УДК 623.4.022

Олександр Васильович Майстренко,
Юрій Євгенович Репіло

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПОБУДОВИ ПОЛІВ РОЗПОДІЛУ МЕТЕОЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ

Вступ. На даний час при метеорологічному забезпеченні бойового застосування ракетних військ і артилерії користуються метод безперервної зони [1,2], суть якого полягає в тому, що до моменту переходу рубежа віддалення від метеостанції $L \approx 5(10)$ км (5 км — в гірській міцевості, 10 км — на рівнинній місцевості) в наступі своїми військами, а в обороні противником, повинена розпочати роботу метеостанція, яка буде знаходитись на безпечній відстані від переднього краю та буде спроможна забезпечити метеоінформацією підрозділи ракетних військ і артилерії:

$$L_м = \rho_{гар} - L \qquad (1),$$

де $\rho_{гар}$ — радіус гарантованої зони дії метеобюлетеня.

У той же час, результати досліджень [1, 2] свідчать, що даний метод має низку недосконалостей. Основними з яких є

- "прив'язаність" сил та засобів метеорологічного забезпечення до підрозділів ракетних військ і артилерії;
- неможливість використання метеорологічної інформації поза межами зони дії метеостанції (радіус гарантованої зони дії метеобюлетеня) та при швидкій зміні стартових (вогневих) позицій;
- збільшення необхідної кількості метеостанцій через необхідність перекриття гарантованих зон дії метеобюлетеня;
- значення кожного метеоелемента приймається сталим в межах гарантованої зони дії метеобюлетеня та визначається незалежно від інших (неврахування взаємовпливу метеоелементів);
- невиправдані втрати часу між отриманням величин метеоелементів від датчиків та трансформацією таких величин у метеобюлетень;

Наведені недосконалості обумовлюють невідповідність між обсягом завдань, які покладаються на підрозділи метеозабезпечення, враховуючи нові тенденції в розвитку збройної боротьби та обсягом завдань, які спроможні виконати підрозділи метеозабезпечення, з огляду на їх кількісне зменшення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що світовою тенденцією розвитку метеорології є збільшення частки досліджень щодо використання методу побудови полів розподілу метеоелементів [3,4].

Вперше думку про застосування методу побудови полів розподілу метеоелементів висловлена І. А. Кібелем в 1949 році. Надалі думка була розвинута в роботах Н. А. Пановського [5]. Цікавими є роботи Джилкіста і Кресмена [6] де викладений, так званий, "американський" метод побудови полів розподілу метеоелементів та Бергторссона і Дьойоса [7] — "шведський" метод побудови полів розподілу метеоелементів. Також частина проблеми піднімалась в роботі Д. І .Казакевича, де були розглянуті характеристики випадкового поля та спектральний аналіз стаціонарних випадкових процесів і однорідних полів [8] та Д. Т. Сірого і В. А. Савченка "Метеорологічне забезпечення авіації Збройних Сил України".

Аналіз результатів даних досліджень та публікацій показує, що сутність даних методів полягає в тому, що по даним метеорологічних вимірювань на метеостанціях будуються поля метеорологічних елементів або отримують їх значення у вузлах деякої регулярної сітки [6, 7, 8, 9].

Аналізуючи досвід застосування методу побудови полів розподілу метеоелементів в

різних галузях як науки так і практики [8, 9, 10] можливо визначити переваги даного методу перед методом безперервної зони, це — більша точність визначення величин метеоелементів, універсальність при обробці різноманітних метеоелементів, можливість створення загального інформаційного поля розподілу метеорологічних елементів, зменшення кількості метеостанцій які залучені до комплексного зондування атмосфери.

Водночас, **невирішеною раніше частиною загальної проблеми** невідповідності між обсягом завдань які покладаються на підрозділи метеозабезпечення, враховуючи нові тенденції в розвитку збройної боротьби та обсягом завдань, які спроможні виконати підрозділи метеозабезпечення, з огляду на їх кількісне зменшення залишається є відсутність такого методу отримання та обробки метеоелементів, який би на відміну від існуючого передбачав врахування особливостей метеозабезпечення бойового застосування РВ і А, таких як висока динаміка бою (операції), розподіл артилерії за принципами "рота — батарея" та "виявлення — ураження", обмеження застосування ракет, реактивних систем залпового вогню та далекобійної артилерії [2].

Беручи до уваги переваги методу побудови полів розподілу метеоелементів та особливості метеозабезпечення бойового застосування РВ і А, вважається за доцільне розглянути можливість застосування методу побудови полів розподілу метеоелементів при метеорологічному забезпеченні бойового застосування ракетних військах і артилерії.

