ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОВТ

УДК 623.548

В.І. Грабчак, С.В. Стецiв

Академія сухопутних військ, Львів

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОПРАВОК ПРИ СТРІЛЬБІ РЕАКТИВНИМИ СНАРЯДАМИ

В статті проводиться аналіз сучасного стану та перспективи розвитку реактивної артилерії; аналізуються методи визначення системи факторів (поправок), які потрібно враховувати при визначенні установок для стрільби некерованими реактивними снарядами. Досліджуються характеристики розсіювання при стрільбі некерованими реактивними снарядами, визначаються показники їх ефективності.

Ключові слова: *реактивна артилерія, реактивні снаряди, характеристики розсіювання, система поправок, планування експерименту, Таблиці стрільби, показники ефективності стрільби.*

Вступ

Постановка проблеми в загальному вигляді та аналіз літератури. Сучасний розвиток РВіА відповідає новим принципам ведення збройної боротьби, сучасним вимогам компактності і мобільності, що дозволяє оперативно вирішувати широке коло завдань. В операціях міжвидових угруповань РВіА залишаються важливим засобом вогневого забезпечення бойових дій військ, особливо при безпосередній вогневій підтримці механізованих і танкових частин (підрозділів); зростає їх роль вогневого ураження противника, в якому до 70% обсягу завдань виконується РВіА як всепогодними і вседобовими засобами, здатними точково та вибірково вражати об'єкти противника. РВіА поетапно переходять в якісно новий стан, що дозволяє застосовувати ракетні й артилерійські формування в контурі розвідувально-вогневої системи на якісно нових принципах – “розвідка - удар - маневр”, “постріл - знищення цілі”, “розвідка - вогневий наліт - противогневий маневр” [1].

Одним з поширених ефективних і перспективних вогневих засобів РВіА є реактивні системи залпового вогню (РСЗВ), які призначені для ураження групових цілей противника на великих відстанях [2].

Найважливішими перевагами РСЗВ є:

- раптовість і висока щільність вогню, що ведеться в дуже короткі терміни по площинних цілях з великим ступенем ураження як у наступі, так і в обороні, за будь-якої погоди, вдень і вночі;
- підвищена дальність стрільби;
- можливість маневру вогнем;
- висока мобільність пускових установок (ПУ), знижує уразливість їх від ударів авіації противника, вогню артилерії, що дозволяє військам успішно вражати цілі в короткі терміни;
- простота зразків конструкції і мала вага;
- відносно низька вартість виробництва ПУ;
- можливість монтажу артилерійських частин ПУ однієї модифікації на шасі декількох видів (гусеничних, колісних та тих, що буксируються).

Дослідження впливу основних ТТХ на кінцеві показники бойової ефективності застосування РСЗВ показали, що в найближчі роки в якості основного способу розвитку РСЗВ буде його модернізація, яка дозволить в декілька разів підвищити їх бойові властивості. На думку військових спеціалістів, одним з головних недоліків, властивих РСЗВ, особливо старих конструкцій, є значне розсіювання боєприпасів [3].

Важливою практичною задачею ефективного бойового застосування РСЗВ є розробка наукових підходів до складання таблиць стрільби реактивних систем [4-6]. Від їх точності, повноти врахування збурюючих факторів залежить ефективність стрільби, особливо у випадку стрільби на основі повної підготовки. Раціональна методика складання таблиць стрільби повинна забезпечити необхідну точність і повноту їх за умов мінімального розходу боєприпасів і часу.

Метою статті є аналіз сучасного стану та основних напрямів розвитку реактивної артилерії; аналіз методів визначення раціональної системи поправок для стрільби РС та дослідження характеристик їх розсіювання.

© В.І. Грабчак, С.В. Стецiв

Основна частина

В даний час РСЗВ знаходяться на озброєнні багатьох країн світу: Росії, США, ФРН, Австрії, Японії, Іспанії, Ізраїлю, Китаю, ПАР, Австрії, Бразилії та інших країн.

