

УДК 623.4.022

Юрій Іванович Козаков
Олександр Васильович Майстренко

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ МЕТЕОРОЛОГІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ

Аналіз сучасних збройних конфліктів [1—3] свідчить про тенденцію зростання площі проведення операцій. Звичайно означена тенденція вимагає або кількісного збільшення сил і засобів або якісної зміни підходів щодо використання уже існуючих. Означене в повній мірі стосується сил та засобів вогневого ураження противника, а саме ракетних військ і артилерії. Якісна зміна підходів щодо використання сил і засобів РВіА, в основному, полягає в підвищенні точності ВУП. На жаль використання високоточної зброї, враховуючи її вартість, не завжди є доцільним. Тому необхідно підвищувати точність за рахунок більш строгого врахування чинників, які впливають на неї. Одним із таких чинників є метеорологічні умови. Зважаючи на кількість сил і засобів метеорологічного забезпечення бойового застосування РВіА необхідно зауважити, що із збільшенням площі операції зменшується можливість проведення визначення метеорологічних умов з заданою точністю. З огляду на означене виникає невідповідність між площею проведення операції та площею на якій можливе проведення визначення метеорологічних умов з заданою точністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [4—9] свідчить, що єдиним шляхом вирішення наведеної невідповідності є удосконалення науково-методичного апарату, який дозволить врахувати тенденції сучасних збройних конфліктів. На даний час, як свідчить аналіз [4, 7, 8] науково-методичний апарат ґрунтується на методи серединних помилок [7, 8], суть якого полягає у послідовному визначенні джерел помилок та їх числових значень. Даний метод оцінки точності має певні недоліки. Основними з яких є: відсутність узагальненого показника оцінки точності визначення величин метеоелементів,

який би на відміну від існуючого залежав від конкретних умов метеорологічного забезпечення бойового застосування РВіА; неврахування великомасштабної турбулентності атмосфери і процесів безперервної зміни і перетворення енергії рухомих неоднорідних повітряних мас; неможливість оцінки точності визначення величин метеоелементів на сукупності метеостанцій; неможливість використання даного методу при зміні методу отримання та обробки величин метеорологічних елементів.

Наведені недоліки обумовлюють невідповідність отриманих результатів оцінки точності визначення величин метеоелементів за допомогою існуючих підходів їх реальним значенням.

Усунути наведену невідповідність можливо шляхом переходу від визначення характеристик окремої метеорологічної величини на окремому пункті зондування (ОПЗ) до визначення імовірності отримання метеорологічної величин які потраплять в заданий інтервал для всієї сукупності ОПЗ [9].

Водночас, невирішеною раніше частиною загального питання підвищення точності визначення величин метеорологічних елементів залишається відсутність такого методу оцінки точності, який би на відміну від існуючого передбачав врахування особливостей метеозабезпечення бойового застосування РВіА, 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, необхідність врахування великої кількості різноманітних метеорологічних елементів [2].

Тому, метою даної статті є викладення удосконаленої методики оцінки точності визначення величини метеорологічних еле-

ментів, яка ґрунтується на методі визначеного інтервалу.

Як відомо з теорії ймовірностей, теореми додавання ймовірностей і теореми множення ймовірностей є частковим випадком формули повної ймовірності події. Теорема множення ймовірностей дає можливість визначити ймовірність спільної появи двох чи декількох подій, що відбуваються у визначеній послідовності.

У даному ж випадку приймається до розгляду ймовірність отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал, за умови, що мало місце проведення вимірів величин метеорологічних елементів в деяких рельєфно-кліматичних зонах. В РВіА при метеорологічному забезпеченні приймається три типи рельєфно-кліматичних зон — рівнина, морське узбережжя та гори [5]. Зона дії бюлетеня для різних рельєфно-кліматичних зон буде різною, відповідно ймовірність отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал при однаковій відстані від метеостанції для різних рельєфно-кліматичних зон буде різною. Ймовірність отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал, що може відбутися тільки при одній з декількох умов: H_1 (робота метеорологічної станції на рівнинній місцевості), H_2 (робота метеорологічної станції в умовах морського узбережжя), H_3 (робота метеорологічної станції в горах) — утворюють повну групу подій і гіпотез.