Тому, **метою даної статті** є обґрунтування можливості використання методу побудови полів розподілу метеоелементів для забезпечення бойового застосування ракетних військ і артилерії

Основний матеріал. Важливою складовою частиною в методах побудови полів розподілу метеоелементів є інтерполяція [4,5,6,7]. Іншою частиною методу побудови полів розподілу метеоелементів є погодження метеорологічних полів. Під цим терміном слід розуміти таку обробку вихідних даних або проінтерпольованих величин, в результаті якої задовольняються з потрібним рівнем точності співвідношення, що зв'язують між собою поля різних метеорологічних елементів, а також поля одного і того ж елемента на різних рівнях або в різні моменти часу. Нарешті третьою складовою методу побудови полів розподілу метеоелементів є виявлення помилкових даних з послідуючим їх усуненням [1].

Приведені вище частини методу побудови полів розподілу метеоелементів не є незалежними і не обов'язково повинні виконуватись послідовно. Загальна схема обробки метеорологічних даних за допомогою методу побудови полів розподілу метеоелементів представлена на рис. 1.

Відомо [4, 5, 6], що інтерполяція досить широко застосовується в метеорології. Нанесення ізолінії будь-якого поля обов'язково супроводжується інтерполяцією. В існуючих методах побудови полів розподілу метеоелементів інтерполяція поля тиску проводиться одночасно із погодженням полів тиску і вітру. Для систематизації способів інтерполяції, котрі застосовуються в методах побудови полів розподілу метеоелементів пропонується звести їх в три групи.

Перша група — способи інтерполяції, що ґрунтуються на апроксимації поля елемента для використання навколо точки сітки яка нас цікавить поліномом деякого ступе-

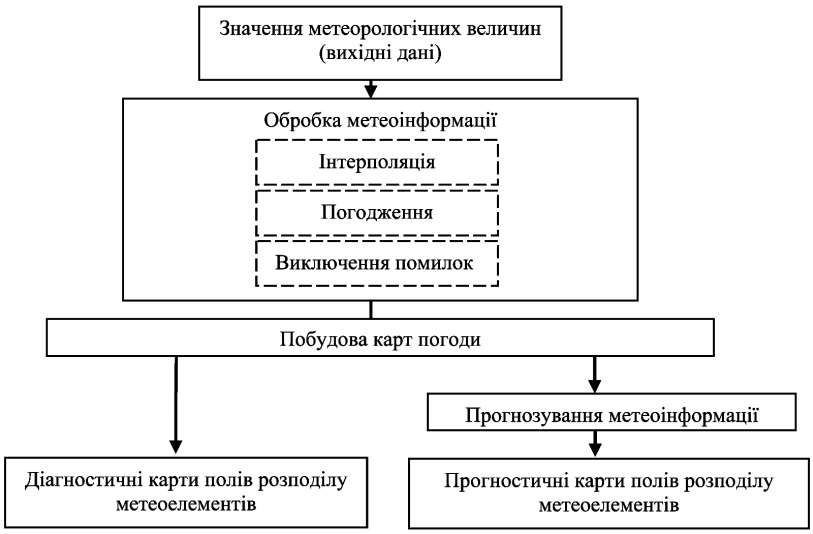

Рис. 1. Загальна схема обробки метеоінформації за допомогою методу побудови полів розподілу метеоелементів

ня. Друга група — способи, що зводяться до складання виваженого середнього із даних спостережень над елементом в пунктах близьких до точки сітки, що розглядається, з вагами, що залежать від відстані від даного пункту до точки сітки. Нарешті, до третьої групи пропонується віднести комбіновані способи у яких поле описується поліномом, але при визначенні коефіцієнта останнього дані з різних пунктів вводяться з різними вагами, що залежать від відстані цих пунктів до точки сітки.

Результати дослідження [4,5] показали, що наведені способи приводять до визначення результатів інтерполяції у вигляді лінійної комбінації значень метеорологічного елемента, що розглядається в пунктах спостережень, у вигляді

$$f_0 = \sum c_i f_i \qquad (2)$$

і відрізняються лише способом і результатами визначення ваг c_i. Всі ці способи є формальними в тому сенсі, що вони ґрунтуються на принципах, ніяк не пов'язаних із властивостями полів елементів, що аналізуються. Виходячи з цього, замість формальних способів інтерполяції вважається за доцільне використовувати в методі побудови полів розподілу метеоелементів так звану "оптимальну інтерполяцію". Під "оптимальною інтерполяцією" розуміється така, що відповідає вимозі, щоб середній в статистичному сенсі квадрат помилки інтерполяції був мінімальним [6].

Враховуючи наявність густої сітки метеорологічних станцій, що використовуються для забезпечення бойових дій ракетних військ і артилерії, будь-який розумний метод інтерполяції буде давати точність, не меншу точності оптимальної інтерполяції.