Основою РСЗВ є бойові машини (БМ) і некеровані (керовані) РС. БМ існуючих РСЗВ являють собою багатоствольні ПУ, змонтовані на гусеничних, колісних та тих, що буксируються, шасі, з поштучним і пакетним заряджанням з допомогою спеціальних механічних транспортно-заряджальних машин снарядами різних калібрів, обладнані автоматизованою системою управління вогнем (АСУВ), яка забезпечує автономну топоприв'язку і навігацію, наведення пакета напрямних без виходу розрахунку з кабіни за допомогою гіроскопічних прицілів, що самоорієнтуються, обчислювальною машиною з уніфікованого ряду ЕОМ військового призначення, що використовується для управління всіма елементами автоматизованої бойової машини, а також розрахунку установок для стрільби і даних польотного завдання. Час реакції таких машин становить 1-3 хвилини. БМ мають високий ступінь автономії і маневрування на полі бою. РС знайшли широке застосування в РСЗВ і є основоположним елементом РСЗВ. Однак інтегральний ефект від їх застосування в майбутніх війнах буде багато в чому визначатися ступенем досконалості бойових машин і інших елементів комплексу, насамперед АСУВ підрозділів реактивної артилерії, засобів розвідки, метеорологічного та топогеодезичного забезпечення. Тільки глибоко продумана ув'язка всіх елементів в єдиний автоматизований комплекс з розвиненими, надійно працюючими в умовах перешкод, закритими від противника швидкодіючими каналами зв'язку забезпечить РСЗВ успіх у майбутніх збройних конфліктах [7, 8].

Основними напрямами розвитку РСЗВ є:

1. *Збільшення дальності і підвищення точності стрільби.* Збільшення дальності стрільби здійснюється шляхом збільшення калібру РС, застосування високоенергетичних ракетних палив та використання полегшених бойових частин (БЧ), створення високоімпульсних твердих ракетних палив, високоміцних сталей і пластмас, а також розробка принципово нових конструктивних схем ракетних двигунів. Реалізація цього напряму дозволяє вдвічі збільшити максимальну дальність стрільби існуючих систем без зниження маси та ефективності БЧ, або ж при збереженні дальності збільшити масу БЧ і значно підняти ефективність їх бойового застосування.

Підвищення точності стрільби досягається за рахунок створення касетних самонавідних (СНБЕ) і самоприцілювальних (СПБЕ) елементів, а також використання АСУВ РСЗВ, застосування спеціальних пристрілювальних РС, встановлення на ПУ автоматичних систем відновлення наводки, вдосконалення конструкцій і технологій виготовлення ПУ і РС.

У розробці СПБЕ і СНБЕ знайдені принципові технічні рішення зі значного зниження їх масогабаритних характеристик при збереженні ефективності, що дозволяє застосувати ці елементи в РС менших калібрів і як мінімум удвічі підвищити ефективність середнього та великого калібру при ураженні броньованої техніки. Досліджуються нові кінематичні схеми пошуку і виявлення цілей з допомогою СПБЕ, що дозволяють у кілька разів підвищити радіуси компенсації промаху.

2. *Підвищення вогневої продуктивності.* Підвищення вогневої продуктивності РСЗВ здійснювалося шляхом механізації заряджання і перезаряджання ПУ, автоматизації систем наведення і пуску, застосування АСУВ, пристроїв вибору типу БЧ з числа заряджених в ПУ РС. Механізація заряджання базується на використанні попередньо споряджених пакетів напрямних, автомобільних кранів, кранів транспортно-заряджальних машин. Найбільш перспективним рішенням є заряджальний пристрій, що є частиною конструкції ПУ.

3. *Розширення кількості завдань, розв'язуваних РСЗВ.* Розширення числа бойових завдань, розв'язуваних РСЗВ, досягається, головним чином, створенням різних видів основних і спеціальних БЧ РС. Для підвищення ефективності дії РС у цілі більшість БЧ виконуються касетними.

4. *Підвищення мобільності та бойової готовності.* Підвищення мобільності та готовності РСЗВ забезпечується створенням самохідних ПУ на базі гусеничних або колісних машин високої прохідності. Використанням сучасних засобів топологічної прив'язки, застосуванням високошвидкісних механізмів переводу ПУ з похідного положення у бойове і назад, механізації процесу заряджання ПУ та автоматизації систем наведення і управління вогнем.

На озброєнні РВіА Сухопутних військ ЗС України знаходяться РСЗВ: 122-мм РСЗВ БМ-21 “Град”, 220-мм РСЗВ 9К51 “Ураган” і 300-мм РСЗВ 9К58 “Смерч”. У відповідності з державними програмами розвитку ЗС України (2006-2011, 2012-2017 рр.) планомірно проводяться науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, спрямовані на поліпшення ТТХ РСЗВ, підвищення їх бойових можливостей [9, 10].

