.Г. Іваник**, к.ф.-м.н., с.н.с.**І.Л. Ільницький***Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного,
м. Львів, Україна*

МЕТЕОРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДГОТОВКИ ДАНИХ СТРІЛЬБ НА БАЗІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗРАЗКІВ РАДІОПЕЛЕНГАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

Поправки підготовки вихідних даних з огляду урахування метеорологічних чинників в умовах виконання артилерійських стрільб трактують як складову тактико-оперативних дій при виконанні бойових завдань. Існуючі наземні метеорологічні станції (метеорологічні комплекси) стаціонарного чи рухомого типу у більшості випадків не задовольняють умовам метеорологічної підготовки, оскільки усі необхідні вимірювання виконуються безпосередньо в місці базування вимірювальних станцій, тобто на земній поверхні. Похибка, яка становить суттєву частину метеорологічних поправок, переважно виникає внаслідок відсутності інформації про стан атмосфери на різних висотах, тобто в околі ділянок траєкторії руху снаряда або в місці локації наземних метеокomплексів. У статті виконано аналітичний огляд щодо тенденцій розвитку та удосконалення метеорологічних комплексів, призначених для здійснення наземних вимірювань параметрів стану атмосфери, згідно найновіших даних літературних джерел, який засвідчив, що основне спрямування робіт стосується підвищення достовірності, точності визначення метеорологічних елементів та зменшення часу доведення інформації до споживачів. Відзначено, що не менш важливим також є підвищення мобільності, завадозахищеності, автоматизація прийому, обробки та передачі інформації, та уніфікація системи експлуатації метеорологічних комплексів. Особлива увага приділена модернізованим зразкам метеостанцій Збройних Сил країн НАТО та більшості країн Близького Сходу, виділено напрями і тенденції їх розвитку. Розроблено розрахункову процедуру, реалізовану в середовищі програмного математичного пакету MathCAD, який передбачає, що в умовах наявності пропусків у масиві даних, на основі дослідного файлу щосекундної реєстрації даних телеметрії та положення антени локатора формується неперервний масив шляхом лінійної інтерполяції між крайніми точками проміжків, в яких відсутні дані телеметрії. Виконані дослідження дали змогу сформулювати низку вимог до перспективних метеорологічних комплексів вітчизняного комплектування, здатних підвищити ефективність функціонування та забезпечити потреби метеорологічних служб в складі артилерійських підрозділів ЗС України.

Ключові слова: метеорологія, комплексне температурно-вітрове зондування атмосфери, тиск, вологість, метеорологічні поправки, рухомий радіозонд, радіолокатор, напрям і швидкість вітру, автоматичний цифровий реєстратор, система обробки даних, інтерполяція проміжних даних, оцифровані дані телеметрії.

Постановка проблеми

У випадку застосування усіх видів артилерійського озброєння або виконання завдань, пов'язаних з використанням рухомих в умовах атмосфери об'єктів, серед багатьох чинників, які забезпечують результативне виконання бойової задачі, є поправки на метеорологічну обстановку. Похибка, яка становить суттєву частину метеорологічних поправок, як правило виникає за умов відсутності інформації про стан атмосфери на різних висотах, зокрема, на траєкторії польоту або у зоні виконання задач. Особливістю похибки є те, що вона зростає зі зміною погодних умов, є непередбачуваною, важко прогнозованою, а найважливіше, що за деяких обставин може досягти критичного рівня та суттєво вплинути на остаточний результат виконання бойових завдань. Однією із основних складових метеорологічних параметрів є напрям і швидкість вітру на висотах у вертикальному розрізі атмосфери. З метою мінімізації витрат на модернізацію устаткування існуючих військових систем і переходу на якісно новий рівень у точності та здатності зондування атмосфери

постає потреба в розробленні і впровадженні повного комплексу устаткування, починаючи від автоматичного цифрового реєстратора і системи обробки даних й передачі в канал зв'язку, і до розробки цифрового зонда з довільним програмуванням кількості датчиків і протоколу зв'язку, з обробкою вимірювань, отримуваних пристроями, розміщеними безпосередньо в зонді, зі зміною в роботі систем радіолокатора, аж до відмови від використання передавача РЛС з варіантами виміру третьої координати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналітичний огляд щодо тенденцій розвитку та удосконалення метеорологічних комплексів, призначених для здійснення наземних вимірювань параметрів стану атмосфери, на основі даних наукових досліджень, виконаних останніми роками, засвідчив, що основне спрямування робіт стосується підвищення достовірності, точності визначення метеорологічних елементів та зменшення часу доведення інформації до споживачів. Разом з тим не менш важливим є підвищення мобільності, завадозахищеності, автоматизація прийому, обробки та передачі інформації, а також уніфікація системи експлуатації метеорологічних комплексів [1, 2].

