

УДК 355.351:623.555

П.Є. Трофименко, В.І. Макєєв, А.Ф. Раскошний

Сумський державний університет, Суми

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ УРАХУВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРІ СТРІЛЬБІ НА ВЕЛИКІ ДАЛЬНОСТІ

У статті проведена оцінка точності урахування метеорологічних факторів при стрільбі артилерії на великі дальності, досліджені умови забезпечення повної підготовки стрільби, наведено приклад розрахунку серединних помилок у дальності і напрямку для конкретних артилерійських систем.

Ключові слова: метеорологічні фактори, оцінка точності, урахування метеорологічних факторів, серединне відхилення, розрахунок серединних помилок, метеобюлетень.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури.

Метеорологічна підготовка стрільби є складовою комплексу заходів, направлених на ефективне виконання артилерією вогневих завдань. Не урахування метеорологічних умов перед стрільбою призводить до суттєвого збільшення витрати боєприпасів, часу виконання завдань і, як результат – зменшення ступеню ураження цілей (об'єктів) противника [1, 3].

Метеорологічна підготовка стрільби артилерії полягає у визначенні відхилень від табличних: температури і вологості повітря, тиску атмосфери, напрямку і швидкості вітру.

Артилерійські частини і підрозділи отримують метеорологічні дані, які необхідні для підготовки стрільби, від метеорологічних підрозділів РВіА – артилерійських метеорологічних станцій і метеорологічних постів. Метеорологічні станції здійснюють наземні метеорологічні спостереження і комплексне температурно-вітрове зондування атмосфери. Результати вимірювань передаються в артилерійські частини і підрозділи у вигляді спеціальних шифрованих телеграм-метеорологічних бюлетенів „метеосередній”. Метеорологічні пости артилерійських підрозділів здійснюють наземні метеорологічні вимірювання, а деякі із постів і вітрове зондування атмосфери у нижніх її шарах [2, 4, 6].

Важливим завданням дослідження і проблемою метеорологічної підготовки стрільби є своєчасне визначення серединних відхилень метеорологічних факторів, які характеризують точність виміру температури повітря, його напрямку і швидкості, а також наземного тиску атмосфери

У роботі [6] достатньо повно досліджені питання урахування впливу параметрів атмосфери на політ артилерійських снарядів. Разом з тим, на наш погляд, необхідно продовжувати досліджувати метеорологічні фактори, від точності визначення яких залежить ефективність стрільби артилерії.

Метою статті є оцінка точності урахування відхилень від табличних наземного тиску атмосфери,

температури повітря, швидкості і напрямку вітру при підготовці даних для стрільби артилерії на великі дальності.

Основна частина

Необхідною умовою повної підготовки є надійне метеорологічне забезпечення стрільби артилерії. Помилки, які виникають у результаті зміни метеорологічних умов з плином часу Δt , який пройшов з моменту складання метеорологічного бюлетеня до моменту стрільби, збільшуються пропорційно кореню квадратному величини значення цього часу.

Для визначення відхилення наземного тиску атмосфери ці помилки характеризуються серединними помилками:

$$E_{ty}[\Delta H] = 0,65 \sqrt{\Delta t}, \quad (1)$$

де $E_{ty}[\Delta H]$ – серединне відхилення наземного тиску атмосфери; 0,65 мм.рт.ст. – серединне відхилення характеристики зміни тиску за 1 годину; Δt – час з моменту складання метеорологічного бюлетеня до моменту стрільби в годинах.

Аналогічно визначаються відхилення для балістичної температури і складових балістичного вітру за формулами:

$$E_{ty}[\Delta T] = 0,7 \sqrt{\Delta t}; \quad (2)$$

$$E_{ty}[W_x] = E_t[W_z] = 0,85 \sqrt{\Delta t}, \quad (3)$$

де $E_{ty}[\Delta T]$ – серединне відхилення температури повітря; $E_{ty}[W_x]$ – серединне відхилення швидкості вітру.

Значення характеристик зміни за 1 годину балістичного відхилення температури повітря 0,7°C та складових балістичного вітру 0,85 м/с відповідають висоті траєкторії близько 1км [3, 4].