Виходячи з цього, передбачається, що введення інтерполяція дасть можливість врахувати особливості метеозабезпечення бойового застосування РВ і А та усунути низку таких недосконалостей методу безперервної зони:

- "прив'язаність" сил та засобів метеорологічного забезпечення до підрозділів ракетних військ і артилерії;
- неможливість використання метеорологічної інформації поза межами зони дії метеостанції (радіус гарантованої зони дії метеобюлетеня) та при швидкій зміні стартових (вогневих) позицій;
- збільшення необхідної кількості метеостанцій через необхідність перекриття гарантованих зон дії метеобюлетеня;
- значення кожного метеоелемента приймається сталим в межах гарантованої зони дії метеобюлетеня;

Наступний блок методу побудови полів розподілу метеоелементів — погодження полів. Додаткова інформація, що залучається при погодженні, дозволяє отримати погоджені поля, що мають суттєво більшу точність, ніж кожне із вихідних полів до їх погодження. Погоджені поля задовольняють з необхідним рівнем точності тим співвідношенням між полями метеорологічних елементів, які повинні виконуватись в атмосфері. Крім того, аналіз процесу погодження може допомагати виявленню, а надалі і усуненню або виправленню помилкових даних.

В загальному вигляді погодження полів показує міру впливу одного елемента (наприклад ψ) на інший (наприклад φ)

$$\varphi = a\varphi^{\cup} + b\psi^{\cup} \qquad (3)$$

де, $\varphi^{\cup}, \psi^{\cup}$ — значення метеорологічних елементів в пункті метеорологічної сітки,
a, b — коефіцієнти, що враховують міру помилок визначення елемента, мінливість значення елемента та кореляцію між ψ та φ.

Для оцінки точності погодження пропонується ввести поняття "міра помилки" (ε), величину якого визначати за формулою [4]

$$\varepsilon = 1 - a - \lambda r b \qquad (4)$$

де λ — коефіцієнт відносної мінливості елементів,
r — коефіцієнт кореляції між ψ та φ.

З врахуванням цього, вважається, що погодження полів дає можливість врахувати особливості метеозабезпечення бойового застосування РВ і А та усунути низку таких недосконалостей:

- збільшення необхідної кількості метеостанцій через необхідність перекриття гарантованих зон дії метеобюлетеня;
- значення кожного метеоелемента визначається окремо, незалежно від інших (неврахування взаємовпливу метеоелементів);

Наступним блоком методу побудови полів розподілу метеоелементів є виключення грубих помилок.

Значення метеорологічних елементів ніколи не бувають відомими з абсолютною точністю — завжди є помилки [8, 10]. Переважно, це — порівняно невеликі помилки, які можуть вважатися випадковими. Поряд з такими невеликими помилками, зустрічаються також такі, що досить великі по значенню. Вони можуть бути викликані різними причинами: несправністю приладів, слабкою навченістю особового складу, збоями в роботі апаратури передачі даних та інше.

Зрозуміло, що при використанні методу побудови полів розподілу метеоелементів, наявність грубих помилок у вихідних даних може суттєво вплинути на якість метеорологічного забезпечення, а в подальшому і на ефективність вогневого ураження противника. Виходячи з цього, для виключення

грубих помилок пропонується наступний алгоритм певних дій, як складової методу побудови полів розподілу метеоелементів для забезпечення бойових дій РВ і А.

Першим етапом є оптимальна інтерполяція елемента на кожну станцію з оточуючих. На другому етапі проводиться пошук помилкових даних. Для цього, відносно кожної станції складається співвідношення $|\Delta f|/\sqrt{E}$, де Δf є різниця між вихідним і проінтерпольованим значенням елемента, що розглядається, а ΔE — середньоквадратична помилка оптимальної інтерполяції. Значення E пропонується розраховувати за формулою [10]

$$E = \varepsilon f'^2 \qquad (4)$$

де ε — міра помилки оптимальної інтерполяції,
f'^2 — дисперсія елемента, що розглядається.

Найбільше значення із цих відношень порівнюється з величиною їх можливої варіації N, яка визначається завчасно. При умові, що воно менше ніж N, розрахунок закінчується і всі дані приймаються для подальших розрахунків. У випадку коли найбільше із $|\Delta f|/\sqrt{E}$ більше ніж N, дані відповідної станції виключаються і знову проводиться інтерполяції на ті станції, по відношенню до яких виключена станція була такою, що впливає. Для цих станцій знов вираховується співвідношення $I\Delta fI\ /\ \sqrt{E}$. Далі знаходиться найбільше із усіх відношень і так далі до тих пір, доки всі вони не будуть менші ніж N [10].