В Збройних Силах країн НАТО, зокрема в США, проведена модернізація існуючої метеорологічної станції AN/TMQ-52A з системою «Profiler (MMS-P)», в результаті чого досягнуто скорочення використовуваних автотранспортних засобів з трьох (два з яких з причепами) до однієї машини з причепом, в розрахунок якої входить всього три військовослужбовці, два з яких забезпечують отримання метеорологічної інформації з радіозонда, який ними запускається. Система «Profiler (MMS-P)» – це програмне забезпечення, яке автоматично отримує точну інформацію з метеозонду доповнену від «Оперативної глобальної системи атмосферного прогнозування (NOGAPS), яка подається до системи «Profiler (MMS-P)» агентством погоди ВПС через супутник, яке використовує цю інформацію для створення 4-х мірної цифрової метеорологічної моделі: висота, ширина, глибина і час, з включенням в неї інформації про траєкторії снарядів і ракет. Поправки розраховуються автоматично для кожного типу боєприпасу і заряду при оновленні метеорологічних даних в режимі реального часу. Для розрахунку поправок на відхилення метеорологічних умов при підготовці стрільб достатньо щонайбільше 30 с.

Що стосується решти країн НАТО та більшості країн Близького Сходу, то вони мають на озброєнні метеорологічні комплекси на різних базах та з різною кількістю особового складу, але всі вони переважно укомплектовані апаратурою фінського виробництва фірми Vaisala (Radiotheodolite RT20A), в склад якої включено радіозонди, які забезпечують отримання високоточних метеорологічних даних. Легкий у транспортуванні та швидкий в розгортанні, RT20A зарекомендував себе як найдосконаліша та найточніша RDF антена у світі для зондування атмосфери. Поряд з RT20A, апаратний комплекс Vaisala MARWIN® Sounding System MW32 автоматизує обробку даних та надає повідомлення в бойові підрозділи у відповідних форматах STANAG та WMO.

Постановка завдання

Мета роботи полягає в тому, що на основі аналізу існуючих метеорологічних комплексів, які знаходяться на озброєнні провідних країн світу, визначити напрямки розвитку та сформувати низку вимог до перспективних метеорологічних комплексів вітчизняного комплектування, здатних підвищити ефективність функціонування та забезпечити потреби метеорологічних служб в складі артилерійських підрозділів ЗС України.

Атмосфера – типова динамічна система, її еволюція жорстко пов'язана відомими рівняннями гідроаеромеханіки [3–7], однак передбачити її стан через місяць – тобто виконати безпомилковий прогноз погоди на місяць наперед практично неможливо, який би потужний суперкомп'ютер не був в

нашому розпорядженні. Прогнозування стану атмосфери може бути тільки ймовірнісним, а парадоксальну, породжену динамічними рівняннями – жорстким алгоритмом поведінки, – випадковість прийнято називати детермінованим хаосом. Тому поведінка багатьох фізичних об'єктів, що описуються рівняннями еволюції або динамічними рівняннями (в частковому випадку, ньютоніві закони руху) – динамічних систем – через певний проміжок часу стають цілком непередбачуваними.

В промислово-розвинутих країнах світу створено системи гідрометеоромоніторингу у вигляді розгалуженої інтегрованої (цивільного та військового спрямування) автоматизованої мережі засобів отримання, обробки та передачі відповідно адаптованими каналами метеоінформації. В цьому аспекті слід виділити праці [9, 10], в яких висвітлено питання підвищення точності визначення параметрів, що характеризують гідрометеорологічну інформацію про стан атмосфери, радіоактивними засобами.

Стосовно потреб військового призначення метеорологічна підготовка проводиться з метою визначення відхилень метеорологічних даних від табличних, які визначаються при комплексному зондуванні атмосфери та враховуються під час визначення установок для стрільби наземної артилерії, а також забезпечення потреб авіації [8–10]. Не урахування частково або повністю метеорологічних факторів перед веденням вогню призводить до суттєвого збільшення часу виконання вогневих завдань (знаходження артилерійського підрозділу на вогневій позиції), витрати боєприпасів і, як результат – зменшення ефективності ураження цілей (об'єктів) противника та виживання артилерійських підрозділів в умовах швидкоплинності сучасних бойових дій з точки зору можливості нанесення по них зустрічних ударів.