На абсолютну величину помилок визначення метеорологічних умов стрільби головним чином впливає віддалення метеостанції від району використання бюлетеню d . Іншими словами: зростання відстані d неминуче призводить до збільшення помилок на метеорологічні умови підготовки даних для стрільби.

При визначенні серединних відхилень, які характеризують точність балістичного відхилення температури повітря – ΔT , та складових балістичного вітру W_x , W_z , можна вважати відстань 25 км, яка відповідає збільшенню часу на 1 годину (це доведено застосуванням метеостанцій в практиці бойової підготовки РВіА) [3]. Таким чином, виходячи з цього ми можемо визначити умовний час старіння бюлетеня «метеосередній» по залежності:

$$\Delta t_y = \Delta t + \frac{d}{25}. \quad (4)$$

Стосовно визначення серединних відхилень, які характеризують наземне відхилення тиску атмосфери практикою бойової підготовки РВіА [3] доведено, що відстань у 50км відповідає збільшенню часу на 1 годину. Отже, при вимірюванні наземного відхилення тиску атмосфери можна скористатися залежністю:

$$\Delta t_y = \Delta t + \frac{d}{50} \quad (5)$$

Тоді сумарні помилки визначення метеорологічних факторів можна характеризувати серединними відхиленнями:

$$E[\delta \Delta H] = \sqrt{E_{\text{оп}}^2[\delta \Delta H] + E_{\text{ty}}^2[\Delta H]}; \quad (6)$$

$$E[\delta \Delta T] = \sqrt{E_{\text{оп}}^2[\delta \Delta T] + E_{\text{ty}}^2[\Delta T]}; \quad (7)$$

$$E[\delta W_x] = E[\delta W_z] = \sqrt{E_{\text{оп}}^2[\delta W] + E_{\text{ty}}^2[W]}. \quad (8)$$

Розрахунки серединних відхилень по залежностях (6), (7), (8) показують, що помилки метеорологічної підготовки помітно зростають із збільшенням відносного часу старіння бюлетеню, зокрема, при $\Delta t_y = 4$ год, вони приблизно в 2 рази більші, ніж при $\Delta t_y = 0$. Ось чому необхідно прагнути зменшити віддалення метеостанції від району використання бюлетеню – d та складати метеобюлетені з часом після останнього зондування атмосфери до 4 год ($\Delta t_y < 4$ год).

З використанням станцій АРМС-1. зондування атмосфери виконують до висоти 30км, за 70 – 80хв. Таким чином кожна метеорологічна станція може здійснювати зондування атмосфери до повної висоти не частіше ніж через кожні 2 години. За результатами вимірів метеорологічних факторів складається бюлетень “метеосередній” який доводиться до дивізіонів та батарей.

Для забезпечення необхідної для повної підготовки точності урахування метеорологічних умов стрільби необхідно щоб граничне значення умовного часу Δt_y з моменту зондування атмосфери до початку стрільби не перевищувало 4 год. Зрозуміло, що чим цей час буде менший тим більша буде точ-

ність визначення та урахування метеорологічних умов стрільби.

Скористаємось формулою (4) для визначення фактичного часу придатності бюлетеню «метеосередній» для умов, коли метеостанція знаходиться на відстані 50км від вогневих позицій артилерії. Тоді:

$$\Delta t = \Delta t_y - \frac{d}{25} = 4 - \frac{50}{25} = 2 \text{ год}. \quad (9)$$

В умовах швидкоплинності ведення бойових дій і необхідності ведення точного вогню завдання по визначенню поправок на метеорологічні відхилення в артилерійських підрозділах покладаються на метеорологічні пости.

Метеорологічні пости мають десантний метеокомплект (ДМК), який є в кожному дивізіоні. З використанням ДМК можна вимірювати тільки наземні значення метеорологічних факторів (тиск атмосфери, температуру повітря, швидкість та напрям вітру) на висоті: 100 – 200 м [1, 3].

