

УДК 355.5:358.1

С.В. Герасимов¹, С.І. Клівець¹, В.Г. Макаренко², А.О. Подорожняк³¹Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків²Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія³Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ЗОН НЕБЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПУСКІВ РАКЕТ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК, СТРІЛЬБИ АРТИЛЕРІЇ ВЕЛИКОГО КАЛІБРУ НА ПОЛІГОНІ ДНВЦ

Викладено особливості бойових пусків ракетних комплексів Сухопутних військ та стрільби артилерії крупного калібру під час загальновійськових навчань на полігоні Державного науково-випробувального центру Збройних Сил України. Розглянуті основні питання розрахунку зон небезпеки під час пусків ракет і стрільби артилерії. Запропоновано пропозиції щодо удосконалення методики розрахунку небезпечних зон та оцінки безпеки під час загальновійськових навчань із пусками ракет і стрільбою артилерії крупного калібру на полігоні.

Ключові слова: небезпечна зона, захисна зона, полігон, пуски ракет, стрільба артилерії, оцінка безпеки пусків.

Вступ

Постановка проблеми. Організація та проведення спільних навчань військових підрозділів Сухопутних військ (СВ) Збройних Сил (ЗС) України з бойовими стрільбами артилерії, пусками ракет є найбільш ефективною формою досягнення і вдосконалення польового вишколу військ. Навчання бригади (дивізіону) з пусками ракет, стрільбою артилерії проводяться на одному з учбових центрів (полігонів) ЗС України. На полігоні Державного науково-випробувального центру (ДНВЦ) ЗС України пуски ракет ракетних комплексів (РК) та бойові стрільби артилерії крупного калібру проводились під час комплексних командно-штабних навчань "Редут", "Осінь – 98", "Дуель – 99", спільних командно-штабних навчань "Артерія – 2007", стратегічних командно-штабних навчань "Морський вузол – 2008". На бойових полях полігону ДНВЦ проводили ракетні і артилерійські стрільби кораблі, ракетні та реактивні підрозділи військ.

Однак при проведенні навчань іноді трапляються помилки, які можуть привести до трагічних наслідків. Так, при проведенні бойових стрільб на полігоні „Десна” у 1999 році тактична ракета влучила в житловий будинок у місті Бровари; під час проведення бойових стрільб на полігоні „Чауда” у 2001 році зенітна керована ракета замість мішені влучила в цивільний пасажирський літак ТУ-154. Тому актуальним є питання розрахунку зон безпеки під час проведення бойових стрільб.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Окремі питання обґрунтування, організації та здійснення заходів безпеки у ході проведення навчань військ (натурних, дослідних випробувань) з бойовими стрільбами, пусками ракет розглянуті в [1 – 8]. Питання безпеки польотів авіації над територією

полігону регулюються Повітряним кодексом України. Питання безпеки судноплавства в районі полігону регулюються Режимом плавання суден у водах України Чорного та Азовського морів.

В той же час надзвичайно актуальними залишаються задачі аналізу та уточнення факторів та явищ, що несуть небезпеку під час пусків ракет; вивчення причин виникнення небезпечних подій та передумов, що можуть до них привести; обґрунтування заходів безпеки на всіх етапах навчань (випробувань); пошук вузьких місць у системі безпеки заходів з пусками ракет на полігоні, підготовка пропозицій для розв’язання проблемних питань.

Особливо це стосується пусків ракет РК СВ, враховуючи їх дальність дії та бойовий потенціал.

Метою статті є удосконалення методики розрахунку зон небезпеки під час пусків ракет РК СВ і проведення стрільб артилерії великого калібру на прикладі полігону ДНВЦ.

Основна частина

Можливо виділити два підходи до організації та здійснення заходів безпеки під час пусків ракет РК СВ і проведення стрільб артилерії на полігоні:

1) розміри полігону відомі, – необхідно визначити максимальну дозволена дальність пусків ракет та інші обмеження в умовах конкретного полігону, оцінити ступінь безпеки проведення навчань (дослідних робіт) із застосуванням визначеного комплексу озброєння;

2) відомі балістичні та інші технічні параметри ракети РК, – необхідно визначити мінімально необхідні розміри полігону (ділянки місцевості), що дозволяють із заданим рівнем безпеки проводити пуски ракет, та уточнити додаткові обмеження для вибраної схеми полігону.