Отже, виникає необхідність проведення цілеспрямованого аналізу існуючих метеорологічних комплексів, які перебувають на озброєнні провідних у військовому відношенні країн світу, з метою визначення їх кращих тактико-технічних характеристик та усвідомлення подальшого напрямку руху розвитку вітчизняних метеорологічних комплексів, що відповідатимуть вимогам сьогодення.

Виклад основного матеріалу дослідження

Зусилля розробників метеорологічних комплексів були постійно спрямовані до покращення тактико-технічних характеристик, беручи до уваги при цьому основні тенденції, щодо підвищення точності та оперативності надання метеорологічної інформації артилерійським підрозділам.

Розглянемо методологію процесу метеорологічних вимірювань і комплексного температурно-вітрового зондування атмосфери.

Температура, тиск, вологість, температура, переміщення повітряних мас (чи деяка інша фізична величина) в зоні локації віддаленого рухомого радіозонда вимірюється первинним перетворювачем, який змінює свої електричні характеристики і впливає на частоту переривань постійно діючого генератора, що працює у певній фіксованій вузькій смузі частот, які передаються телеметрією або радіоканалом (рис. 1).

Для контролю стабільності роботи електричних схем в залежності від зовнішніх чинників – розряду батарей, зміни зовнішньої температури тощо почергово з корисним сигналом тим же каналом зв'язку передаються опорні сигнали, що надходять від спеціально виділених давачів, призначених для компенсації відхилень (частота цих сигналів прийнята як опорна, відносно неї відбувається калібрування вимірюваних даних). Корисних сигналів може бути декілька, вони надходять у певній послідовності, чергуючись між собою та з опорним сигналом.

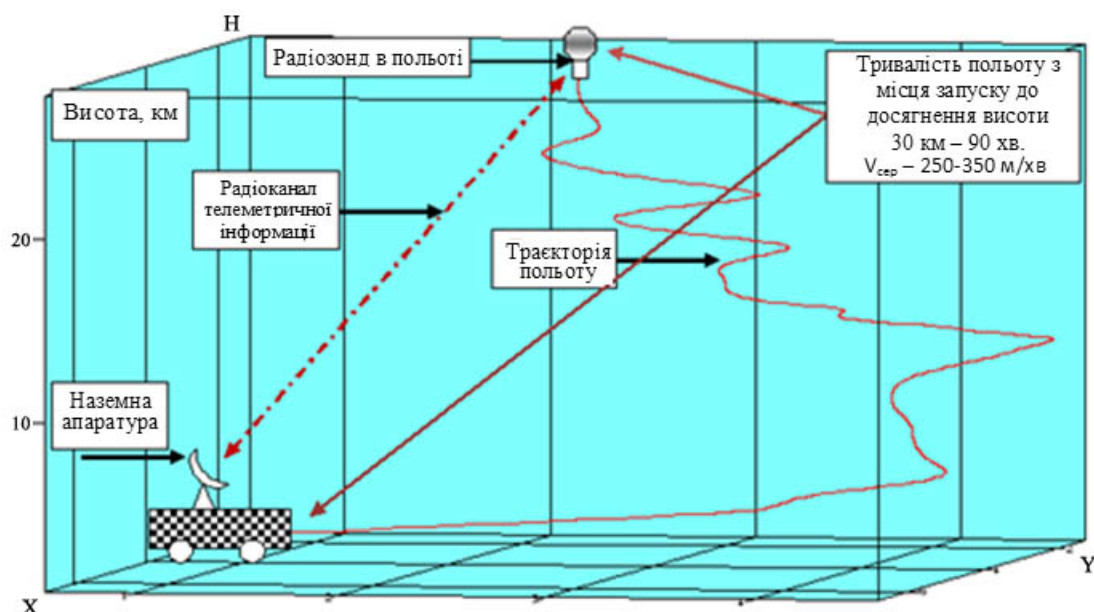


Рис. 1. Схема технології процесу зондування атмосфери

Тривалість кожного із сигналів визначається наперед, проте може змінюватись під впливом зовнішніх чинників. Відношення частоти кожного з корисних сигналів до значення опорної частоти (завжди більшої за них) задається числом, меншим за одиницю, і за допомогою градуювальної таблиці дозволяє встановити реальне значення того чи іншого параметра. Верхні стрічки наведених у градуювальній таблиці транспонованих для зручності матриць містять значення відношення частоти корисного сигналу до опорної частоти. Нижні стрічки містять відповідні цим значенням величини температури та вологості. Вказані характеристики належать конкретній парі приладів, що використовуються для радіозондування верхніх шарів атмосфери, причому для кожного радіозонда (рис. 2) разового використання можуть суттєво відрізнятись.

