

УДК 355.9

С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський, О.С. Балабуха

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БОЙОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО САМОПРИЦІЛЮЮТЬСЯ

У статті розглядається питання оцінки ефективності застосування бойових елементів, що самоприцілюються, при ураженні бронетанкової техніки. Пропонується цю оцінку проводити з використанням імітаційної моделі, алгоритм якої приводиться. Облік основних характеристик цих бойових елементів, можливість використання активного захисту бронетехніки, хибних цілей дозволяє отримати оцінку вибраного варіанту удару по угрупованню бронетехніки в районі її зосередження.

**Ключові слова:** бойові елементи, що самоприцілюються, бронетехніка, активний захист, хибні цілі.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Нині широке поширення в якості протитанкової зброї отримали касетні суббоеприпаси особливого роду – бойові елементи, що самоприцілюються, (СПБЕ) дистанційної кумулятивної дії. Як правило, СПБЕ оснащуються касетні бойові частини (КБЧ). В першу чергу це відноситься до авіаційних боеприпасів (рис. 1) і боеприпасів реактивних систем залпового вогню (РСЗВ) (рис. 2). Так, наприклад, касета 122 мм снаряда РСЗВ "Град" оснащується двома СПБЕ, а касета 300 мм снаряда РСЗВ "Смерч" оснащена п'ятьма СПБЕ.



Рис. 1. Касетна авіаційна бомба



Рис. 2. Бойовий елемент, що самоприцілюється

КБЧ доставляються в район зосередження броньованої техніки (БТ). На заданій дальності і висоті відбувається розкриття корпусу КБЧ і викидання СПБЕ. СПБЕ спускаються на парашутах зі швидкістю до 15 м/с. При цьому подовжня вісь СПБЕ відхилена на кут  $\beta = 25 \dots 35^\circ$  від вертикалі, а самі СПБЕ продовжують обертальний рух відносно осі підвісу парашута з частотою  $n = 6 \dots 8$  об/с. На висоті  $H = 150 \dots 200$  м СПБЕ приводиться у бойовий стан.

Кутове положення СПБЕ в просторі і одночасне його обертання відносно осі підвісу забезпечують сканування по спіралі, що сходиться, району розташування БТ. Після виявлення БТ бортовий мікропроцесор визначає положення її центру і задає оптимальний час підривання розривного заряду. Формований вражаючий елемент (ударне ядро) рухається до цілі з відстані  $S = H_i / \cos \beta$  ( $H_i$  – висота підривання) і вражає БТ згори. Максимальний польотний шлях ударного ядра

$$S_{\max} = H / \cos \beta \approx 200 \text{ м.}$$

Забезпечуваний параметрами руху СПБЕ крок спіралі сканування місцевості  $\Delta x = 1 \dots 1,5$  м/об у декілька разів менше характерних розмірів бронетехніки  $a \times b = 3 \times 6$  м, що виключає "пропуск" БТ.

Ціль буде виявлена і уражена, якщо вона знаходиться в межах площі круга радіусом

$$R = H / \operatorname{tg} \beta, \quad (1)$$

де  $H$  – висота переводу СПБЕ у бойовий режим пошуку цілі;  $\beta$  – кут відхилення подовжньої осі елемента від вертикалі.

Нині для підвищення живучості БТ на останній встановлюється активний захист, дія якого спрямована на фізичне руйнування ударного ядра до його підльоту. Тобто, після пострілу ударне ядро СПБЕ може бути знищене, що відповідає неураженню БТ.

Неураження БТ ударним ядром СПБЕ також може настати при використанні різного роду хибних цілей (ХЦ), що імітують реальну БТ. В цьому випадку уражається ХЦ.

**Аналіз літератури.** У більшості статей, як правило, в основному розглядаються технічні питання, що стосуються СПБЕ [1,2]. Приведені характеристики дають можливість провести їх класифікацію. [3]. Проте практично відсутні публікації відносно раціонального планування ударів для ураження БТ.

**Метою статті** є обґрунтування способу оцінки ефективності застосування СПБЕ з урахуванням їх технічних характеристик, а також можливих спосо-

бів зниження втрат БТ за рахунок використання засобів активного захисту і ХЦ.