Для оцінки ступеню безпеки практичних дій військ найбільш поширеним є ймовірнісний підхід. Згідно [1] величина допустимої ймовірності падіння об'єктів хоча б на один населений пункт не повинна перевищувати $P \leq 10^{-4}$. На сьогоднішній день у професійній сфері прийнятним ризиком вважають $2,5 \cdot 10^{-4}$ загибелі людини на рік на 1 тис. осіб. Для окремих видів військової діяльності, до яких безперечно відноситься навчання на полігоні з бойовими (дослідними, навчальними) стрільбами комплексів зброї, ризик може бути більш високим у силу специфічного призначення зброї.

Льотні випробування балістичних ракет та їх головних частин пов'язані з певним ризиком. Прикладом невдалого пуску є аварія 22.04.2010 на полігоні авіабази Ванденберг (США, шт. Каліфорнія), гіперзвукової головної частини ракети FHTV, що може досягати швидкості 20М, яка із-за втрати стійкості була ліквідована бортовою апаратурою самоліквідації шляхом зниження і падіння у води Тихого океану [9].

Для забезпечення необхідного рівня безпеки під час бойових пусків ракет і стрільби артилерії на полігоні в першу чергу необхідно розрахувати величини зон, знаходження в яких становить небезпеку для особового складу та техніки.

Як відомо, район ймовірного падіння балістичних ракет (реактивних снарядів крупного калібру) для випадку безаварійного пуску має форму еліпса (рис. 1), [7, 8], велика піввісь якого збігається з напрямком лінії "старт-ціль", а центр (при відсутності систематичних помилок) з точкою цілі.

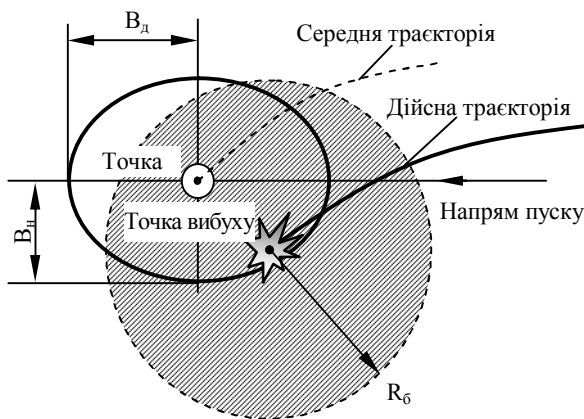


Рис. 1. Небезпечна зона у випадку безаварійного пуску ракети СВ

Розміри еліпса розсіювання зумовлюються відстанню до цілі і залежать від помилок прицілювання та підготовки даних для пуску, та характеристик точності РК [10].

Помилки підготовки даних для стрільби, пусків ракет, характеризуються середніми помилками по дальності E_d і напрямку E_H ; при кожному із з мож-

ливих відхилень центра розсіювання ракет (снарядів) існує деяка ймовірність попадання у ціль за рахунок розсіювання, яке характеризується середньою помилкою по дальності B_d і напрямку B_H .

Обидві групи помилок, що супроводжують пуски ракет, стрільбу артилерії, підпорядковуються нормальному закону [10], під час пусків діють одночасно і є незалежними. Тоді, їх сумісну дію можливо характеризувати середньою помилкою сумарного закону розсіювання – середньою помилкою пуску:

$$\left. \begin{aligned} E_{d_{\text{пуск}}} &= \sqrt{E_d^2 + B_d^2}; \\ E_{H_{\text{пуск}}} &= \sqrt{E_H^2 + B_H^2}; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де $E_{d_{\text{пуск}}}$ і $E_{H_{\text{пуск}}}$ – середні помилки пуску відповідно по дальності та по напрямку.