РСЗВ “Град”, “Ураган” і “Смерч” призначені для ураження відкритої і прихованої живої сили, небронюваної і легкобронюваної техніки в районах

© В.І. Грабчак, С.В. Стецiв

зосередження; для знищення і придушення артилерійських і мінометних батарей, командних пунктів та інших цілей противника в ході бойових дій, для руйнування командних пунктів, вузлів зв'язку, укріплень, опорних пунктів і вузлів опору противника, а також для вирішення інших завдань в різних умовах бойової обстановки, в тому числі – руйнування об'єктів військово-промислової інфраструктури, дистанційної установки протитанкових і протипіхотних мінних полів у зоні бойових дій на віддаленні відповідно до 20, 35 і 70 км.

Дослідження впливу основних ТТХ на кінцеві показники бойової ефективності застосування РСЗВ показали, що в найближчі роки в якості основного способу розвитку РСЗВ буде його модернізація, яка дозволить в декілька разів підвищити їх бойові властивості. На думку військових спеціалістів, у числі недоліків, які притаманні РСЗВ, особливо старих конструкцій, можна зазначити [2, 3]:

- обмежена можливість маневру вогнем внаслідок ускладнення отримання малих дальностей стрільби, оскільки двигун РС працює до повного вигоряння палива;
- у конструктивному відношенні РС більш складний, ніж артилерійський постріл;
- стрільба супроводжується добре помітними демаскуючими ознаками – полум'ям і димом;
- відбуваються значні перерви між залпами через необхідність зміни позиції і перезаряджання ПУ;
- збільшення розсіювання боєприпасів при стрільбі в порівнянні з нарізною артилерією;
- маса БЧ становить меншу частину загальної маси РС.

Крім того, одним з основних недоліків, який суттєво впливає на бойову ефективність застосування РСЗВ, є значне розсіювання РС.

2. Аналіз характеристик та наукових підходів до визначення розсіювання при стрільбі РС. Траєкторія руху РС залежить від великої кількості параметрів, які визначаються їхньою конструкцією, матеріалами, що застосовуються, видом заряду (палива), пусковим пристроєм, станом атмосфери, значення яких при кожному пострілі завжди будуть різноманітними, дещо відмінними від значень, отриманих при раніше проведених дослідах [4, 5]. Це розбіжність траєкторій РС, виготовлених тим самим кресленнями, забезпеченість тим самим зарядом, стрільба якого здійснюється за тими самими розрахунками установок, називається розсіюванням.

На практиці розсіювання РС розглядають в горизонтальній і вертикальній площинах (рис. 1): горизонтальна площина проходить через пусковий пристрій, а вертикальна перпендикулярна напрямку стрільби. У вертикальній і горизонтальній площинах розсіювання точок падіння відносно центру розсіювання складається з розсіювання цих точок по висоті $Bв$, по дальності $Bд$ і бокового розсіювання $Bб$ (розсіювання за напрямком) [4, 10].

Збільшення розсіювання РС веде до збільшення їх витрати на виконання вогневої задачі. Характеристики розсіювання (серединні відхилення) РС по дальності $Bд$, по висоті $Bв$ і по напрямку $Bб$ розраховують виходячи з урахування розсіювання основних балістичних параметрів, що визначають траєкторію їх польоту.

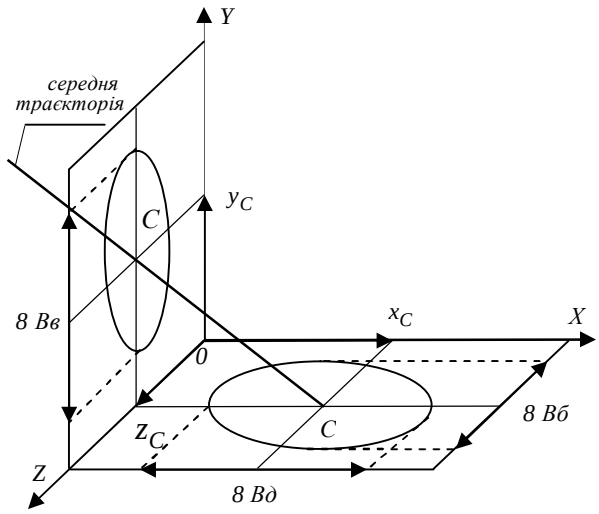

Рис. 1. **Характеристики розсіювання РС**

Оскільки дальність польоту РС визначається кутом кидання θ_0, початковою швидкістю v_0 і балістичним коефіцієнтом c, сумарне серединне відхилення по дальності розраховують виходячи з серединних відхилень трьох балістичних параметрів r_{θ_0}, r_{v_0}, r_c, які називаються коефіцієнтами розсіювання.