Для отримання ймовірностей гіпотез $P(H_n)$ можливо застосувати геометричний метод визначення ймовірності (1). Суть даного методу ґрунтується на тому, що знаходження ОПЗ у певній рельєфно-кліматичній зоні є подією рівноймовірною. Припускаючи, що ймовірність знаходження метеостанції в будь-якій точці операційної зони $P(H_n)$ є рівною для будь-якої точки, можливо стверджувати що ймовірність тої чи іншої гіпотези визначається, як відношення площі відповідної рельєфно-кліматичної зони до загальної площі операційної зони:

$$P(H_n) = \frac{S_n}{S_{\text{заг}}}, \quad (1)$$

де S_n — площа відповідної (n) рельєфно-кліматичної зони, км²;

$S_{\text{заг}}$ — загальна площа операційної зони, км²;

n — кількість рельєфно-кліматичних зон.

Окрім цього, для визначення повної ймовірності отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал необхідно визначити ймовірність отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал у певній рельєфно-кліматичній зоні $P(H_iA)$. Для визначення означеної ймовірності необхідно визначити чинники які на неї впливають. Такими чинниками, як свідчить аналіз

джерела помилок визначення величин метеорологічних елементів (метеорологічних умов стрільби), зокрема помилки на момент складання метеобюлетеня, що включають в себе інструментальні та методичні; помилки внаслідок мінливості величин метеорологічних елементів з плином часу; помилки внаслідок мінливості величин метеорологічних елементів з відстанню від метеостанції до району вогневих позицій.

Як встановлено дослідженнями [4, 7, 8] помилки визначення величин метеорологічних елементів на момент складання метеобюлетеня характеризуються наступними середніми відхиленнями: для відхилення наземного тиску $E_b(\delta H) = 1,3$ мм рт. ст.; для балістичного відхилення температури повітря $E_b(\delta \Delta T) = 0,8^\circ$; для продольної та бокової складової балістичного вітру $E_b(\delta W_x) = E_b(\delta W_y) = 1,0$ м/сек.

Аналіз досліджень і публікацій [4, 5] свідчить, що помилки внаслідок мінливості метеорологічних умов з плином часу Δt , що пройшов з моменту складання метеобюлетеня до моменту початку стрільби, зростають пропорційно кореню квадратному із цього проміжку часу (2...4). Відповідно, для відхилення наземного тиску атмосфери дані помилки характеризуються середнім відхиленням $E_t(\Delta H)$ [5]:

$$E_t(\Delta H) = 0,65\sqrt{\Delta t}, \quad (2)$$

де 0,65 — середнє відхилення, що характеризує мінливість тиску за 1 год., мм рт. ст.; Δt — час з моменту складання метеобюлетеня до моменту початку стрільби, год.

Аналогічно визначення проведені для балістичного відхилення температури $E_b(\Delta T)$ і складових балістичного вітру $E_b(\delta W_x)$, $E_b(\delta W_y)$ [5]:

$$E_t(\Delta T) = 0,7\sqrt{\Delta t}, \quad (3)$$

де 0,7 — середнє відхилення, що характеризує мінливість температури за 1 год., °С.

$$E_t(\Delta W_x) = E_t(\Delta W_y) = 0,85\sqrt{\Delta t}, \quad (4)$$

де 0,85 — середнє відхилення, що характеризує мінливість складових балістичного вітру за 1 год., м/с.

Значення характеристик мінливості за 1 год балістичного відхилення температури повітря $0,7^\circ$ і складових балістичного вітру $0,85$ м/с відповідають висоті траєкторії біля 1 км.

Як свідчить аналіз досліджень [9, 10], помилки внаслідок мінливості величин метеорологічних елементів з відстанню, від метеостанції до району вогневих позицій з відстанню збільшуються. Під час проведення розрахунків середніх відхилень, що характеризують точність визначення балістичного відхилення температури та складових балістичного вітру прийнято рахувати віддалення 25 км еквівалентним збільшенню часу на 1 год, що дає можливість спростити розра-

хунки внаслідок врахування умовного часу старіння (Δt_0) [5]:

$$\Delta t_y = \Delta t + \frac{d}{a}, \quad (5)$$

де d — віддалення метеостанції від вогневої позиції, км;

a — коефіцієнт, який характеризує швидкість зміни метеорологічних умов з плином часу, км/год.

Коефіцієнт a , як свідчить аналіз досліджень є рівним — для рівнинної місцевості 25 км/год, для узбережжя, внаслідок бризової циркуляції повітря 20 км/год, гірська місцевість — 10 км/год.