### Основний матеріал

Розглянемо касетну бойову частину. Точність її виведення визначається двома групами випадкових помилок:

- помилки підготовки даних ( $E_x, E_y$ ) – групова помилка;
- технічне розсіювання ( $B_d, B_6$ ) – індивідуальна помилка.

На рис. 3  $E_x, E_y$  – імовірні відхилення по осях X, Y – відповідно.  $B_d$  – відхилення по дальності,  $B_6$  – відхилення по боку. Повна помилка пострілу:

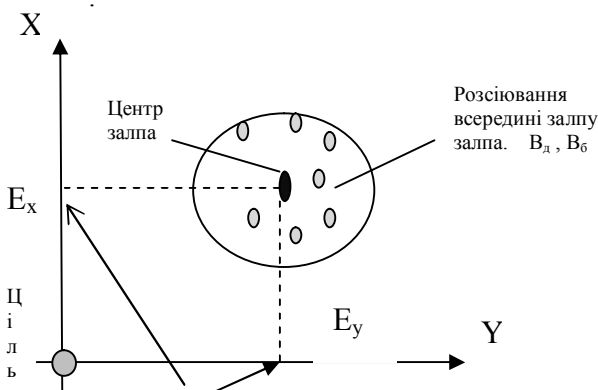
по дальності

$$E_{\Sigma X} = \sqrt{E_x^2 + B_d^2}, \quad (2)$$

по боку

$$E_{\Sigma Y} = \sqrt{E_y^2 + B_6^2}. \quad (3)$$

Групова помилка відхиляє від цілі увесь залп як єдине ціле (рис. 3). Індивідуальні помилки створюють розсіювання всередині залпу.



Групові помилки, що зміщують центр

Рис. 3. Вплив групової і індивідуальної помилок стрільби

Визначивши повну помилку по осях X, Y, знайдемо координати точки розкриття КБЧ. Координати представляються як випадкові величини з нормальним законом розподілу. На практиці, щоб отримати нормальний розподіл, досить скласти шість екземплярів випадкового числа від 0 до 1. Сума цих шести чисел

$$Z = R_1 + R_2 + \dots + R_6$$

має розподіл, настільки близький до нормального, що у більшості практичних завдань ним можна замінити нормальне.

Для того, щоб математичне сподівання і імовірне відхилення цього нормального розподілу були рівні заданим, треба піддати величину Z лінійному перетворенню і вчислити координати розкриття КБЧ як випадкові величини з нормальним законом розподілу.

Для координати X :

$$X = E_{\Sigma X} \sqrt{Z} + m_x. \quad (4)$$

Аналогічно для координати Y:

$$Y = E_{\Sigma Y} \sqrt{Z} + m_y, \quad (5)$$

де  $m_x, m_y$  – координати заданої точки розкриття (підриву) КБЧ;  $m_x, m_y$  – координати заданої точки розкриття (підриву) КБЧ.

Процес розведення СПБЕ після розкриття КБЧ за своєю природою випадковий. Зробимо допущення, що точка переведу СПБЕ у бойовий режим пошуку цілі з рівною імовірністю може відповідати будь-якій точці земної проекції району розведення СПБЕ. Зробимо таке допущення (рис. 4): ця проекція відповідає деякому квадрату із стороною  $K_v$ , яка задається як вихідні дані.

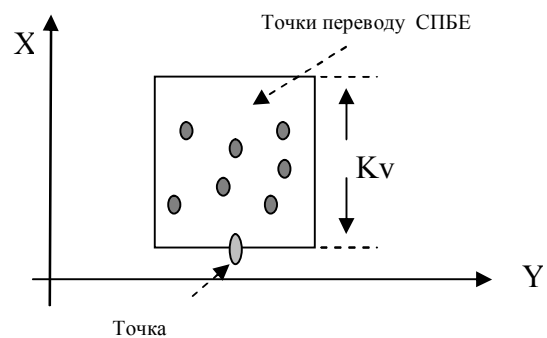


Рис. 4. Координати СПБЕ

Тоді координати для кожного СПБЕ конкретної КБЧ визначатимуться таким чином:

- по осі X – до координати X (4) необхідно додати випадкове число з рівномірним законом розподілу, що прийняв одно із значень на інтервалі  $0 \dots K_v$ ;
- по осі Y – до координати Y (5) необхідно додати випадкове число з рівномірним законом розподілу, що прийняв одно із значень на інтервалі  $(-K_v \dots +K_v)$ .