Серединним відхиленням кута кидання r_{θ_0}, початкової швидкості r_{v_0} і балістичного коефіцієнта r_c відповідає серединне відхилення дальності польоту снаряда $Bд_{\theta_0}$, $Bд_{v_0}$, $Bд_c$.

Для оцінки впливу на траєкторію польоту – будь-якого фактора (параметра) складають математичну модель польоту РС (систему диференціальних рівнянь), що включає величину, яка розглядається. В практиці, як правило, доводиться зустрічатися з невеликими відхиленнями параметрів, які відрізняють їх від нормальних значень. В більшості випадків малі відхилення параметрів приводять до малих змін елементів траєкторії, що дозволяє встановлювати вплив збурювальних факторів на характеристики незбуреної траєкторії за допомогою різних спрощених методів і залежностей.

Існуюча структура таблиць стрільби і методи її складання сформувалися в результаті багаторічної

© В.І. Грабчак, С.В. Стецiв

практики застосування РС. Найбільш зручними виявилися таблиці, що складені при нормальних (табличних) умовах польоту і містять дані, які дозволяють розрахувати поправки в параметри траєкторії на відхилення дійсних умов польоту від табличних (вітер, обертання Землі, відхилення початкової швидкості балістичного коефіцієнта тощо).

Для розрахунку поправок використовуються два методи: метод різниць і метод диференціалів [4, 11].

У методі різниць обчислення для збуреної і незбуреної траєкторії виробляються на основі тієї самої математичної моделі руху РС, складеної з урахуванням дійсних умов польоту (обертання Землі, реальних метеорологічних умов тощо). Загальна схема розрахунку поправок за методом різниць:

- рівняння, які описують рух РС за дійсними умовами їх польоту, інтегруються чисельним методом. В результаті визначаються параметри дійсної (збуреної) траєкторії і, зокрема, повна горизонтальна дальність

$$X = X(V_0, \theta_0, C_0, \lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_n); \quad (1)$$

- інтегруються рівняння, які характеризують рух РС за нормальними (табличними) умовами їх польоту, та визначаються параметри табличної (незбуреної) траєкторії

$$X_N = X(V_{0N}, \theta_{0N}, C_{0N}, \lambda_{1N}, \lambda_{2N}, ..., \lambda_{nN}); \quad (2)$$

- віднімаються з параметрів дійсної траєкторії відповідні параметри нормальної (табличної) траєкторії, визначаються поправки параметрів траєкторії

$$\Delta X = X(V_0, \theta_0, C_0, \lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_n) - X(V_{0N}, \theta_{0N}, C_{0N}, \lambda_{1N}, \lambda_{2N}, ..., \lambda_{nN}), \quad (3)$$

де $(V_0, \theta_0, C_0), (V_{0N}, \theta_{0N}, C_{0N})$ – основні балістичні параметри, розраховані відповідно за дійсними та нормальними (табличними) умовами; $(\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_i)$, $(\lambda_{1N}, \lambda_{2N}, ..., \lambda_{nN})$ – параметри, які характеризують деякі балістичні, метеорологічні та геофізичні умови стрільби, розраховані відповідно за дійсними та нормальними (табличними) умовами.

Метод диференціалів – наближений метод розрахунку поправок. Так як передбачається, що дійсна траєкторія близька до табличної (умова лінеаризації), він дозволяє врахувати вплив тільки досить малих збурень

$$\Delta X = \frac{\partial X}{\partial V_0}\Delta V_0 + \frac{\partial X}{\partial \theta_0}\Delta\theta_0 + \frac{\partial X}{\partial C_0}\Delta C_0, \quad (4)$$

де $\frac{\partial X}{\partial V_0}, \frac{\partial X}{\partial \theta_0}, \frac{\partial X}{\partial C_0}$ – основні поправочні коефіцієнти, часткові похідні дальності за основними балістичними параметрами V_0, θ_0, C_0 (початковою швидкістю, кута кидання, балістичного коефіцієнта); $\Delta V_0, \Delta\theta_0, \Delta C_0$ – відхилення значень параметрів від табличних (збурення).

Залежність (4) тим точніше, чим менші величини відхилень параметрів $\Delta V_0, \Delta\theta_0, \Delta C_0$.