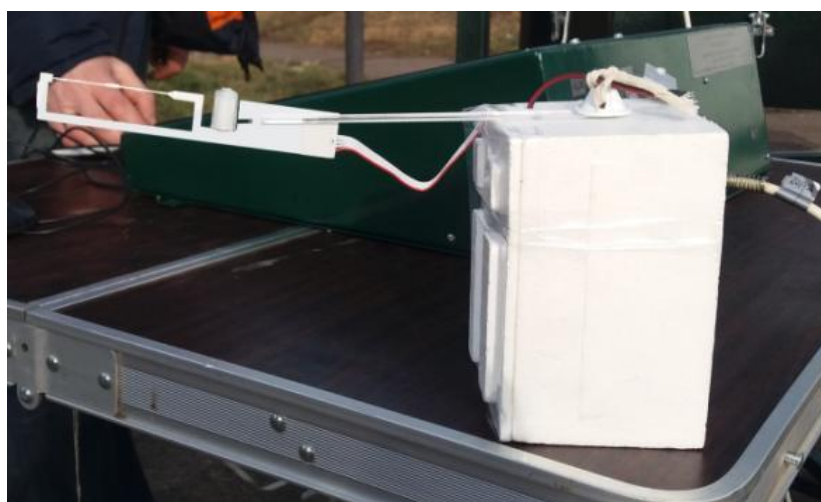


Рис. 2. Загальний вигляд радіозонда

Дані зондування передаються випромінюючою антеною радіозонда, що має тороподібну діаграму спрямованості. При передачі телеметричної інформації шляхом переривань корисного сигналу внаслідок коливань антени на підвісі регулярно мають місце випадки пропадання каналу зв'язку, що призводить до втрати частини імпульсів і зменшення миттєвої частоти телеметрії, яка вимірюється шляхом підрахунку надходження імпульсів протягом певного періоду часу. Перешкоди

виникають також при перемиканні каналів телеметрії, оскільки момент перемикання ніяк не пов'язаний з кодом, що передається. Вказані перешкоди є короткочасними, і тривають долі секунди. Натомість можливе повне пропадання сигналу проходження антени через закриту зону тимчасового вимкнення живлення реєструючого обладнання, його збою тощо.

Для усунення вказаних недоліків передбачено, що в момент пропадання телеметрії відсутні значення поновлюються шляхом інтерполяції проміжних даних з автоматичним контролем якості, що не допускає великих стрибків даних у процесі поновлення. З цією метою застосовано методику інтерполяції шляхом наближення відповідної функціональної залежності $y(x)$, що детермінує відповідний метеорологічний параметр, деяким многочленом n -ї степені $Y(x)$, що задовольняє умовам співпадіння значень у вибраних вузлах інтерполяції (в нашому випадку в тих точках, в яких наявні дані вимірювань значень параметрів, що характеризують стан атмосфери) [11, 12].

Слід однак брати до уваги деякі застереження, які полягають в тому, що до застосування інтерполяції треба підходити виважено. Так, у випадку емпіричних функціональних залежностей найпридатнішим є процес згладжування флуктуацій $y(x_k)$ ($x_k, k=0,1,2,\dots,n$ – вузли інтерполяції), обумовлених випадковими похибками (шумами) [14].

Взагалі параболічна інтерполяція на практиці найпридатніша лише для емпіричних функцій і тільки тоді, коли їх значення не спотворені шумами (випадковими похибками). Тому в цих умовах надають перевагу застосуванню згладжувальної апроксимації такими многочленами або раціональними дробами, які мінімізують максимум абсолютної похибки на всьому визначеному інтервалі зміни аргумента [11–13].