У свою чергу, ціль буде виявлена і уражена, якщо вона знаходиться в межах площі круга радіусом

$$R = H \cdot \text{tg } \beta, \quad (6)$$

де H – висота переведу СПБЕ у бойовий режим пошуку цілі;  $\beta$  – кут відхилення подовжньої осі елемента від вертикалі.

Для простоти моделювання процесу пошуку цілі, площу максимального круга перегляду місцевості (рис. 5) замінимо рівним по площі квадратом (рис. 6). Тобто, сторона такого квадрата буде  $R\sqrt{\pi}$ , де R радіус круга пошуку (рис. 5).

Виходячи з рис. 6, вся БТ, координати якої по X лежать в інтервалі від  $x_{\max}$  до  $x_{\min}$ , а по координаті Y відповідно від  $y_{\max}$  до  $y_{\min}$ , будуть виявлені СПБЕ. Після пострілу СПБЕ настання події "БТ уражена", як випадкового явища, визначається методом одиничного жеребу. Для цього визначається випадкове

число  $Q$ , усі значення якого від 0 до 1 рівноімовірні.

Якщо випадкове число  $Q$  виявилось менше імовірності ураження БТ ударним ядром СПБЕ  $P_{BT}$  (рис. 7), то вважається, що подія "БТ уражена" настало.

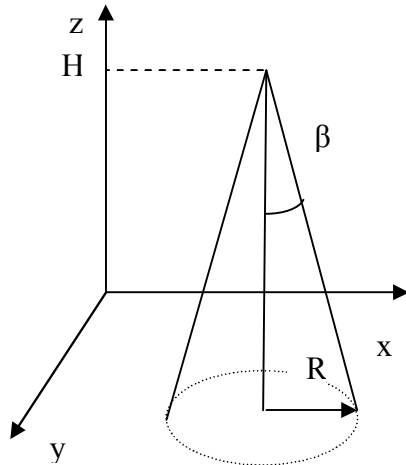


Рис. 5. Круг пошуку цілі

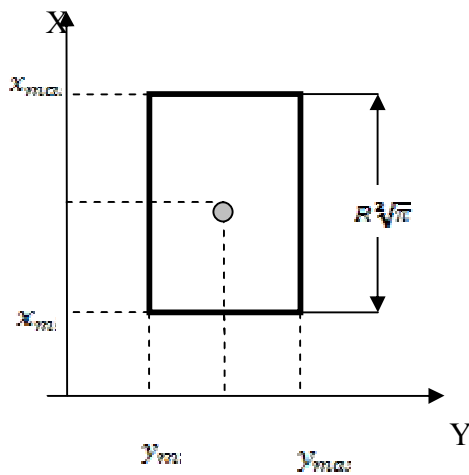


Рис. 6. Квадрат пошуку цілі

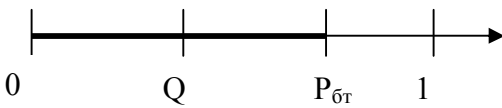


Рис. 7. Одиничний жереб

Аналогічно, задаючи імовірність ураження СПБЕ при використанні активного захисту, визначається факт настання події "Ураження СПБЕ".

А при використанні хибних цілей, виходячи із значення коефіцієнта подібності (імовірність прийняття хибної цілі за істинну БТ), настання події "Хибна ціль пізнана".

Розглянемо алгоритм моделі (рис. 8).

Блок 1. Перевірка умови продовження роботи. Якщо робота з моделлю закінчена, то управління передається блоку 23. Інакше управління отримує блок 2.

Блок 2. Здійснюється введення (корекція) початкових даних.

Початкові дані по бронетанковій техніці (БТ). Задаються координати розташування БТ. Для кожної одиниці БТ встановлюється наявність (відсутність) активного захисту. За наявності активного захисту задається кількість пострілів і імовірність ураження СПБЕ. В якості БТ може виступати хибна ціль, для хибної цілі задається коефіцієнт подібності - імовірність того, що СПБЕ зробить постріл по хибній цілі.