Величини середніх помилок пуску ($E_d = E_H$) РК 9К72 представлені в табл. 1.

Таблиця 1
Величини середніх помилок пуску ($E_d = E_H$) РК 9К72

Середні помилки підготовки даних для пусків (E_p), м	Середні помилки при дальності пуску $L_{\text{пуск}}$, км; ($E_d = E_H$), м			
	50	100	200	300
100	200	224	325	368
200	240	286	346	389
300	283	325	382	417

На величину зони небезпеки впливає радіус ураження бойової частини ракети R_6 – найбільший із радіусів розльоту убійних осколків, та небезпечного впливу фугасної дії. Радіусом ураження бойової частини R_6 є інтервал, на якому осколок боєприпасу (ракети) володіє кінетичною енергією, небезпечною для незахищеної людини [10]:

$$R_6 = 65,6 \cdot \sqrt[3]{q_{\text{оск}} \cdot l_g} \cdot \frac{v_{\text{оск поч}}}{v_{\text{уб}}},$$

де $q_{\text{оск}}$ – маса осколка; l_g – повна балістична дальність польоту осколка; $v_{\text{оск поч}}$ – початкова швидкість осколка з урахуванням швидкості ракети; $v_{\text{уб}}$ – найменша швидкість осколка, при якій осколок даної маси ще може уразити людину.

При розрахунках необхідно врахувати осколки найбільшої ваги і дальності польоту.

При використанні касетних бойових частин необхідно враховувати найбільшу відстань L_k розльоту бойових елементів $L_{6e,i}$, ($i = 1, \dots, n$) та ракетної частини $L_{pч}$ після розкриття касети над точкою цілі:

$$L_k = \max \{ L_{6e,i} (i = 1, \dots, n); L_{pч} \},$$

де $i = 1, \dots, n$ – кількість бойових елементів у касетній головній частині.

Знаючи радіус ураження бойового елементу $r_{бе}$, можна задати розміри небезпечної зони (рис. 2) виходячи з величини повного еліпсу розсіювання [8, 10], обмеженого $4 \cdot E_{дпуск}$ і $4 \cdot E_{нпуск}$, тобто

$$\left. \begin{aligned} a_{небезп} &= 4 \cdot \sqrt{E_{д}^2 + B_{д}^2 + R_{б}^2}; \\ b_{небезп} &= 4 \cdot \sqrt{E_{н}^2 + B_{н}^2 + R_{б}^2}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де радіус ураження $R_{б}$ для ракет з касетними головними частинами розраховується по формулі:

$$R_{б} = L_{к} + r_{бе}.$$

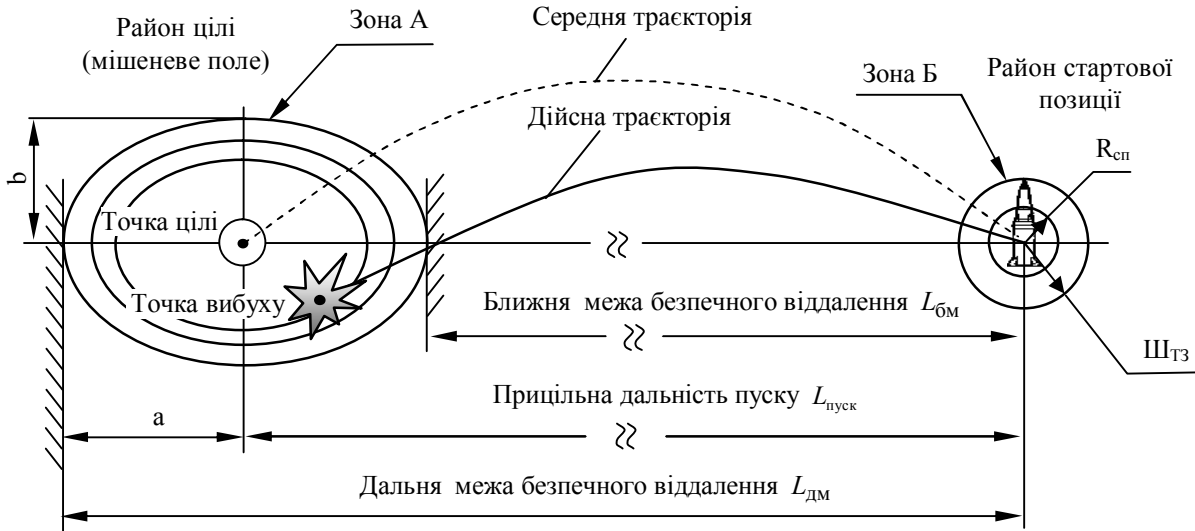


Рис. 2. Небезпечні зони у випадку безаварійного пуску ракет

В той же час необхідно відмітити, що центр розсіювання конкретного пуску не є фізичною величиною, і його важко визначити безпосередньо на території. Тому доцільно відміряти небезпечну зону відносно стартової позиції РК у напрямку стрільби.

Тоді дальню і ближню межі забороненої зони ($L_{дм, бм}$) відносно стартової позиції в напрямку цілі розрахуємо за формулою:

$$L_{дм, бм} = L_{пуск} \pm (4 \cdot \sqrt{E_{д}^2 + B_{д}^2 + R_{б}^2}), \quad (3)$$

де $L_{пуск}$ – дальність пуску РК.

З рис. 2 випливає, що у випадку безаварійного пуску ракет існують дві особливо небезпечні зони (заборонені зони): зона А – район падіння ракети, зона Б – район стартової позиції.

Районом стартової позиції є коло з центром у точці пускової установки і радіусом $R_{сп} = 50 \dots 250$ м. Згідно Курсу підготовки ракетних військ (КП РВ-96) район можливого ураження особового складу та техніки, які знаходяться поза укриттям в районі стартової позиції, є коло з радіусами $Ш_{ТЗ} = 400$ м для комплексу 9К79 і системи 9К58, $Ш_{ТЗ} = 1000$ м для комплексу 9К72. Розміри бойового поля полігону та зон небезпеки на час проведення навчань з бойовими стрільбами (пусками) визначаються виразами (1) – (3) і залежать від дальності стрільби та висоти польоту ракет. Параметри максимальної дальності польоту ракет РК та снарядів реактивних систем залпового вогню (РСЗВ) наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Балістичні параметри траєкторій РСЗВ та РК СВ великої дальності

Тип РК (РСЗВ)	Параметри траєкторії	
	L_{max} , км	H, км
“Ельбрус” (9К72)	300	86
“Точка-У” (9К79-1М)	120	30
“Точка” (9К79)	70	20
“Смерч” (9К58)	70	19,5
“Луна-М” (9К52)	65	18,7
“Ураган” (9К57)	36	9,8
“Град” (9К51)	21	6,1

У випадку проведення навчань із залученням комплексів безпілотної тактичної розвідки “Стриж” (ВР-2), “Рейс” (ВР-3), у якості безпілотної розвідників, або повітряних мішеней, необхідно вказати на ще одну зону небезпеки – зону В – зону посадки безпілотної літальних апаратів. Літак ВР-2 (ВР-3) виконує посадку в два етапи: зупиняє двигун, робить маневр “горка” і після зниження швидкості випускає гальмівний парашут; потім випускається посадочний парашут.

Така технологія посадки безпілотної літального апарата характеризується занадто низькою точністю та відносно небезпечною під час проведення навчань на полігоні. Таким чином, для безпечного застосування в умовах полігону ДНВЦ авіаційний комплекс ВР-2 (ВР-3) потребує розробки та

впровадження додаткових конструктивних і методичних заходів безпеки при операціях посадки.

Під час тактичних навчань військ зі стрільбою артилерії, пусками ракет, з метою підвищення рівня безпеки практичних заходів на полігоні, при дальності стрільби менше 30 км, зони А та Б об'єднуються в одну нерозривну зону небезпеки (зону заборонену для знаходження).