Отже, сумарні помилки визначення величин метеорологічних елементів з врахуванням умовного часу старіння (5), характеризуються серединними відхиленнями:

$$E(\delta\Delta L) = \sqrt{E_s^2(\delta\Delta L) + E_t^2(\Delta L)}, \quad (6)$$

де $E_t(\Delta L)$ — серединне відхилення величини певного метеорологічного елемента внаслідок мінливості метеорологічних умов з плином часу та відстанню (умовним часом старіння), розмірність відповідно до метеорологічного елемента.

Відомо, що серединна помилка як характеристика розсіювання знаходиться у прямій залежності від середньоквадратичного відхилення [4, 5]. Дана залежність має вигляд

$$E_L = 0,674\delta_L, \quad (7)$$

де E_L — серединна помилка визначення величини метеорологічного елемента;

δ_L — середньоквадратичне відхилення визначення величини метеорологічного елемента.

Окрім того, приймаючи до уваги, що щільність розподілу помилок навколо їх середнього значення приймається як така, що підпорядковується нормальному закону розподілу випадкової величини; задачею визначення імовірності отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал є задача визначення імовірності попадання нормально розподіленої випадкової величини на відрізок b , симетричній відносно центру розсіювання m , а самі серединні помилки по своїй суті як слідує із (7) складають 67,4% від середньоквадратичного відхилення δ , то можливо, застосовуючи нормальну функцію розподілу Φ^* , для симетричного відносно відрізка [10, 11], визначити імовірність отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал, з допомогою залежності:

$$\begin{aligned} P(H_i, A) &= P(|x - m| < b) = \\ &= \Phi^*\left(\frac{0,674b}{E_i}\right) - \Phi^*\left(-\frac{0,674b}{E_i}\right) =, \quad (8) \\ &= 2\Phi^*\left(\frac{0,674b}{E_i}\right) - 1 \end{aligned}$$

де x — точка на відрізку $b...2b$, розмірність в залежності від метеорологічного елемента;

E_i — сумарні серединні помилки визначення величин метеорологічних елементів, розмірність в залежності від метеорологічного елемента;

Змінюючи значення заданого відхилення величини метеорологічного елемента від його істинного значення можливо визначити залежність імовірності отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал визначення величини метеорологічного елемента від умов рельєфно-кліматичної зони.

Приймаючи до уваги, що метеорологічні станції які об'єднані в загальну систему [4, 5], за рахунок проведення лінійної інтерполяції (екстраполяції), проводять визначення величин метеорологічних елементів з точністю, яка залежить від рівня централізації, тому помилки внаслідок мінливості величин метеорологічних елементів з відстанню від метеостанції до району вогневих позицій зменшуються у зворотній квадратичній пропорційності до кількості метеостанцій об'єднаних в загальну систему [10, 11].

В загальному вигляді підвищення точності за рахунок зменшення загальних серединних помилок характеризується залежністю:

$$E^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (E_s(\delta\Delta L)_i + E_t(\Delta L)_i)^2}{k^2}}, \quad (9)$$

де k — загальна кількість метеостанцій, які залучаються до метеорологічного забезпечення, шт.;

L — деякий метеорологічний елемент, розмірність в залежності від метеорологічного елемента.

Відповідно залежність (8) враховуючи (9) приймає вигляд

$$P^*(A_L) = \sum_{i=1}^k \left[\left(2\Phi^*\left(\frac{0,674b}{E_i^*}\right) - 1 \right) P(H_i) \right], \quad (10)$$

Аналіз рис. 1 свідчить, що в разі об'єднання метеостанцій в загальну систему метеорологічного забезпечення бойового застосування РВіА, імовірність отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал збільшиться. При об'єднанні трьох метеостанцій в загальну систему імовірність отримання величини метеорологічного елемента, що потрапляє в деякий заданий інтервал зростає на 17—20%; при об'єднанні 5 метеостанцій на 28—32%; при об'єднанні 10 метеостанцій на 43—46%.

Отже, імовірність отримання одної з трьох прийнятих до розгляду величин метеорологічних елементів, що потрапляє в деякий заданий інтервал характеризує залежність (10), в той же час, характеристики випадкової події отримання величин метеорологічних елементів, що потрапляє в деякий заданий інтервал дають можливість застосувати фор-