Початкові дані по КБЧ. Задається кількість КБЧ, координати точки прицілювання,  $E_x$ ,  $E_y$  (імовірні відхилення по осях X, Y),  $V_d$  (відхилення по дальності),  $V_b$  (відхилення по боку).

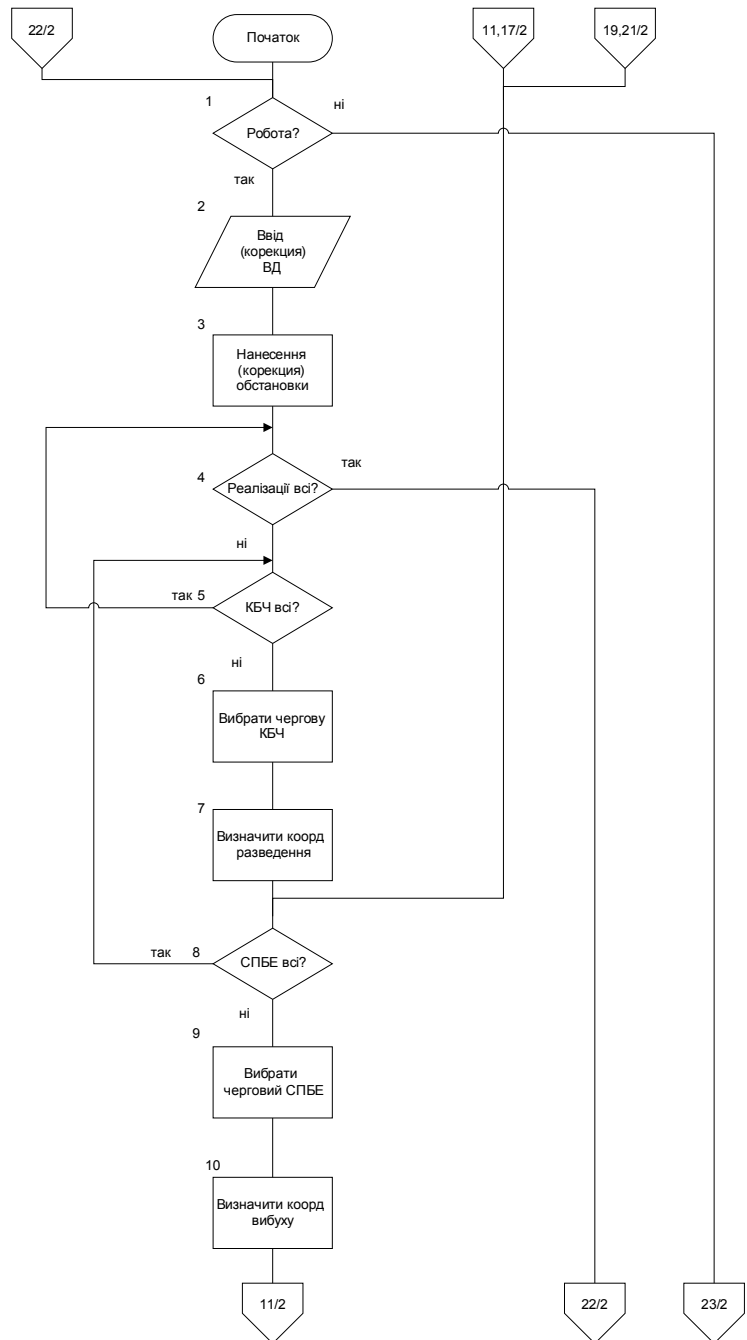


Рис. 8. Алгоритм моделі (начало)