Виходячи з цього, вважається, що виключення грубих помилок дає можливість врахувати особливості метеозабезпечення бойового застосування РВ і А та усунути таку низку недосконалостей методу безперервної зони:

- збільшення необхідної кількості метеостанцій через необхідність перекриття гарантованих зон дії метеобюлетеня;
- значення кожного метеоелемента визначається окремо, незалежно від інших (неврахування взаємовпливу метеоелементів);

Результати розрахунків показали, що застосування такого алгоритму дій дозволяє в середньому на 12% підвищити точність визначення величин метеоелементів.

Беручи до уваги особливості метеозабезпечення бойового застосування РВ і А та наявність сил та засобів метеорологічного забезпечення, об'єм метеорологічних даних, що можливо отримати в метеорологічних підрозділах ракетних військ і артилерії, було б очевидним припустити, що використання метод побудови полів розподілу метеоелементів для забезпечення бойових дій РВ і А не тільки можливе, а і необхідне. Необхідність використання методу побудови полів розподілу метеоелементів обумовлюється його спроможністю усунути недосконалості, які присутні при використанні методу безперервної зони.

Висновки. В даній статті обґрунтована можливість використання методу побудови полів розподілу метеоелементів для забезпечення бойових дій РВ і А, які на відміну від методу безперервної зони передбачають додаткове врахування таких чинників:

- можливість побудови полів метеоелементів;
- взаємозв'язок метеоелементів;
- визначення величин метеоелементів шляхом оптимального інтерполювання даних;
- використання загального інформаційного поля метеоданих, отриманих від різних джерел;
- відмова від методу безперервної зони та гарантованих зон дії метебюлетнів.

Вважається, що додаткове врахування означених чинників забезпечить таке:

- підвищення точності метеоданих для їх використання під час бойового застосування РВ і А в середньому на 12 %;
- підвищення оперативності отримання метеоінформації;
- зменшення межі достатності метеостанцій для метеозабезпечення бойового застосування РВ і А;
- розширення спектру метеоінформації, необхідної для використання спеціальних та високоточних боєприпасів;
- підвищення гнучкості системи метеозабезпечення бойових дій РВ і А.

Перспективами подальших розвідок у даному напрямку є удосконалення методичного апарату отримання та обробки величин метеоелементів для забезпечення бойового застосування РВ і А та оцінки ефективності такого забезпечення, обґрунтування оптимальної кількості сил і засобів метеорологічного забезпечення з метою врахування оперативності отримання метеоінформації, достатності метеостанцій, спектру метеоінформації, необхідної для використання спеціальних та високоточних боєприпасів.

Література

1. Стужук П.І. Гідрометеорологічне забезпечення бойових дій ракетних військ і артилерії / П.І. Стужук, В.В. Малий. — К. : Друкарня АЗСУ, 1998. — 108 с. **2. Репіло Ю.Є.** Бойове застосування ракетних військ і артилерії: досвід, реальність і перспективи / Репіло Ю.Є. — К. : НАОУ, 2006. — 280 с. **3. C. Donald Ahrens.** Essentials of Meteorology. An Invitation to the Atmosphere / C.Donald Ahrens. — Boston : American Meteorological Society MA, 2004. — 463 p. **4. Гандин Л.С.** Объективный анализ метеорологических полей / Л.С. Гандин. — Л. : Гидрометиздат, 1963. — 288 с. **5. Panofsky H.A.** Objective weather map analysis / H.A. Panofsky // Jornal of Meteorology. — 1949. — № 6. — С. 6. **6. Gilchrist B.** An experiment in objective analysis / B.Gilchrist, G.P.Cressman // Telluus. —

1954. — № 4. — С. 16. **7. Bergthorsson P.** Numerical weather map analysis / P. Bergthorsson, B.R. Dyees // Telluus. — 1955. — № 3. — С. 7. **8. Казакевич Д.И.** Основы теории случайных функций в задачах гидрометеорологии / Д.И. Казакевич. — Л. : Гидрометиздат, 1989. — 230 с. **9. Сірий Д.Т.** Метеорологічне забезпечення авіації Збройних сил України / Д.Т. Сірий, В.А. Савченко. — К. : НАОУ, 2002. — 154 с. **10. Белов П.Н.** Практические методы численного прогноза погоды / П.Н. Белов. — Л. : Гидрометиздат, 1963. — 258 с.

В статье рассмотрена возможность использования методов построения полей распределения метеоелементов, как альтернативы метода непрерывной зоны, который используется при метеорологическом обеспечении боевого применения ракетных войск и артиллерии.

Ключевые слова: метод построения полей распределения метеоелементів, метод непрерывной зоны, согласования полей.

In this article have been written possibility of using of distribution meteoelements fields construction for maintenance, as alternatives of a method of a continuous zone which is used at meteorological maintenance of fighting application of rocket forces and artillery is considered.

Key words: a method of distribution meteoelements field construction, a method of a continuous zone, the fields coordination.