В розглядуваному випадку необхідно мати інформацію лише про значення вимірюваної величини, які випадають з структурованого масиву даних, тобто для успішного вирішення поставленої задачі необхідно знати тільки значення наближуючого полінома $Y(x)$, а не його аналітичне подання, тому за цих умов найдоцільніше використання ітераційно-інтерполяційного методу Ейткена [14–16], згідно якого розраховують значення інтерполяційного многочлена Y_{ijk} , визначені парами значень (x_i, y_i) , (x_j, y_j) , (x_k, y_k) так, що

$$Y_{012\dots n} = Y(x), \quad (1)$$

причому інтерполяційні многочлени у формулі (1) отримуються послідовно за процедурою

$$Y_{01} = \frac{1}{x_1 - x_0} \begin{vmatrix} x - x_0 & y_0 \\ x - x_1 & y_1 \end{vmatrix}, \quad Y_{12} = \frac{1}{x_2 - x_1} \begin{vmatrix} x - x_1 & y_1 \\ x - x_2 & y_2 \end{vmatrix},$$

$$Y_{012} = \frac{1}{x_2 - x_0} \begin{vmatrix} x - x_0 & Y_{01} \\ x - x_2 & Y_{12} \end{vmatrix}, \dots, \quad Y_{0123} = \frac{1}{x_3 - x_0} \begin{vmatrix} x - x_0 & Y_{012} \\ x - x_3 & Y_{123} \end{vmatrix}; \quad (2)$$

процес завершується тоді, коли для значень двох інтерполяційних многочленів послідовних степенів співпадає обумовлене вимогами точності число знаків.

Реалізація розрахункового алгоритму на основі залежностей (1), (2) в середовищі програмного пакету MathCAD [17, 18], відображена на рис. 3. Процедура, розроблена в середовищі програмного математичного пакету MathCAD, передбачає, що в умовах наявності пропусків у масиві даних, на основі дослідного файлу щосекундної реєстрації даних телеметрії та положення антени локатора формується неперервний масив шляхом лінійної інтерполяції між крайніми точками проміжків, в яких відсутні дані телеметрії.

```

Dani := f if rows (f) - 1 = max(f <0>) - min(f <0>)
        otherwise
            t ← f <0>
            F1 ← f <1>
            F2 ← f <2>
            F4 ← f <4>
            F5 ← f <5>
            MiN ← min(t)
            for j ∈ min(t)..max(t)
                Tj-MiN ← j
                F1 ←  $\overrightarrow{\text{ceil}(\text{linterp}(t, F1, T))}$ 
                F2 ←  $\overrightarrow{\text{ceil}(\text{linterp}(t, F2, T))}$ 
                F3 ←  $\overrightarrow{T \cdot 0}$ 
                F4 ←  $\overrightarrow{\text{ceil}(\text{linterp}(t, F4, T))}$ 
                F5 ←  $\overrightarrow{\text{ceil}(\text{linterp}(t, F5, T))}$ 
            f ← augment (augment (augment (augment (T, F1), F2), F3), F4), F5)

```

Рис. 3. Реалізація розрахункової процедури відновлення даних телеметрії в середовищі пакету MathCAD

F1, F2, F4, F5 – масиви даних частот (в герцах) телеметричного каналу, які передаються послідовно, і відповідають метеорологічним параметрам опорної температури, реальної (в даний момент часу) температури, вологості і тиску відповідно; F3 – опорна (еталонна) частота, за будь-яких умов роботи вона стала, відносно неї виконуються вимірювання частот сигналів всіх встановлених давачів. За значеннями атмосферного тиску розраховується висота згідно залежностей, поданих в роботі [8] (розподіл тиску завжди має плавний характер зміни, тому за зміною тиску виконується побудова процедури інтерполяції вектора градієнта тиску з висотою). Повний цикл вимірювань вказаних метеорологічних параметрів складає 20 секунд, який розбивається на 5 інтервалів, впродовж кожного з яких здійснюється передача відповідних даних. Автоматично створюється файл даних всіх вимірюваних частот посекундно. Швидкість підйому зонда складає 250-350 м/хв. Вказана процедура дає можливість отримувати на екрані графіки залежностей зміни в часі відзначених характеристик атмосфери.

Для знаходження опорної частоти насамперед вимагається потрапляння сигналу у задані межі. Для випадку, коли у вказані межі потрапляє випадково і корисний сигнал (за відомчим нормативом, частота корисного сигналу не може наближатись до опорної ближче за певну межу), що також є характерною ознакою, корисною для розпізнавання.

Радіопеленгаційний метеорологічний комплекс (рис. 4) монтується на шасі автомобіля Урал 375 та включає повний комплект устаткування, починаючи від автоматичного цифрового реєстратора і системи обробки даних – передачі в канал зв'язку, і до розробки цифрового зонда з довільним програмуванням кількості датчиків і протоколу зв'язку, з обробкою вимірів у зонді, зі зміною в роботі систем радіолокатора, аж до відмовлення від передавача РЛС із варіантами виміру третьої координати.