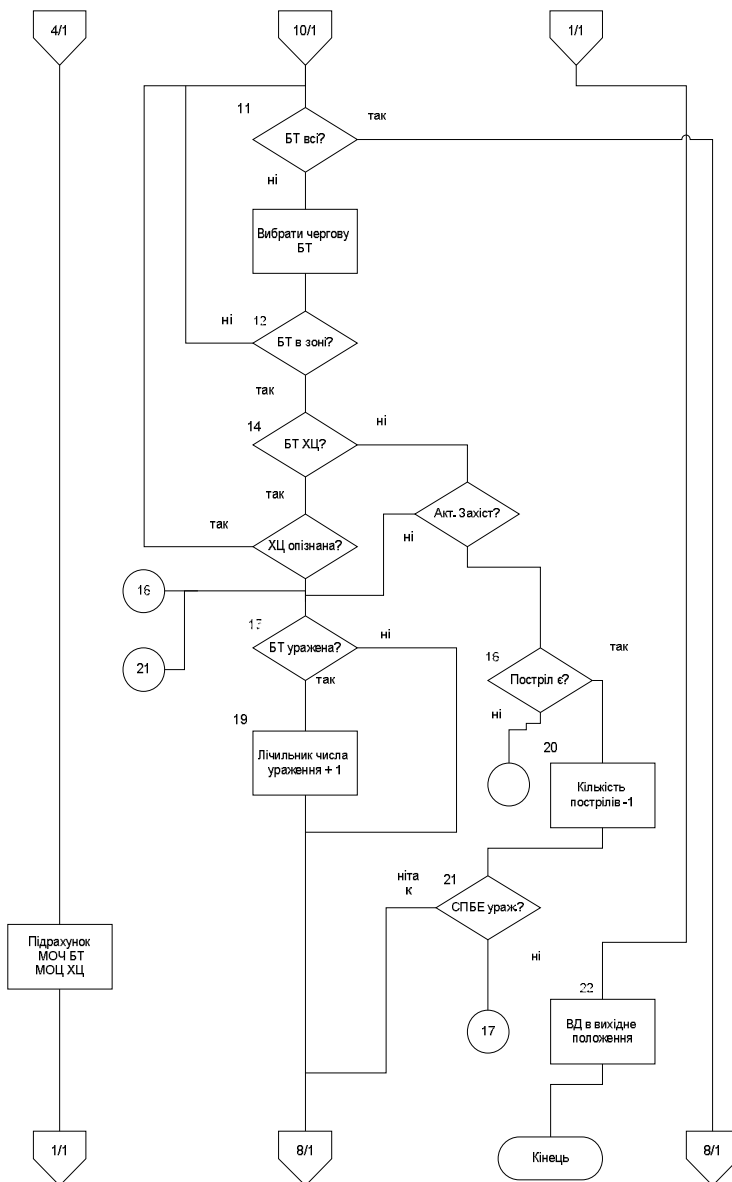


Рис. 8. Алгоритм моделі (кінець)

Початкові дані по СПБЕ. Задається кількість СПБЕ в КБЧ, висота переведу СПБЕ у бойовий режим пошуку цілі, кут відхилення осі СПБЕ від вертикалі, імовірність ураження БТ і параметр розльоту. Управління передається блоку 3.

Блок 3. Проводиться нанесення початкової обстановки. У прямокутних координатах наноситься положення БТ. Червоний кружок - БТ. Зелений

кружок - хибна ціль. Положення БТ і ХЦ визначаються їх координатами. Управління передається блоку 4.

Блок 4. Перевіряється умова виконання заданого числа реалізацій імітаційної моделі (1000 реалізацій). Якщо реалізації виконані усі, то управління отримує блок 22. Інакше управління передається блоку 5.

Блок 5. Перевіряється умова застосування усіх КБЧ в запланованому ударі. Якщо КБЧ розглянуті усі, то управління повертається блоку 4. Інакше управління переходить до блоку 6.

Блок 6. Вибирається чергова КБЧ в запланованому ударі. Управління переходить блоку 7.

Блок 7. Визначаються координати точки початку розведення СПБЕ. Управління передається блоку 8.

Блок 8. Перевіряється умова застосування усіх СПБЕ для цієї КБЧ. Якщо СПБЕ розглянуті усі, то управління повертається блоку 5. Інакше управління переходить до блоку 9.

Блок 9. Вибирається черговий СПБЕ для цієї КБЧ. Управління передається блоку 10.

Блок 10. Визначаються координати даного СПБЕ цієї КБЧ. Управління переходить до блоку 11.