При відомих поправочних коефіцієнтах і невеликих відхиленнях параметрів збуреної траєкторії поправки можуть бути розраховані за наступними залежностям

$$\Delta V_0 = \sum_{i=1}^{n}\frac{\partial V_0}{\partial \lambda_i}\Delta\lambda_i; \ \Delta\theta_0 = \sum_{i=1}^{n}\frac{\partial \theta_0}{\partial \lambda_i}\Delta\lambda_i; \ \Delta\tilde{N}_0 = \sum_{i=1}^{n}\frac{\partial \tilde{N}_0}{\partial \lambda_i}\Delta\lambda_i, \quad (5)$$

де $\Delta\lambda_i$ – відхилення значень параметрів від табличних (збурення).

При ручних обчисленнях метод диференціалів істотно скорочує обсяг розрахунків у порівнянні з методом різниць, тому він широко використовувався до появи ЕОМ. В даний час основним розрахунковим методом обчислення поправок є метод різниць, метод диференціалів має допоміжне значення.

Однак розрахунок поправок існуючими методами є громіздким (включає всі можливі перебори), не дозволяє визначити основні збурювальні фактори, які впливають на політ РС, а також отримати кількісні оцінки впливу факторів і визначити їх помилки. Крім того, існуючі методи визначення поправок не враховують нелінійність і взаємовплив збурювальних факторів на політ РС.

Перспективним напрямом у визначенні раціональної системи поправок є науковий підхід, заснований на використанні методів планування експерименту [12, 13]. Під раціональною системою поправок будемо розуміти систему з найменшою кількістю відхилень умов польоту від табличних, які необхідно враховувати при визначенні установок для стрільби РС.

Планування експерименту – це процедура вибору кількості та умов проведення експериментів, необхідних і достатніх для вирішення поставленої задачі з необхідною точністю, а саме:

- скорочення числа експериментів;
- знаходження оптимального рішення;
- отримати кількісні оцінки впливу факторів і визначення їх помилок;
- виділення з всієї сукупності факторів групи суттєвих факторів, які підлягають подальшому дослідженню.

Завдання, для вирішення яких може використовуватися планування експерименту, можуть включати як фізичні, так і математичні моделі. Останнім часом поряд з фізичними моделями все більшого поширення набувають

© В.І. Грабчак, С.В. Стецiв

математичні моделі. При вирішенні задачі розробки раціональної системи поправок будемо використовувати математичну модель польоту РС, за умови, що модель досить точно описує просторовий рух РС.

При цьому істотно наступне:

- прагнення до мінімізації загального числа дослідів;

- одночасне варіювання всіма змінними, що визначають процес, за спеціальними правилами, алгоритмами;

- використання математичного апарату, що формалізує дії експериментатора;

- вибір чіткої стратегії, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення після кожної серії експериментів.

Для опису підходу до визначення раціональної системи поправок, як об'єкта дослідження, скористаємося поданням його як кібернетичної системи, яка схематично зображена на рис. 2.

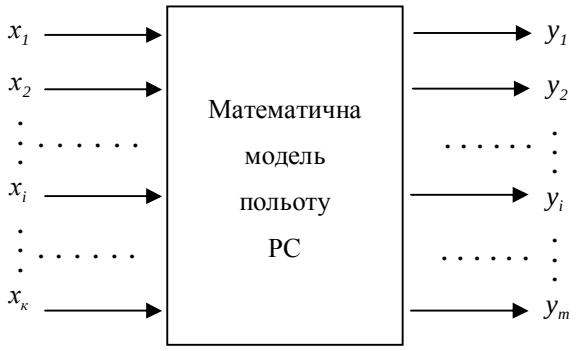

Рис. 2. **Загальний підхід до планування експерименту**

Стрілки праворуч зображують чисельні характеристики цілей дослідження – параметри оптимізації $y(y_1, y_2, ..., y_i, ...y_m)$. Для проведення експерименту необхідно мати можливість впливати на поведінку "математичної моделі" за допомогою варіювання факторами $x(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_к)$.

Під математичною моделлю будемо розуміти рівняння, що зв'язує параметр оптимізації з факторами. Це рівняння в загальному вигляді можна записати як

$$y = \phi(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_к). \qquad (6)$$

Таким чином, задачею планування експерименту є вибір необхідних для експерименту дослідів, методів математичної обробки їх результатів та прийняття рішення, що дозволить на основі аналізу впливу збурювальних факторів на політ, РС виділити ті фактори, які суттєво впливають на їх політ і на основі цього запропонуємо раціональну систему поправок, яка буде враховувати при підготовці вихідних даних для польоту як лінійну складову впливу того чи іншого фактора, так і нелінійну, а також і взаємовплив збурювальних факторів.