Метеопост, як правило, розміщується у середній частині району вогневих позицій дивізіону. Результати його вимірів зазвичай використовуються підрозділами штатного дивізіону для складання наблизених бюлетенів. За даними таких бюлетенів розраховують установки для стрільби способом повної підготовки, коли висота траєкторії (а точніше, висота входження у бюлетень) не перевищує 800 м. До цього слід зазначити, що в [1], записано: «установки для стрільби способом повної підготовки можуть бути якщо метеорологічні умови стрільби, визначені по бюлетеню «метеосередній», з давністю не більше 3 годин (фактичний час придатності) або по наблизеному бюлетеню «метеосередній», який оснащено СВЗ з давністю не більше 1 години, при висоті входу в бюлетень до 3000м, а який оснащено ДМК з давністю не більше 1 години, при висоті входу в бюлетень не більше 800 м».

Розглянемо можливості застосування наблизених бюлетенів при підготовці даних способом повної підготовки для стрільби артилерійських і реактивних систем на великі дальності (більше 10000 м).

Елементарно знаходимо з Таблиць стрільби, що при стрільбі на такі дальності висота траєкторії може складати більше 5000 м. Тобто використання складених за даними метеорологічних постів, які оснащені СВЗ або ДМК, наблизених бюлетенів «метеосередній» при стрільбі на великі дальності стає неможливим.

З прийняттям на озброєння артилерійських систем з великими дальностями стрільби (152-мм СП 2С5 $D_{\text{max}} > 30$ км; 203,2-мм СП 2С7 D_{max} – близько 50км;), реактивних систем залпового вогню («Ураган» D_{max} – близько 40км, «Смерч» D_{max} – близько 70км.) віддалення району використання бюлетеню від метеорологічної станції може складати до 120км, (рис. 1).

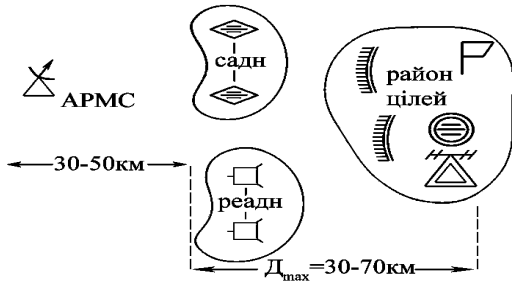


Рис. 1. Схема віддалення метеостанцій від району вогневих позицій та району цілей

На підставі проведених розрахунків за формулами (6) – (9) на рис. 2 показані граничні терміни придатності метеорологічних бюлетенів «метеосередній», залежно віддаленню метеорологічної станції від району використання даних бюлетеню для відкритої та середньо пересіченої місцевості.

Аналіз графіка (рис. 2) показує що при віддаленні метеостанції від району більше 75 км. використання даних бюлетеню є недоцільним.

Для оцінки впливу метеорологічних факторів на політ снаряду при стрільбі для різних артилерійських систем необхідно розрахувати серединні

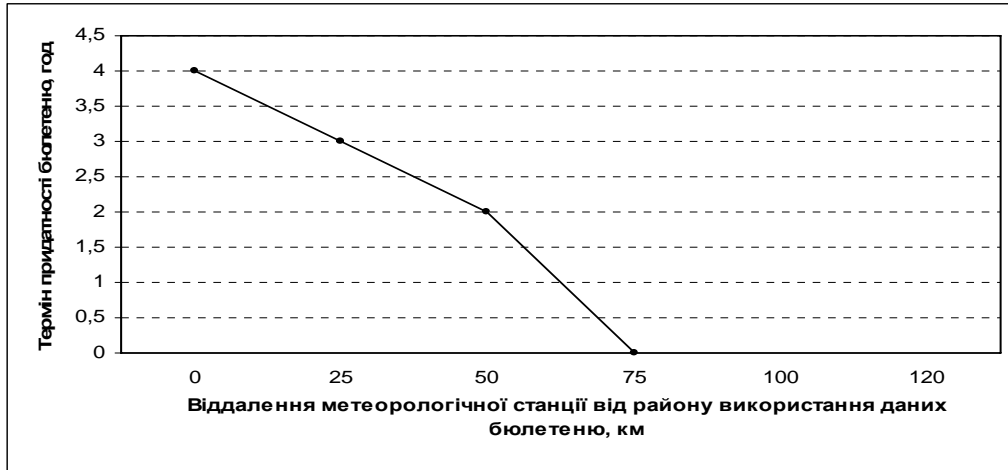


Рис. 2. Графік придатності метеорологічних бюлетенів

помилки в дальності (E_{xy}) та напрямку (E_{zy}) при визначенні установок способом повної підготовки.