Блок 11. Перевіряється умова перегляду усієї заданої БТ (включаючи ХЦ). Якщо БТ розглянута для вибраного СПБЕ уся, то управління повертається блоку 8. Інакше управління переходить до блоку 12.

Блок 12. Вибирається для розгляду чергова БТ (ХЦ). Управління отримує блок 13.

Блок 13. Виходячи з координат вибраної БТ (ХЦ) перевіряється умова її знаходження в зоні перегляду для вибраного СПБЕ. Якщо БТ (ХЦ) в зоні перегляду, то управління отримує блок 14. Інакше управління повертається блоку 11.

Блок 14. Робиться перевірка вибраної БТ. Якщо ціль хибна, то управління отримує блок 15. Інакше управління переходить до блоку 16.

Блок 15. Перевіряється умова упізнання хибної цілі. Якщо ціль пізнана як хибна, то управління повертається блоку 11. Інакше управління переходить до блоку 17.

Блок 16. Перевіряється наявність у БТ активного захисту. Якщо активний захист є, то управління переходить до блоку 18. Інакше управління отримує блок 17.

Блок 17. Перевіряється умова ураження БТ після пострілу СПБЕ. Якщо ціль уражена, то управління переходить до блоку 19. Інакше управління передається блоку 8.

Блок 18. За наявності активного захисту перевіряється умова наявності пострілу. Якщо постріл є, управління переходить до блоку 20. Інакше управління отримує блок 17.

Блок 19. Лічильник числа ураження для цієї одиниці БТ (ХЦ) збільшується на одиницю і управління повертається блоку 8.

Блок 20. Число пострілів для активного захисту зменшується на одиницю і управління отримує блок 21.

Блок 21. Перевіряється умова ураження ударного ядра СПБЕ пострілом активного захисту. Якщо ударне ядро уражене, то управління повертається блоку 8. Інакше управління отримує блок 17.

Блок 22. Після проведення заданого числа реалізацій імітаційної моделі проводиться обробка отриманої статистики. Визначаються математичне сподівання (МОЧ) числа одиниць ураженої БТ і МОЧ числа одиниць ХЦ по яких був завданий удар. Управління повертається блоку 1.

Блок 23. Службові масиви моделі приводяться в початковий стан. Завершується робота моделі.

Розглянемо порядок роботи з моделлю (рис. 9). Робота з моделлю починається з нанесення обстановки (указане розташування БТ на місцевості). Для цього необхідно натиснути кнопку "Сітка (НАТИСНИ!!!)". Прорисовується система прямокутних координат з ціною градуювання 20 м Ліворуч під на-

писом "Нанести обстановку" розташовані елементи форми, що дозволяють ввести необхідні початкові дані по БТ. Фізично інформація по конкретній одиниці БТ заноситься в масив, кожен елемент масиву визначається своїм індексом (номером). Індекс елемента масиву задається у віконці "БТ №". Розташування одиниці БТ на місцевості визначається її координатами. Координати БТ можуть бути безпосередньо задані у віконцях "X=" і "Y=". Після кліку по кнопці "БТ нанести" на карті прорисовується коло червоного кольору. Нанести БТ на карту можна також шляхом наведення курсора на кнопку "БТ" і, після натиснення лівої кнопки мишки, транспортувати курсор, що з'явився, в потрібну точку на карті. Клік по кнопці "БТ прибрати" стирає останнє коло, що прорисувалося. Якщо БТ має активний захист, то встановлюється прапорець у віконці "Активний захист, число пострілів" і в наступному полі задається число пострілів. У полі "Імовірність ураження СПБЕ" задається значення цієї імовірності.