2. Вибір та обґрунтування показників ефективності стрільби РС. Якість вирішення вогневих завдань реактивної артилерії визначається їх ефективністю, основними з яких є результативність та своєчасність [11, 14]. Головним і визначальним у бойовій ефективності вогневих засобів є результативність вогню. Чим більше завдається втрат противнику, тим більше досягається успіх в бою. Таким чином, критерієм виконання чи невиконання вогневих завдань є величина матеріальної втрати, чи втрат, які завдаються цілі при її знищенні, руйнуванні та придушенні.

До основних властивостей, які характеризують результативність вогню, відносяться точність та купчастість стрільби [11, 14].

Точність стрільби – ймовірнісна оцінка можливих реалізацій точок падіння РС відносно цілі та визначений ступінь суміщення середньої траєкторії (середньої точки влучення РС) з ціллю.

Купчастість стрільби – властивість РС, яка характеризує відхилення (розподіл) точок падіння (розривів) РС відносно центру їх групування (розсіювання) при стрільбі на однакових установках прицілу. Чим менші ці відхилення, тим вище (краще) купчастість стрільби.

При підготовці кожного пострілу і в період самої стрільби діють елементи випадковості, які неминуче приводять до випадковості результату стрільби. Так, відхилення кожної точки падіння РС від центру розсіювання випадково і може бути надано як результат дії великого числа елементарних помилок. Кожна елементарна помилка дуже незначна порівняно з сумарною величиною відхилення даної точки падіння РС. Тому можливо заключити, що розсіювання РС підпорядковується нормальному закону [11, 14].

При розгляданні розсіювання РС в горизонтальній площині відносно системи координат *OXZ* (рис. 3 а), напрям осі *OX* співпадає з напрямом стрільби, вісь *OZ* перпендикулярна осі *OX*, закон розсіювання РС буде мати вигляд

$$f(x_C, z_C) = \frac{\rho^2}{\pi\, Вд\, Вб} e^{-\rho^2\left(\frac{x_C^2}{Вд^2}+\frac{z_C^2}{Вб^2}\right)}, \qquad (7)$$

де $\rho = 0{,}4769$ – коефіцієнт, який пов'язує серединне відхилення з середньоквадратичним відхиленням; x_C – проекція вектора Δ_C на вісь *OX*, тобто відхилення точки *C* падіння РС від центру розсіювання за дальністю; z_C – проекція вектора Δ'_C на вісь *OZ*, відхилення точки *C* падіння РС від центру розсіювання за напрямком; $Вд, Вб$ –

© В.І. Грабчак, С.В. Стецiв

серединне відхилення відповідно за дальністю і за напрямком.

Значення $Вд$ та $Вб$ наводяться в Таблицях стрільби на відповідну реактивну систему.

Співвідношення між серединними відхиленнями за дальністю $Вд$ та за напрямком $Вб$ змінюється в залежності від дальності стрільби (рис. 4 а, б).

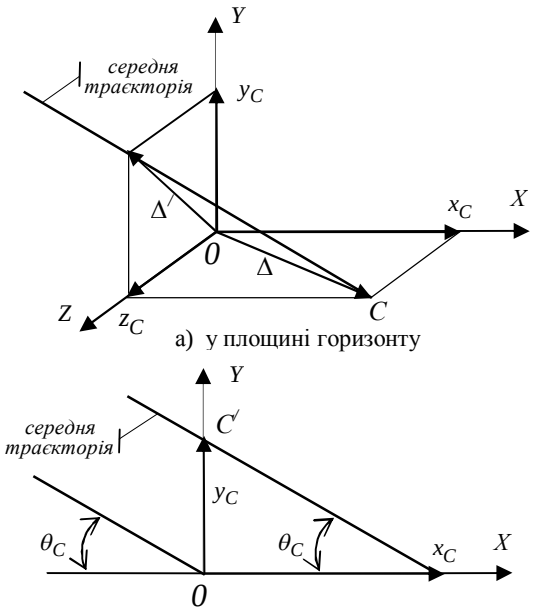

Рис. 3. **Розсіювання РС**

Так, при невеликих кутах кидання $Вд > Вб$ (еліпс розсіювання витягнутий у напрямку стрільби), при збільшенні кута кидання у діапазоні $25\text{-}35°$ $Вд = Вб$ (еліпс розсіювання перетворюється в коло), а при кутах кидання, близьких до кута найбільшої дальності, $Вд < Вб$ (еліпс розсіювання витягнутий в боковому напрямку) [4, 11, 14].