Із [2, 4] відомо:

$$E_{Xy}^2 = E_{Xц}^2 + E_{XГТ}^2 + E_{XБ}^2 + E_{XМ}^2 + E_{XТЕХ}^2 + E_{XСР}^2 + E_{XТС}^2; \quad (10)$$

$$E_{Zy}^2 = E_{Zц}^2 + E_{ZГТ}^2 + E_{ZМ}^2 + E_{ZТЕХ}^2 + E_{ZСР}^2 + E_{ZТС}^2, \quad (11)$$

де $E_{Xц}$, $E_{XГТ}$, $E_{XБ}$, $E_{XМ}$, $E_{XТЕХ}$, $E_{XСР}$, $E_{XТС}$ – серединні помилки у дальність на похибки: положення цілі; топогеодезичної привязки ВП; балістичної, метеорологічної, технічної підготовки; розрахунків даних для стрільби; Таблиць стрільби; $E_{Zц}$, $E_{ZГТ}$, $E_{ZМ}$, $E_{ZТЕХ}$, $E_{ZСР}$, $E_{ZТС}$ – серединні помилки у напрямок на на похибки: положення цілі; топогеодезичної привязки ВП; метеорологічної, технічної підготовки; розрахунків даних для стрільби; Таблиць стрільби.

На прикладі конкретних умов стрільби двох батарей (152-мм СГ 2С3 М і СП 2С5) проведемо розрахунок серединних помилок E_{xy} , E_{zy} .

Отже: стрільба ведеться батареями у складі шести гармат на повному заряді для: батареї 152-мм СГ 2С3 М., на дальності 10, 14, 17км, снарядом ОФ-540, а для батареї 152-мм СП 2С5 снарядом ОФ-29 на дальності: 15, 20, 28 км.

Топогеодезична прив'язка вогневих позицій виконана за допомогою топопривязчика із серединною помилкою визначення координат $E_{\delta} = 20$ м; нахил місцевості в районі вогневої позиції (ВП) $2^{\circ} - 3^{\circ}$; $E_{\delta h\delta} = 3$ м. Орієнтування гармат на ВП виконано за допомогою ПАБ-2А астрономічним способом, серединна помилка орієнтування гармат $E_{op} = 0-02$ (дві поділки кутоміра). Сумарне відхилення початкової швидкості для основної гармати батареї визначено пострілом контрольної гармати дивізіону за допомогою АБС за формулою: $E_{\Delta V_{0_{сум}}} = 0,4\% \cdot V_0$.

Давність складання метеорологічного бюлетеню «метеосередній» – 2 год, а віддалення ВП від метеостанції 20 км, тоді: серединна помилка виміру температури повітря буде становити $E_{\delta\Delta T} = 1,5^{\circ}$, серединна помилка визначення складових швидкості вітру $E_{\delta W_x} = E_{\delta W_z} = 1,7\%$, а серединна помилка визначення атмосферного тиску $E_{\delta\Delta H} = 2$ мм. рт. ст. [3, 4].

Положення цілей засічено повітряною розвідкою з використанням аерознімку, $E_{ц} = 30$ м, нахил місцевості в районі цілі $3^{\circ} - 5^{\circ}$, тоді $E_{\delta hц} = 3$ м [3, 4].