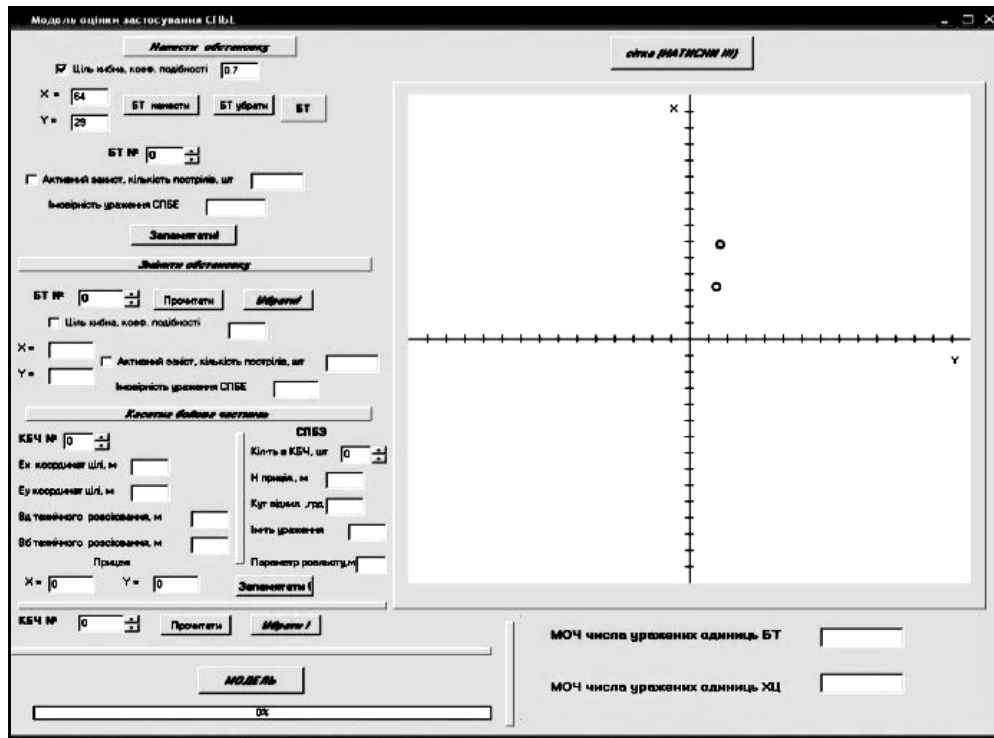


Рис. 9. Форма роботи з моделлю

Встановивши прапорець "Ціль хибна, коэф. подібності" і, відповідно, задавши його, аналогічно описаними вище способами, на карту наноситься хибна ціль. Тільки рисування кола відповідної ХЦ проводиться зеленим кольором.

Під написом "Змінити обстановку" розташовані управляючі елементи, що дозволяють прочитати заданий по номеру елемент масиву БТ і, при необхідності, його видалити.

Під написом "Касетна бойова частина" розташовані управляючі елементи для завдання початкових даних. Безпосередньо по самій КБЧ задається:

- помилки підготовки даних ( $E_x$ ,  $E_y$ );
- технічне розсіювання ( $B_d$ ,  $B_b$ );
- координати точки прицілювання.

По СПБЕ задаються наступні початкові дані:

- кількість СПБЕ в КБЧ;
- висота початку прицілювання;
- кут відхилення;
- параметр розльоту СПБЕ.

Введення початкових даних завершується кліком по кнопці "Запам'ятати!". Фізично інформація по КБЧ зберігається як елемент відповідного масиву (розмірність масиву 50 елементів). Нижче розташо-

вані елементи управління дозволяють, вказавши номер елементу масиву (віконце КБЧ № синього кольору), прочитати цей елемент і, при необхідності, видалити його.

Клік по кнопці "Модель" запускає імітаційну модель. Результат моделювання відбивається у вигляді МОЧ числа уражених одиниць БТ і МОЧ числа уражених одиниць ХЦ у відповідних віконцях.

Наведемо приклад використання моделі. Розглянемо танкову роту в районі зосередження (рис.10). Організаційно танкова рота, частіш усього, включає групу управління (два танки) і три танкові взводи по чотири танки.

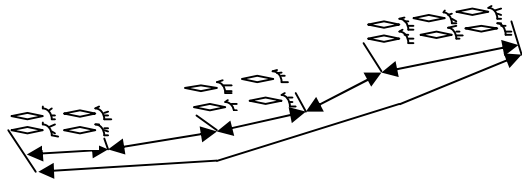


Рис. 10. Танкова рота в районі зосередження

Нехай удар завдається по кожному танковому взводу однією КБЧ з 5 СПБЕ. Висота початку прицілювання 100 м і кут відхилення від осі при прицілюванні 30 градусів. Імовірність ураження танка 0,8. Оцінимо вплив точності визначення координат цілей на ефективність удару, яку визначатимемо математичним сподіванням числа уражених танків (рис. 11). При імовірному відхиленні 10 м МОЧ числа уражених танків склало 9,94 одиниці. Відповідно, при 20 м - 7,6 одиниць, при 30 м - 3,85 одиниць, при 40 м - 2,2 одиниці, при 50 м - 1.52 одиниці.