Якщо стрільба ведеться декількома ракетами, з

декількох пускових установок розташованих на значній відстані одна від одної, – сумарною забороненою (небезпечною) зоною буде район, граничні лінії якого будуть проходити по крайніх точках заборонених (небезпечних) зон, побудованих для кожної пускової установки і для кожної точки прицілювання (рис. 3). Для спрощення опису заборонених (небезпечних) зон еліпси замінюються прямокутними фігурами, описаними навколо визначених зон.

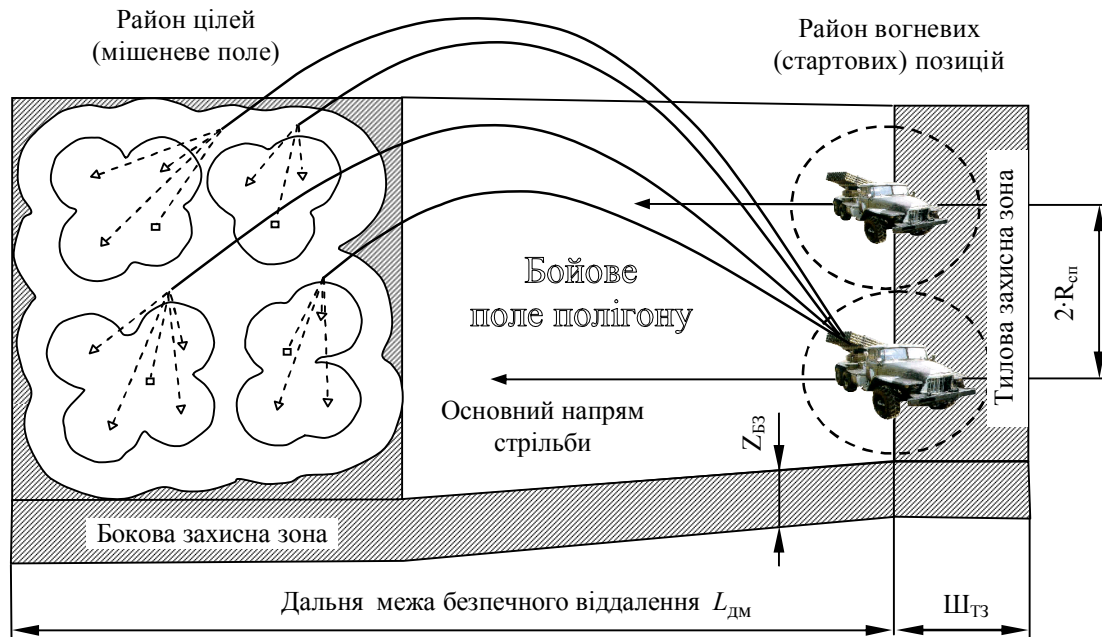


Рис. 3. Розташування захисних зон при стрільбі РСЗВ

Схема небезпечних зон переноситься на карту з якої знімаються координати крайніх точок і разом з описом схеми небезпечних зон та зазначеним часом проведення стрільб РК доводяться до відповідальних посадових осіб, органів місцевої влади, органів управління наземним, морським та повітряним рухом в районі відповідальності полігону.

З урахуванням багаторічного досвіду бойових випробувань і пусків РК, організації контролю практичних заходів військ на полігоні пропонується напрям пусків для РК, що знаходяться на озброєнні, спрямувати у бік моря.

При цьому максимальна межа бойового поля повинна визначатися дальністю польоту ракет (прицільною дальністю пусків) 100 – 120 км.

Для випадку відпрацювання групових ракетних ударів РК СВ і стрільби РСЗВ СВ на полігоні небезпека збільшується і для підтримання рівня безпеки на прийнятному рівні необхідно врахувати додаткову ширину бокової захисної зони $Z_{БЗ}$ (рис. 3), яку пропонується визначитися за формулою:

$$Z_{БЗ} = 4 \cdot \sqrt{E_H^2 + B_H^2} + R_б. \quad (4)$$

Відповідно до [3] ширина тилової захисної зони $\text{Ш}_{ТЗ}$ вибирається з умови $\text{Ш}_{ТЗ} \geq R_б$.