Рис. 4. Радіопеленгаційний метеорологічний комплекс

Детальніше розглянемо два основні блоки, які складають основу наземної апаратури радіопеленгаційного метеорологічного комплексу – блок приймання сигналів і визначення координат локації радіозонда та блок обробки сигналів радіозонда, який здійснює представлення і зберігання даних результатів зондування та службової інформації.

Цифровий реєстратор блоку приймання сигналів (рис. 5) підключений до сельсинів кута місця, азимута і дальності при синхронізованій роботі з електромеханічним реєстратором РЛС, живлення якого може відключатися. Розроблено і випробувано схему виміру затримки між зондувальним імпульсом РЛС і відповідним імпульсом зонда безпосередньо з прийомного тракту, що дозволяє відключати штатну систему виміру дальності і ліквідувати необхідність узяття на автосупровід по дальності. З цією метою додатково розроблено конструкцію дистанційного пульта реєстрації, що працює автономно в межах віддалення до 100 м від мобільної РЛС.

В залежності від типу застосовуваного зонда (розробленого чи стандартного) відключається або працює передавач. Сигнал приймається через тракт дальності РЛС цифровою реєструючою системою, а потім обробляється системою обробки даних.

Блок приймання сигналів виконує:

а) автоматичний прийом сферичних координат зонду (азимута, кута місця та дальності) з блоків МТ-53, МТ-63 РЛС «Метеор» [19, 20]:

- автоматичний прийом телеметрії зонда (опорної частоти, частот температури, тиску і вологості) з гнізда Ф9 блоку МТ-32 (або гнізда Ф3 блоку МТ-31) високочастотним роз'ємом, усі підключення – в паралельний порт ЕОМ;

- запис в реальному часі на вінчестер ЕОМ з інтервалом в одну секунду.

б) розрахунок усіх параметрів відповідно до вимог [21] та інших документів:

- критичний візуальний контроль результатів усіх етапів розрахунку у вигляді проміжних графіків та таблиць в реальному часі обробки даних;

- автоматичне формування звітів ТАЕ-3 та телеграм 1.2.

Передбачено можливість передачі телеграм безпосередньо з ЕОМ за допомогою телеграфного модему.

в) при наявності підключення до мережі Інтернет можлива:

- автоматична передача в Центральну Геофізичну обсерваторію (ЦГО) у Києві оброблених результатів зондування;

- виконання усіх розрахунків з робочого місця у ЦГО у Києві.



Рис. 5. Блок приймання сигналів та визначення координат радіозонду

Блок обробки сигналів радіозонду, представлення і зберігання даних результатів зондування та службової інформації (рис. 6) перетворює прийнятий сигнал антени в серії координатних імпульсів високої точності з відповідними характеристиками залежно від напрямку обертання і осі повороту, координатні імпульси перетворюються у цифровий код.



Рис. 6. Блок обробки сигналів радіозонда, представлення та зберігання даних результатів зондування та службової інформації

Персональний комп'ютер блоку обробки сигналів радіозонда виконує програму синхронізації вимірювань: прийом оцифрованих даних телеметрії, сферичних координат і дальності, їх відображення і запис на носій інформації; розрахунок результатів зондування, виводу результатів на друк і при потребі у лінії зв'язку; візуальний контроль польоту радіозонда, передполітної підготовки (витримки, тарування і визначення поправок), а також для реєстрації даних зондування; зв'язок між реєструючим, обробляючим та при наявності – з комунікаційним обладнанням.

Висновки

Запропонований набір обладнання та відповідно адаптований комплекс алгоритмів розрахунку параметрів, що визначають стан атмосфери, дає змогу повністю автоматизувати процес фільтрування перешкод, відділення каналів телеметричного сигналу та контролю, відновлення втрачених даних. Апробація розробленої чисельної процедури на численних дистанційних експериментах дозволила усунути виявлені недоліки, встановити практично усі можливі випадки некоректної роботи та ліквідувати можливість їх появи. Радіопеленгаційний метеорологічний комплекс для аерологічного зондування атмосфери, що використовує пропоновану розробку як одну із ключових ланок, пройшов серію випробувань і рекомендований до впровадження у практичну діяльність відповідних підрозділів Збройних Сил України.

Наступні дослідження будуть спрямовані на виявлення похибок в роботі первинних перетворювачів даних моніторингу стану атмосфери, які можуть мати місце при аерологічному зондуванні атмосфери на різних висотах, тобто в безпосередній близькості до ділянок простору, в яких локалізуються траєкторії руху снаряда, або в місці локації наземних метеокомплексів.