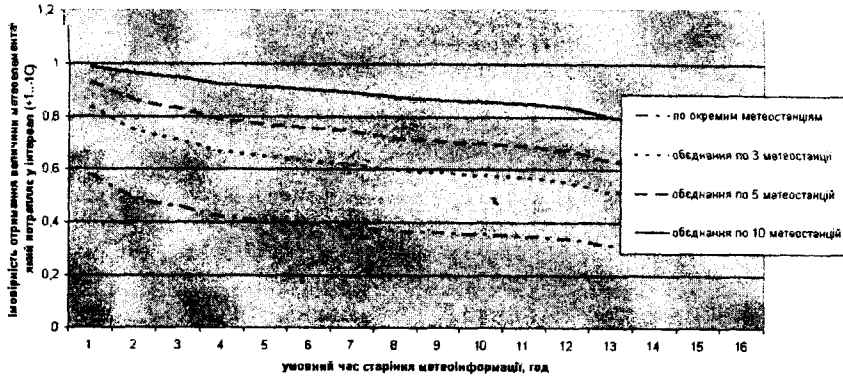


Рис. 1. Графік залежності ймовірності отримання величини температури повітря, що потрапляє в інтервал (+1...-1°С) від умовного часу старіння

мулу множення ймовірностей [10] для визначення ймовірності отримання сукупності величин метеорологічних елементів.

$$P^*(A_{\text{заяг}}) = P^*(A_T)P^*(A_H)P^*(A_w), \quad (11)$$

Водночас залежність (11) характеризує точність лише у статистиці, тобто у деякий визначений момент часу та не залежить від того з якою точністю були визначені метеоеlementи перед цим. До того ж подією яка більш точно характеризує точність отримання величин метеоеlementів є отримання точної метеоінформації підрозділами РВіА, яка описує кінцевий етап використання метеоінформації.

Отже для характеристики означеної події визначено показник — ймовірність отримання метеорологічної інформації споживачами з заданою точністю $P^*(t)$. Для його визначення необхідно визначити яка кількість метеоінформації (заявок) потрібна підрозділам і частинам РВіА (споживачам) в одиницю часу, іншими словами інтенсивність потоку заявок λ . Аналіз нормативних та методичних джерел свідчить, що через залежність інтенсивності та щільності потоку заявок, в основному, від кількості споживачів вони не змінюється з часом. Тому можливо припустити, що потік заявок є стаціонарним. Також враховуючи, що кількість заявок отриманих за попередній інтервал часу не впливає на кількість заявок в послідовний інтервал часу, а саме потік заявок є потоком без післядії.

Отже, враховуючи наведене, можливо зробити висновок, що потік заявок є найпростішим потоком. Тому формульна залежність для визначення проказника має вигляд (12).

$$P^*(t) = 1 - e^{-\lambda P^* t}, \quad (12)$$

Враховуючи означене, можливо визначити складові удосконаленої методики оцінки точності визначення величин метеоеlementів.

Основними блоками означеної методики є блок вхідних даних, блок визначення ймовірності знаходження ОПЗ у певній рельєфно-кліматичній зоні, блок визначення ймовірності отримання величини певного метеоеlementa у певній рельєфно-кліматичній зоні, блоки визначення ймовірності отримання ве-

личини метеоеlementa, який потрапляє в заданий інтервал (по атмосферному тиску, температурі повітря, балістичним складовим вітру), блок визначення ймовірності отримання сукупності величин метеорологічних елементів, блок визначення ймовірності отримання сукупності величин метеорологічних елементів, які потрапляють в довірчий інтервал до визначеного часу.

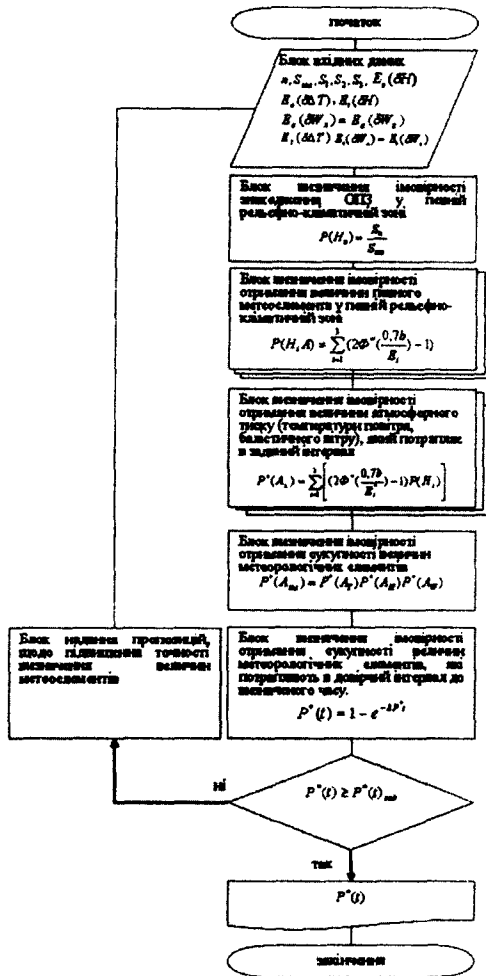


Рис. 2. Блок-схема удосконаленої методики оцінки точності визначення величин метеорологічних елементів.