В той же час розмір тилової захисної зони повинен забезпечувати безпеку не тільки при вибуху одиночної бойової частини, а й усього боєкомплекту пускової установки (бойової машини) з урахуванням потужності ракетного палива усіх ракетних частин, та бойових частин, тому пропонується визначити ширину тилової захисної зони $\text{Ш}_{ТЗ}$ з умови:

$$\text{Ш}_{ТЗ} \geq 2R_б. \quad (5)$$

У випадку, коли розміри небезпечної зони визначаються для ракети, яка в наслідок технічних несправностей або з інших причин відхилилася від заданого напрямку пуску, межі забороненої зони будуть залежати від сумарних помилок пуску і технічних можливостей ракети: у бічному напрямку кутами вільного повороту гіроскопічного приладу, що задає напрям стрільби (по осі рискання), по дальності – максимальною дальністю польоту ракети до повного вигорання палива. Заборонена зона є симетричний щодо осі дальності сектор кола з кутами α , і радіусом $L_{дм}$ для максимальної дальності пуску (рис. 4).

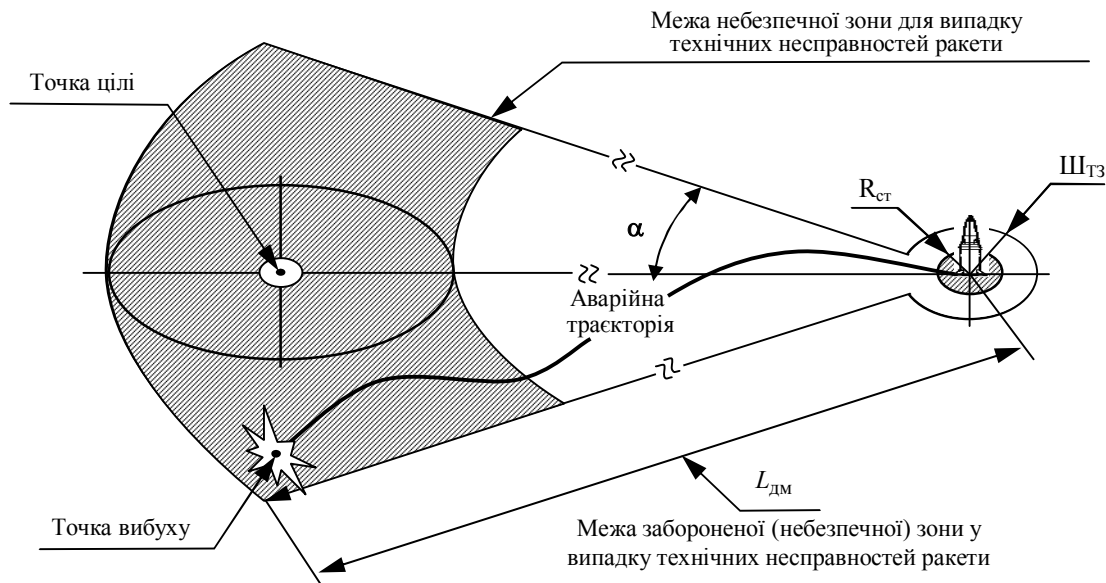


Рис. 4. Небезпечні зони з урахуванням технічних несправностей під час пуску ракет великої дальності

Величина кута обмеження α залежить від типу системи управління (алгоритму роботи і величини уставок системи аварійної самоліквідації ракети) і може коливатися у діапазоні від 10...20 град. до 64 град. [2, 5, 7].

Таким чином, запропоновані формули (1) – (5) дозволяють удосконалити методику розрахунку зон небезпеки під час пусків ракет, стрільби артилерії великого калібру СВ на полігоні ДНВЦ.