Температура заряду визначалась за допомогою батарейного термометру ТБ-15, серединна помилка

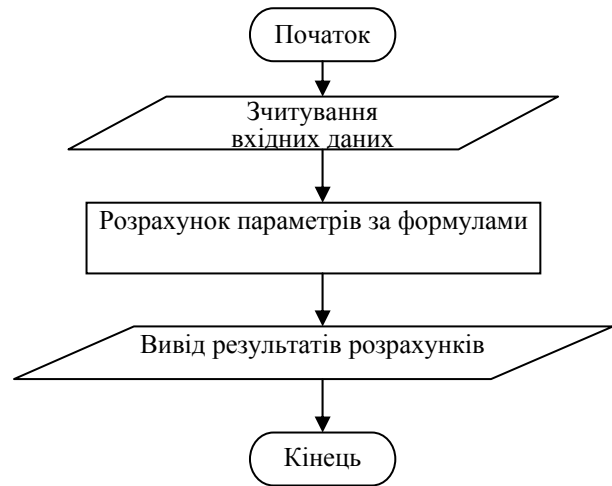
визначення температури заряду $E_{\Delta T_3} = 1,5^0 C$ [3]. Технічна підготовка приладів та гармат в батареї проведена, при цьому:

серединна помилка $E_{\Delta \varphi} = 1$ тис;

серединна помилка визначення $E_{\beta} = 0,7$ поділок кутоміру [3].

Із таблиць стрільби для повного заряду і відповідних дальностей випикуємо значення табличних помилок (табл. 1).

Тепер, використовуючи програму, визначаємо (розраховуємо) серединні помилки у дальності E_{xy} і напрям E_{zy} із-за впливу метеорологічних факторів на стрільбу артилерійських батарей (рис. 2).



Таблиця 1

Вхідні дані для розрахунку помилок повної підготовки для 152-мм СГ 2С3 М і 152-мм СГ 2С5М (заряд повний)

Параметри	152-мм СГ 2С3М			152-мм СГ 2С5М		
	10000	14000	17000	15000	20000	28000
E_{α}	30	30	30	30	30	30
$E_{\delta_{\text{шц}}}$	3	3	3	3	3	3
E_{δ}	20	20	20	20	20	20
$E_{\delta_{\text{шд}}}$	3	3	3	3	3	3
$E_{\Delta V_{\text{осум}}}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$E_{\Delta T_3}$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$E_{\delta_{\text{wx}}}$	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
$E_{\delta_{\text{wz}}}$	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
$E_{\delta_{\Delta T}}$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$E_{\delta_{\Delta H}}$	2	2	2	2	2	2
$E_{\delta_{\Delta \varphi}}$	1	1	1	1	1	1
E_{β}	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
$E_{\text{оп}}$	2	2	2	2	2	2
Z	5	10	21	5	11	32
ΔZ_{w}	9	12	16	7	10	16
ΔX_{w}	146	304	462	159	308	656
ΔX_{H}	56	83	113	100	156	272
ΔX_{T}	128	224	282	195	292	324
ΔX_{T_3}	202	241	284	151	186	299
ΔE_{V_0}	126	151	178	188	232	374
Θ_{C}	22	38°	56°	19°	37	64
$\Delta X_{\text{ТИС}}$	24	16	4,9	43	28	7,4

Аналіз проведених розрахунків дозволяє зробити наступні висновки:

При виконанні всіх вимог до повної підготовки під час визначення установок для стрільби [1], за умов, коли метеорологічні бюлетені «метеосередній» надходять кожні 2 години, а віддалення району вогневих позицій від метеорологічної станції не перевищує 20 км, точність повної підготовки буде складати: за дальністю 0,9 – 1% Д; за напрямом 4 – 5 поділки кутоміру.

За таких умов можуть бути досягнутими потрібні рівні показників ефективності при ураженні різних цілей ($P = 70-90\%$ – ймовірність знищення окремих цілей; $M = 30\%$ – математичне сподівання

числа уражених цілей при її подавленні) [4, 5].

При стрільбі на великі дальності (більше 10000м) у випадку нерегулярного надходження в артилерійські підрозділи бюлетенів «метеосередній» серединні помилки повної підготовки будуть складати: за дальністю $E_{xy}=1,5-2,5\%Д$; за напрямом $E_{zy}=6-14$ поділок кутоміру (табл. 2).