Список використаних джерел

1. Системи озброєння 2012. Американська армія: сила нації / 2012. – 384 с. (<https://asc.army.mil/docs/wsh2/2012-wsh.pdf>)
2. Сайт VAISALA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vaisala.com/en/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/soundings-products/rt20a>.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1973. – 848 с.
4. Дорошенко А.Ю. Фізичні і математичні моделі, чисельні методи аналізу і прогнозу природних та техногенних процесів в атмосфері / А.Ю. Дорошенко. – К.: Наукова думка, 2006. – 542 с.
5. Каблак Н.І. Моделювання зміни фізичних параметрів атмосфери з висотою / Н.І. Каблак // Кинематика и физика небесных тел. – 2007. – Т. 23, №1. – С. 18–24.
6. Винниченко Н.К. Турбулентность в свободной атмосфере / Н.К. Винниченко, Н.З. Пинус, С.М. Шметер, Г.Я. Щур. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 336 с.
7. Монин А.С. Статистическая гидромеханика. Ч. 2 / А.С. Монин, А.М. Яглом. – М.: Наука, 1967. – 720 с.
8. Савкин Л.С. Метеорология и стрельба артиллерии / Л.С. Савкин, Б.Д. Лебедев. – М.: Воениздат, 1974. – 144 с.
9. Atamanskiy D.V. Multithreshold procedure for evaluating parameters of meteorological objects against the background of local objects clutter in pulsed Doppler weather radars / D.V. Atamanskiy, K.V. Sadovyi // Radioelectronics and Communications Systems. – 2018. – Vol. 61, № 7. – P. 317–324.
10. Оценивание параметров метеообразований на фоне мешающих отражений от местных предметов / Д.В. Атаманский, К.В. Садовый, Д.Б. Жуйков, Б.В. Бакуменко, О.В. Высоцкий // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития. МРФ-2017 : сб. науч. тр. 6-го Междунар. радиоэлектр. форума, Харьков, 24-26 окт. 2017 г. – Харьков. Нац. Ун-т радиоэлектроники. – Харьков, 2017. – С. 13–16.
11. Грабчак В.І. Теоретичні засади методу апроксимації у вирішенні проблеми ідентифікації аеродинамічної сили опору руху об'єкта в атмосфері / В.І. Грабчак, П.І. Ванкевич, Є.Г. Іваник, О.В. Сікора // Актуальні проблеми фізики, математики та інформатики. – 2015. – № 7. – С. 53–62.
12. Корнейчук Н.П. Аппроксимация с ограничениями / Н.П. Корнейчук, А.А. Лигун, В.Г. Доронин. – К.: Наук. думка, 1982. – 252 с.
13. Варга Р. Функциональный анализ и теория аппроксимации в численном анализе / Р. Варга. – М.: Мир, 1974. – 324 с.

14. Корн Г., Корн Т. *Справочник по математике для научных работников и инженеров.* – М.: Наука, 1975. – 832 с.
15. Турчак Л.И. *Основы численных методов: учеб. пособие* / Л.И. Турчак. – М. : Наука, 1987. – 320 с.
16. Бахвалов Н.С. *Численные методы* / Н.С. Бахвалов. – М. : Наука, 1973. – 631 с.
17. Аладьев В.З. *Вычислительные задачи на персональном компьютере* / В.З. Аладьев, Н.А. Гершгорн. – К. : Техника, 1991. – 245 с.
18. Дьяконов В. *MathCAD 2000: учебный курс* / В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2000. – 592 с.
19. Смичок В.Д. *Прилади та методи температурно-вітрового зондування атмосфери та стратосфери* / В.Д. Смичок, О.М. Бурнаєв, П.І. Ванкевич // *Вимірювальна техніка та метрологія.* – 2003. – Вип. 64. – С. 126–130.
20. Смичок В.Д. *Цифрове ущільнення телеметричного каналу передачі даних температурно-вітрового зондування атмосфери з заданим рівнем похибки* / В.Д. Смичок, О.М. Бурнаєв, П.І. Ванкевич // *Вимірювальна техніка та метрологія.* – 2002. – Вип. 61. – С. 109–114.
21. *Інструкція з оцінювання якості гідрометеорологічних спостережень і робіт.* – К.: Державна гідрометеорологічна служба, 2009. – 184 с.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ СТРЕЛЬБ НА БАЗЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ РАДИОПЕЛЕНГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