Виходячи з умов безпеки на полігоні під час пусків ракет і стрільби артилерії для попередження аварійних ситуацій необхідно контролювати у реальному часі параметри кінцевої ділянки траєкторії. Для оцінки ракетних (реактивних) підрозділів за практичні дії необхідно оцінювати точності РК та РСЗВ за результати стрільб на полігоні, фіксуючи дійсні координати падіння ракет і снарядів.

Під час пусків ракет комплексів 9К72 і 9К79 з полігону ДНВЦ в ході навчань стрільбу ведуть з габаритно-ваговими макетами бойової частини, які не мають вибухової речовини. Під час пусків системи 9К58 використовувалися реактивні снаряди з касетною головною частиною і бойовими елементами у інертному спорядженні.

На ракеті комплексу 9К72 передбачено систему її самоліквідації в разі позаштатного спрацювання системи керування. У системі управління ракети 9К79 на випадок аварійних відхилень кутів тангажу, ризикання та крену від програмних значень передбачено дії, спрямовані на уникнення можливості спрацювання бойової частини.

Для забезпечення умов гарантованого дотримання заходів безпеки при проведенні випробувань і навчально-бойових пусків ракет та реактивних снарядів великого калібру на полігоні ДНВЦ пропонується здійснити наступний комплекс заходів:

- прийняти рішення та провести фінансування комплексу робіт щодо продовження термінів технічної придатності ракетних та бойових частин ракет та реактивних снарядів великого калібру СВ;
- дообладнати ракети РК та реактивні снаряди РСЗВ бортовими системами траєкторного контролю (для випробувальних, навчальних пусків).

Аналіз існуючих на даний час документів [1 – 8], які регламентують заходи безпеки при проведенні пусків ракет і снарядів СВ, показує, що вони не дають повної відповіді для вирішення проблеми безпеки сторонніх осіб та об'єктів.

Результати розслідування події у Броварах на полігоні „Десна” показала, що ракета відхилилась від запрограмованої траєкторії через конструктивний недолік у частині газогенератора, унаслідок вибуху якого зникло живлення системи управління і точка падіння значно відхилилась від точки прицілювання [11], і ці відхилення набагато перевищують параметри, що вказані в роботах [1 – 5, 10].

Методика оцінки безпеки проведення пусків (тактичних навчань з бойовими пусками), що пропонується, призначена для кількісної оцінки величин небезпечних зон, що повинні закриватися для доступу сторонніх осіб та об'єктів під час заходів бойової підготовки військ з пусками ракет, стрільбою артилерії великого калібру.

В цілому на полігоні ДНВЦ створена система безпеки військової діяльності, цілеспрямовано проводиться робота по виявленню й ідентифікації небезпечних і шкідливих факторів впливу засобів озброєння і військової техніки на особовий склад, цивільне населення і природне середовище, проводиться підготовка пропозицій щодо формування державних цільових програм забезпечення безпеки військової діяльності із застосуванням зброї.

Висновки

Запропонована в статті уточнена методика розрахунку зон небезпеки під час пусків ракет, стрільби артилерії великого калібру, особливо актуальна для нових (модернізованих) комплексів ракетної та артилерійської зброї, характеристики яких, відомі з недостатньою точністю.

Для підвищення безпечності і об'єктивності контролю бойових вправ з комплексами озброєння СВ необхідно розробити та встановити на полігоні ДНВЦ додаткові технічні засоби контролю на технічній і стартовій позиціях РК; розробити, погодити у видах ЗС та затвердити наказом Міністра оборони України Положення про організацію об'єктивного контролю дій військ (сил) СВ ЗС України, подібне до того, що введене у дію в зенітно-ракетних військах; уточнити (відповідним наказом) розміри полігону та додаткові обмеження, що стосуються умов проведення пусків ракет РК і стрільб РСЗВ; дообладнати полігон ДНВЦ системою відображення тактичної обстановки в інтересах СВ, військовими радіолокаційними засобами розвідки наземних повітряних і морських цілей, сучасними оптико-електронними системами спостереження в темний час доби і в умовах поганої видимості.