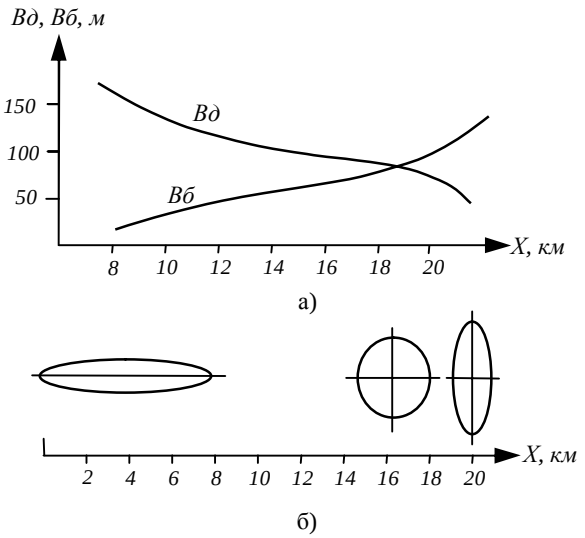

Рис. 4. **Зміна Вд та Вб в залежності від дальності стрільби РС**

При розгляді розсіювання РС у вертикальній площині відносно системи координат *OYZ* (рис. 3 а), вісь *OY* перпендикулярна горизонтальній площині, закон розсіювання РС має вигляд

$$f(y_C, z_C) = \frac{\rho^2}{\pi \, Вв \, Вб} e^{-\rho^2\left(\frac{x_C^2}{Вд^2}+\frac{z_C^2}{Вб^2}\right)}, \qquad (8)$$

де y_C – проекція вектора Δ'_C на вісь *OY*, тобто відхилення точки *C* падіння РС від центру розсіювання за висотою; $Вв$ – серединне відхилення за висотою.

Між величинами $Вд$ і $Вв$ існує визначена залежність. Кожному випадковому відхиленню РС за дальністю x_C відповідає визначене випадкове відхилення снаряда за висотою y_C, з рис. 3 б видно, що $y_C = x_C tg\theta_C$, за аналогією з якою залежність між величинами $Вд$ і $Вв$ дорівнює

$$Вд = Вв tg\theta_C . \qquad (9)$$

Для спрощення оцінки ефективності стрільби прийнято всі цілі умовно поділяти на одиночні та групові. Виходячи з того, що РСЗВ застосовуються за площинними цілями, оцінімо ефективність стрільби РС по групових цілях, якими прийнято називати сукупність одиночних (елементарних) цілей, розташованих на обмеженій площі [11].

Основним показником ефективності стрільби на ураження групових неспостережених цілей є математичне очікування збитку (числа уражених цілей)

$$M[a'] = \sum_{i=1}^{\kappa} P_i , \qquad (10)$$

де a' – умовна ймовірність ураження групової цілі при виході зі строю a одиночних (елементарних) цілей зі складу групової; P – ймовірність ураження i - ї цілі.

При оцінці ефективності стрільби крім середнього результату, який характеризується математичним очікуванням числа (відсотка) уражених цілей, в тому випадку, коли ущерб, який завдається цілі, пропорційний числу влучень в її площу, можна використовувати математичне очікування числа влучень в ціль

$$M[m] = \sum_{i=1}^{N} P_i , \qquad (11)$$

де P_i – ймовірність влучення в групову ціль при одному пострілі; m – число влучень в ціль; N – загальний розхід снарядів, які задіяні на стрільбу.

Висновки

Проведений аналіз стану та перспектив розвитку РВіА показав, що одним з основних, ефективних і перспективних вогневих засобів є РСЗВ, основним напрямом підвищення бойової

© В.І. Грабчак, С.В. Стецiв

ефективності застосування яких є підвищення купчастості (зменшення характеристик розсіювання за дальністю, висотою та напрямком) та точності стрільби РС. Крім того, існуючі методи визначення системи факторів (поправок), які потрібно враховувати при визначенні установок для стрільби РС, не повною мірою відповідають сучасним вимогам точності стрільби реактивної артилерії, що призводить до суттєвого зниження ефективності її бойового застосування.