О. Полоз, П. Ванкевич, А. Андриенко, Е. Иваник, И. Ильницкий

Поправки при подготовке исходных данных с точки зрения учета метеорологических факторов в условиях выполнения артиллерийских стрельб трактуют как составляющую тактико-оперативных действий при выполнении боевых задач. Существующие наземные метеорологические станции (метеорологические комплексы) стационарного или мобильного типа в большинстве случаев не удовлетворяют требованиям метеорологической подготовки, поскольку все необходимые измерения выполняются непосредственно в месте базирования измерительных станций, т.е. на земной поверхности. Погрешность, составляющая существенную часть метеорологических поправок, преимущественно возникает вследствие отсутствия информации о состоянии атмосферы на разных высотах, т.е. в окрестности участков траектории движения снаряда либо в местах дислокации наземных метеокомплексов. В статье выполнен аналитический обзор тенденций развития и усовершенствования метеорологических комплексов, предназначенных для осуществления наземных измерений параметров состояния атмосферы, согласно актуальным данным литературных источников, свидетельствующий о том, что основное направление работ касается повышения достоверности, точности определения метеорологических элементов и минимизации времени доведения информации к потребителю. Отмечено, что не менее важными также являются вопросы повышения мобильности, помехозащищенности, автоматизация приема, обработки и передачи информации, и унификация системы эксплуатации метеокомплексов. Особенное внимание уделено модернизированным образцам метеостанций Вооруженных Сил стран НАТО и большинства стран Ближнего Востока, выделены направления и тенденции их развития. Разработана расчётная процедура, реализованная в среде программного математического пакета MathCAD, в которой предусмотрена ситуация, что в условиях наличия пропусков в массиве измеряемых данных, на основе созданного файла ежесекундной реестрации данных телеметрии и положения антенны локатора формируется непрерывный массив путем линейной интерполяции между крайними точками промежутков, в которых отсутствуют данные телеметрии. Выполненные исследования дают основания для формулирования требований, выдвигаемых к перспективным образцам метеорологических комплексов отечественного комплексирования, в состоянии повысить эффективность функционирования и одновременно обеспечивать потребности метеорологических служб в составе артиллерийских подразделений ВС Украины.

Ключевые слова: метеорология, комплексное температурно-ветровое зондирование атмосферы, давление, влажность, метеорологические поправки, движущийся радиозонд, радиолокатор, направление и скорость ветра, автоматический цифровой реестратор, система обработки данных, интерполяция промежуточных данных, оцифрованные данные телеметрии.

METEOROLOGICAL ENSURING OF THE PREPAIRING OF THE DATA FOR FIRING ON THE BASE OF PERSPECTIVE MODEL OF RADIOPELENGATION COMPLEX

O. Poloz, P. Vankevych, A. Andrienko, E. Ivanyk, I. Ilnycky

Amendments to the preparation of initial data in view of taking into account meteorological factors in the conditions of artillery fire are interpreted as a component of tactical and operational actions in the performance of combat missions. Existing terrestrial meteorological stations (meteorological complexes) of stationary or mobile type in most cases do not meet the conditions of meteorological training, as all necessary measurements are performed directly at the base of measuring stations, i.e. on the earth's surface. The error, which is a significant part of meteorological corrections, mainly occurs due to the lack of information about the state of the atmosphere at different altitudes, i.e. in the vicinity of the trajectory of the projectile or at the location of ground meteorological complexes. The article provides an analytical review of trends in the development and improvements of meteorological systems designed for ground measurements of atmospheric parameters, according to the latest data from literature sources, which showed that the main focus of work is to increase reliability, accuracy of meteorological elements and reduce time to information. . It is noted that no less important is the increase of mobility, noise protection, automation of reception, processing and transmission of information, and unification of the system of operation of meteorological complexes. Particular attention is paid to modernized models of meteorological stations of the Armed Forces of NATO countries and most of the Middle East, highlights the directions and trends of their development. A computational procedure implemented in the MathCAD mathematical software package has been developed, which assumes that in the presence of gaps in the data array, a continuous array is formed by linear interpolation between the extreme points of the gaps in which there are no gaps in the data array telemetry data. The performed researches allowed formulating a series of requirements to perspective meteorological complexes of domestic manning, capable to increase efficiency of functioning and to provide needs of meteorological services as a part of artillery divisions of the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: meteorology, combined temperature-wind sound of atmospheres, pressure, humidity, meteorological correct, the moving radiosonde, radar, direct and velocity of the wind, automatic digital listing, data processing system, interpolation of the intercurrent data's, the digital data's of the telemetric.