Список літератури

1. *Безпека військової діяльності / за заг. ред. О.М. Шмакова.* – Х.: ХВУ, 2004. – 102 с.
2. *Положення зі служби полігонів Сухопутних військ Збройних Сил України.* – К.: МО України, 2001. – 100 с.

3. *Стандартна методика оцінки безпеки проведення військових навчань із застосуванням зброї.* – К.: МО України, 2003. – 42 с.

4. *Інструкція щодо правил дотримання безпеки під час проведення заходів підготовки стрільб (пусків ракет), навчань, технічного обслуговування та перевірки готовності озброєння, військової техніки, ракет і боеприпасів до застосування в ракетних військах і артилерії СВ ЗС України.* – К.: КСВ ЗС України, 2001. – 28 с.

5. *Тимчасова інструкція з експлуатації полігону військової частини А0156 щодо виконання бойових пусків частинами та підрозділами ракетних військ СВ ЗС України.* – К.: КСВ ЗС України, 2008. – 54 с.

6. *Антонець В.В. До питання контролю результатів бойових стрільб зенітних ракетних і ракетних комплексів СВ / В.В. Антонець, С.А. Кожевніков, Ю.М. Щербанін // Наука і оборона.* – 2004. – № 1 – С. 38-42.

7. *Журавлев А.А. Справочник офицера ракетчика сухопутных войск частей и подразделений, вооруженных ОТРК 9К72. Ч. I. Система управления, подготовка данных, прицеливание / Ю.Н. Агафонов, А.А. Журавлев, В.Г. Макаренко и др.* – Х.: ХУПС, 2007. – 98 с.

8. *Стрельба и управление огнем артиллерийских подразделений.* – М.: МО СССР, 1987. – 440 с.

9. *Авария на гиперзвуковых скоростях // Популярная механика.* – 2011. – № 3(101). – С. 20.

10. *Бойова робота підрозділів ракетних військ.* – Львів: ЛІСВ, 2008. – 198 с.

11. *Сич В. «Точка» зафіксувала відлік час / В. Сич // Народна Армія.* – 2011. – № 35-36 (4643-4644). – С. 8.

Надійшла до редколегії 14.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОПАСНЫХ ЗОН ВО ВРЕМЯ ПУСКОВ РАКЕТ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК, СТРЕЛЬБЫ АРТИЛЛЕРИИ БОЛЬШОГО КАЛИБРА НА ПОЛИГОНЕ ГНИЦ

С.В. Герасимов, С.И. Кливетс, В.Г. Макаренко, А.А. Подорожняк

Изложены особенности боевых пусков ракетных комплексов Сухопутных войск и стрельбы артиллерии крупного калибра во время общевойсковых учений на полигоне Государственного научно-испытательного центра Вооруженных Сил Украины. Рассмотрены основные вопросы расчета опасных зон во время пусков ракет и стрельбы артиллерии. Разработаны предложения по усовершенствованию методики расчета зон опасности и оценки безопасности во время общевойсковых учений с пусками ракет и стрельбой артиллерии крупного калибра на полигоне.

Ключевые слова: зона опасности, защитная зона, полигон, пуски ракет, стрельба артиллерии, оценка безопасности пусков.

IMPROVEMENT OF METHOD OF CALCULATION OF DANGEROUS AREAS DURING STARTING OF ROCKETS OF GROUND FORCES, FIRINGS OF ARTILLERY OF LARGE CALIBER ON THE GROUND OF SSRC

S.V. Gerasimov, S.I. Klivets, V.G. Makarenko, A.A. Podorozhnyak

The features of the battle starting of rocket complexes of Ground forces and firing of artillery of large caliber are expounded during common to all arm studies on the ground of the State scientific research center of Military Powers of Ukraine. The basic questions of calculation of dangerous areas are considered during starting of rockets and firing of artillery. Developed suggestion on the improvement of method of calculation of areas of danger and estimation of safety during common to all arm studies with starting of rockets and firing of artillery of large caliber on a ground.

Keywords: area of danger, protective area, ground, starting of rockets, firing of artillery, estimation of safety of starting.