Перспективним напрямом у визначенні раціональної системи поправок є науковий підхід, заснований на використанні математичних методів планування експерименту, які дозволяють здійснити вибір необхідних для експерименту дослідів, методів математичної обробки їх результатів та прийняття рішення, що дозволить на основі аналізу впливу збурювальних факторів на політ РС виділити ті фактори, які суттєво впливають на їх політ, і на основі цього розробити раціональну систему поправок, яка буде враховувати при підготовці вихідних даних для стрільби як лінійну складову впливу того чи іншого фактора, так і нелінійну, а також врахувати взаємовплив збурювальних факторів, що сукупно дасть змогу підвищити показник ефективності стрільби РС – математичне очікування збитку (числа уражених цілей).

Зазначені обставини вимагають подальших досліджень в напряму розробки математичних моделей польоту РС; методів визначення раціональної системи поправок; визначення їх характеристик розсіювання за дальністю, висотою та напрямком та дослідження ефективності їх стрільби.

Список літератури

1. *Коленніков А.П. Підходи до удосконалення можливостей артилерії в реаліях сьогодення / А.П. Коленніков. Збірка тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції. – Львів: АСВ. – 2014. – С. 7-8.*

2. *Варванець Ю.В. Перспективи розвитку вітчизняних реактивних систем залпового вогню /*

3. *Варванець Ю.В., Калінін О.М., Костюк В.В., П.О. Русіло. Збірка тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції. – Львів: АСВ. – 2013. – С. 105-106.*

4. *Вакал А.О. Тенденції розвитку реактивних систем залпового вогню провідних у військовому відношенні держав / А.О. Вакал. Збірка тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції. – Львів: АСВ. – 2013. – С. 105.*

5. *Дмитриевский А.А. Внешняя баллистика / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лисенко. – М.: Машиностроение, 2005. – 607 с.*

6. *Лисенко В.М. Теорія польоту / В.М. Лисенко, В.І. Грабчак, Д.А. Новак. – Суми: СумДУ, 2006. – 203 с.*

7. *Равдин И.Ф. Внешняя баллистика неуправляемых реактивных снарядов / И.Ф. Равдин. – Л.: ВАА, 1972. – 184 с.*

8. *Карпенко А.В. Современные реактивные системы залпового огня / А.В.Карпенко. – СПб.: Бастион, 2003. – 76 с.*

9. *О'Мэли Т.Дж. Современная артиллерия. РСЗО, орудия, минометы / Т.Дж. О'Мэли. – М.:Эксмо, 2000. – 161 с.*

10. *Державна програма розвитку Збройних сил України на 2006-2011 роки [Указ Президента України від 27 грудня 2005 № 1862-25Т/2005].*

11. *Державна комплексна програма реформування і розвитку Збройних сил України на період до 2017 року [Указ Президента України від 2 вересня 2013 № 479/2013].*

12. *Теоретические основы стрельбы наземной артиллерии [Под ред. Круковского А.С.] – М.: Министерство обороны СССР, 1976. – 345 с.*

13. *Налимов В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340 с.*

14. *Монтгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д.К. Монтгомери; пер. с англ. С.Б. Барон. – Л.: Судостроение, 1980. – 384 с.*

15. *Подготовка стрельбы и управления огнем артиллерии. – М.: Воениздат, 1987. – 376 с.*

Рецензент: д.т.н., проф. Сопільник Л.І., Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТА ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОПРАВОК ПРИ СТРЕЛЬБЕ РЕАКТИВНЫМИ СНАРЯДАМИ

В.И. Грабчак, С.В. Стецив

В статье проводится анализ современного состояния и перспективы развития реактивной артиллерии; анализируются методы определения системы факторов (поправок), которые необходимо учитывать при определении установок для стрельбы неуправляемыми реактивными снарядами. Исследуются характеристики рассеивания при стрельбе неуправляемыми реактивными снарядами, определяются показатели их эффективности.

Ключевые слова: *реактивная артиллерия, реактивные снаряды, характеристики рассеивания, система поправок, планирование эксперимента, Таблицы стрельбы, показатели эффективности стрельбы.*

ANALYSIS OF THE STATE THAT JUSTIFICATION WAYS OF ESTABLISHING A RATIONAL SYSTEM AMENDMENTS WHEN FIRING ROCKETS

V. Grabchak, S. Stetsiv

The article analyzes the current state and prospects of development of rocket artillery; analyzes the methods of determining the system factors (corrections) that must be considered when determining the installations for firing unguided. We study the characteristics of dispersion when firing unguided determined indicators of their effectiveness.

Key words: *rocket artillery, rockets, dispersion characteristics, the system of the amendments, the planning of the experiment, firing tables, performance shooting.*

© В.І. Грабчак, С.В. Стецiв