Це означає, що за таких умов проведення повної підготовки центр розсіювання снарядів буде в 1,5 – 2 рази більше відхилитися від центра цілі, що виключає можливість ураження цілей без проведення пристрілки.

Серединні помилки E_{xy} , E_{yz} при стрільбі на різні дальності наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Серединні помилки в дальності E_{xy} та напрямку E_{yz}
при проведенні метеорологічної підготовки з різною точністю

Дальність стрільби, км Серединні помилки	10	20	30	40	50
$E_{xy}=1,5\%Д$	150	300	450	600	750
$E_{xy}=2\%Д$	200	400	600	800	1000
$E_{xy}=2,5\%Д$	250	500	750	1000	1250
$E_{yz}=6$ тис	60	120	180	240	300
$E_{yz}=14$ тис	140	280	420	560	700

З даних табл. 2 видно, що в 50 випадках із 100 центр розсіювання снарядів відхилиться від центру цілі по дальності 150 – 1250 м, за напрямом 60 – 700 м. залежно від величин серединних помилок. За таких обставин необхідний ступінь ураження цілі не буде досягнутий навіть при стрільбі на трьох установах прицілу і двох установах кутотіру при використанні заданої кількості снарядів на ціль.

Висновки

Таким чином, слід зазначити, що існуючі методи і засоби проведення метеорологічної підготовки стрільби артилерії на дальності більше 10000м не в повній мірі відповідають вимогам повної підготовки. За таких умов для досягнення необхідного ступеня ураження цілей (об'єктів) противника необхідно залучати значні матеріальні ресурси і суттєво збільшувати час на виконання вогневих завдань. При веденні швидкоплинних бойових дій на розосереджених напрямках такий стан метеорологічного забезпечення не відповідає сучасним вимогам до організації, всебічного забезпечення і ведення бою.

Це потребує розробки нових засобів метеорологічного забезпечення стрільби артилерії та пошуку ефективних прийомів і способів їх застосування з використанням новітніх методологій і технологій.

Список літератури

1. Правила стрільби і управління вогнем артилерії (групи, дивізіон, батарея. Взвод, гармата). – К.: Воєнвиздат «Варта», 2008. – 254 с.
2. Теорія стрільби наземної артилерії. – Ленінград: ВАА, 1966. – 521 с.
3. Стрельба и управление огнем наземной артиллерии. – М.: Воениздат, 1987. – 440 с.
4. Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии. – М.: Воениздат, 1976. – 345 с.
5. Вероятностные методы оценки эффективности вооружения. – М.: Воениздат, 1979. – 93 с.
6. Дмитрневський А.А. Внешняя бал листика / А.А. Дмитрневський, Л.Н. Лысенко. – М.: Машиностроение, 2005. – 608 с.

Надійшла до редколегії 14.09.2010

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. А.М. Черноус, Сумський державний університет, Суми.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ УЧЕТА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ СТРЕЛЬБЕ НА БОЛЬШИЕ ДАЛЬНОСТИ

П.Е. Трофименко, В.И. Макеев, А.Ф. Раскошный

В статье проведена оценка точности учета метеорологических факторов при стрельбе артиллерии на большие дальности, исследованы условия обеспечения полной подготовки стрельбы, приведен пример расчета средних ошибок в дальности и направления для конкретных артиллерийских систем.

Ключевые слова: метеорологические факторы, оценка точности, учета метеорологические факторов, срединное отклонение, расчет срединных ошибок, метеобюлетень.

ACCURACY ASSESSMENT ACCOUNT METEOROLOGICAL FACTORS FIRING FOR LONG RANGE

P.E. Trophimenko, V.I. Makeev, A.F. Raskochniy

The paper evaluated the accuracy of meteorological factors into account when firing long range artillery, examined the conditions of full training fire. Also it includes an example of calculating the median errors in distance and direction to specific artillery systems.

Keywords: meteorological factors, estimation of exactness, account meteorological factors, middle rejection, calculation of middle errors, meteobulletin.