Отже, в даній статті наведена удосконалена методика оцінки точності визначення величин метеорологічних елементів при метеорологічному забезпеченні бойового застосування ракетних військ і артилерії, яка ґрунтується на методі визначеного інтервалу. Означена методика на відміну від існуючої дозволяє врахувати додатково особливості операції угруповання ОСШР, можливість оцінки системи метеорологічного забезпечення змінного складу, взаємозв'язок з умовами проведення конкретної операції (бою), можливість надання рекомендацій по кожній окремій ситуації.

Аналіз отриманих за допомогою цієї методики результатів дає можливість підвищити точність визначення величин метеорологічних елементів, оптимізувати ресурс сил та засобів метеорологічного забезпечення для кожної окремої ситуації, підвищити гнучкість системи метеозабезпечення бойових дій РВ і А.

Перспективами подальших досліджень 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.

В статье предложена усовершенствованная методика оценки точности определения величин метеорологических элементов при метеорологическом обеспечении боевого применения РВ и А, которая основывается на методе определенного интервала и в отличие от существующей учитывает дополнительные факторы и позволяет оценить точность по совокупности отдельных пунктов зондирования.

Ключевые слова: ракетные войска и артиллерия, боевое применение ракетных войск и артиллерии, метеорологическое обеспечение, формула полной вероятности, поток заявок.

Література

1. Военное искусство в локальных войнах после второй мировой войны : навч. посібник. — К. : НАОУ, 2000. — 168 с.
2. Репіло Ю. С. Бойове застосування ракетних військ і артилерії: досвід, реальність і перспективи / Ю. С. Репіло. — К. : НАОУ, 2006. — 280 с.
3. Валецкий О. В. Новая стратегия США и НАТО в войнах в Югославии, Ираке, Афганистане и ее влияние на развитие зарубежных систем вооружения и боеприпасов / О. В. Валецкий. — М. : Арктика 4Д, 2008. — 344 с.
4. Біла книга 2009. — К. : Вид-во Міністерства оборони України, 2009. — 100 с.
5. Кудряшов А. Н. О методах контроля качества гидрометеорологических наблюдений / А. Н. Кудряшов // Метеорология и гидрология. — 2001. — № 11. — С. 22—26.
6. Стужук П. І. Гідрометеорологічне забезпечення бойових дій ракетних військ і артилерії / П. І. Стужук, В. В. Малій. — К. : Друкарня АЗСУ, 1998. — 108 с.
7. Сірий Д. Т. Метеорологічне забезпечення авіації Збройних сил України / Д. Т. Сірий, В. А. Савченко. — К. : НАОУ, 2002. — 154 с.
8. Савкін Л. С. Метеорология и стрельба артиллерии / Л. С. Савкін, Б. Д. Лебедев. — М. : Военное изд. Министерства обороны, 1974. — 143 с.
9. Шевкунов В. І. Метеорологическая подготовка стрельбы артиллерии / В. І. Шевкунов, В. В. Коваленко. — Л. : изд. ВАОЛКА, 1975. — 84 с.
10. Городецкий О. А. Наблюдения на гидрометеорологической сети СССР. Определение понятий и оценка точности гидрометеорологических наблюдений / О. А. Городецкий. — Л. : Гидрометеоиздат, 1970. — 91 с.
11. Перосьянц М. А. О составе, точности и пространственно-временном разрешении информации, необходимой для гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства и службы гидрометеорологических прогнозов / М. А. Перосьянц, В. Д. Решетова. — Л. : Гидрометеоиздат, 1975. — 220 с.
12. Новицький П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицький, І. А. Зограф. — Л. : Енергоатомиздат, 1991. — 304 с.

An improved method of estimation of determination accuracy of the meteorological elements' value with meteorological support of battle deployment of MT&A, which is based on the method of certain interval is proposed in the article; unlike existing methods it takes into account additional factors and allows to estimate accuracy for the aggregate of items of sounding.

Key words: missile troops and artillery (MT&A), battle deployment of missile troops and artillery, meteorological support, formula of complete probability, arrivals.