Оцінимо ефективність застосування хибних цілей. При ударі однією вище описаною КБЧ по танковому взводу МОЧ числа уражених танків склало 3,4 одиниці. Нехай в танковому взводі поряд з кожним танком розташована хибна ціль з коефіцієнтом подібності 0,7. Тоді в ударі МОЧ числа уражених танків знижується до 2. Тобто, в даному випадку 4 хибних цілі дозволяють зберегти як мінімум один танк.

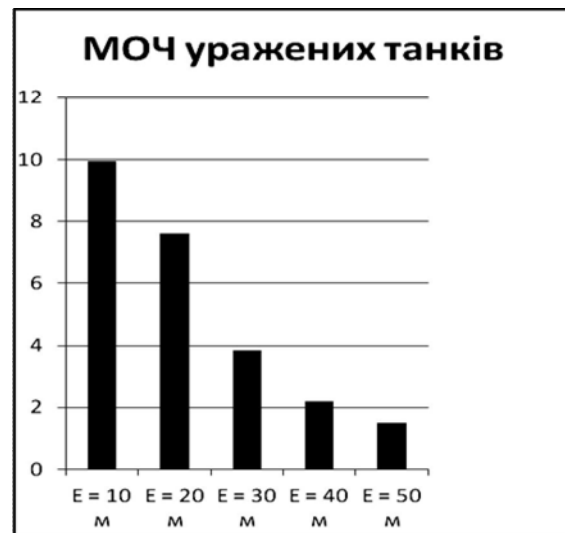


Рис. 11. Вплив точності визначення координат цілей

## Висновок

Використання цієї моделі дозволяє порівняно просто оцінювати різні варіанти планування ударів по бронетехніці з використанням СПБЕ. Результати моделювання можуть використовуватися при визначенні вимог до ряду технічних характеристик такого роду зброї на ранніх етапах проектування.

## Список літератури

1. *Высокоточные боеприпасы: учебн. пос. / В.А. Чубасов, Е.И. Стрюков и др. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2008. – 116 с.*
2. *Строев В. Кассетные боеприпасы с самоприцеливающимися боевыми элементами / В. Строев // Зарубежное военное обозрение. – М., 2000. – № 8. – С. 20-25.*
3. *Средства поражения и боеприпасы / А.В. Бабкин [и др.]; под общ. ред. В.В. Селиванова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 984 с.*

Надійшла до редколегії 22.12.2015

**Рецензент:** д-р військ. наук, проф. Г.А. Дробаха, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САМОПРИЦЕЛИВАЮЩИХСЯ БОЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

С.Н. Звиглянич, Н.П. Изюмский, О.С. Балабуха

*В статье рассматривается вопрос оценки эффективности применения самоприцеливающихся боевых элементов при поражении бронетанковой техники. Предлагается данную оценку проводить с использованием имитационной модели, алгоритм которой приводится. Учет основных характеристик данных боевых элементов, возможность использования активной защиты бронетехники, ложных целей позволяет получить оценку выбранного варианта удара по группировке бронетехники в районе ее сосредоточения.*

**Ключевые слова:** самоприцеливающиеся боевые элементы, бронетехника, активная защита, ложные цели.

## MODEL FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF HOMING AMMUNITIONS

S.N. Zviglyanich, N.P. Izyumskiy, O.S. Balabuha

*The article discusses evaluation of the efficacy of homing combat elements on the defeat armored vehicles. It is proposed to carry out this assessment by using a simulation model, an algorithm which is given. Accounting the main characteristics of the combat elements, the usage of active protection of armored vehicles and decoys provides an estimate of the option of selected fight to the grouping of armored vehicles in the area of their concentration.*

**Keywords:** homing combat elements, armored vehicles, active defense, decoys.