

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОСКОЛКОВИХ ВИБУХОВИХ ПРИСТРОЇВ НАПРАВЛЕНОЇ ДІЇ ДЛЯ УРАЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ ТИПУ БПЛА

За досвідом російсько-Української війни спостерігається тенденція збільшення кількості безпілотних літальних апаратів, які застосовуються для ураження техніки, особового складу та об'єктів інфраструктури. Для цього застосовуються безпілотні літальні апарати типу "баражуючий боєприпас", "камікадзе", для скидів тощо. Частка втрат озброєння та техніки, а також особового складу від дії таких засобів на сьогоднішній стала найбільшою порівняно з іншими засобами ураження. Для протидії таким засобам застосовується різноманітні зенітно-ракетні комплекси, засоби радіоелектронної боротьби та мобільні вогневі групи. Найбільш ефективним способом ураження безпілотних літальних апаратів є ураження їх великою кількістю уражаючих елементів (осколками). Враховуючи співвідношення вартості безпілотних літальних апаратів та засобів їх ураження, зокрема зенітно-ракетних боєприпасів, в роботі за критерієм "ефективність-вартість" пропонується застосування осколкових вибухових пристроїв направленої дії для ураження ударних безпілотних літальних апаратів.

В статті наведений аналіз досліджень ефективності застосування осколкових боєприпасів направленої дії. Проведено дослідження доцільності застосування осколкових інженерних боєприпасів направленої дію типу мін серії МОН. На основі математичної моделі польоту осколка з урахуванням його форми запропоновано методику розрахунку основних параметрів осколкових вибухових пристроїв направленої дії для ураження повітряних цілей типу безпілотних літальних апаратів. Наведені математичні розрахунки визначення основних характеристик осколкових вибухових пристроїв направленої дії для ураження безпілотних літальних апаратів з врахуванням зовнішньо-траєкторних вимірів цілі та факторів, які впливають на формування поля (зони) осколків. Запропоновано схеми розміщення осколкових вибухових пристроїв направленої дії для захисту об'єктів.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, засоби ураження, інженерний осколковий боєприпаси направленої дії, захист об'єктів.

Вступ. В умовах сьогодення постає питання ефективності протидії різним засобам повітряного нападу, особливо безпілотним літальним апаратам (БПЛА), які кардинально змінили форми та методи збройної боротьби. На сьогоднішній день частка уражених ОВТ, об'єктів та особового складу БПЛА ударного типу стала домінуючою у порівнянні з іншими засобами ураження. Основними засобами ураження БПЛА є зенітно-ракетні комплекси, мобільні вогневі групи та засоби РЕБ. Необхідно зазначити, що найбільш ефективними проти БПЛА є саме зенітно-ракетні комплекси. Проте, вартість застосування до них боєприпасів значно перевищує вартість ударних БПЛА, що робить таку протидію недоцільною. В цих умовах гостро постало питання щодо пошуку альтернативних способів протидії ударних БПЛА. Одним з таких напрямків може бути застосування інженерних осколкових боєприпасів направленої дії.

Постановка проблеми. Досвід ведення війни РФ проти України показав, що вразити БПЛА з використанням різних видів стрілецької зброї не завжди вдається, а витратити зенітні снаряди або коштовні ракети, на порівняно недорогі повітряні цілі типу БПЛА недоцільно.

Проте, враховуючи той фактор, що навіть маловартісний ворожий БпЛА доставляє противнику цінну розвідувальну інформацію та може ефективно уражати особовий склад, військову техніку та різні об'єкти, необхідність їх знищення або блокування роботи являється одним з пріоритетних завдань.

Одним із напрямків ураження БпЛА є використання осколкових інженерних боєприпасів направленої дії. Принципом застосування таких боєприпасів є ураження БпЛА хмарою осколків. Проте, на сьогоднішній день вони застосовуються тільки в горизонтальній площині проти піхоти противника. Припущення щодо ефективності їх застосування проти БпЛА вимагає проведення досліджень щодо визначення параметрів таких боєприпасів з урахування факторів, що впливають на ефективність дії осколка при польоті в вертикальній площині під різними кутами. Все це свідчить про актуальність дослідження та необхідність пошуку нових методів щодо протидії БпЛА.

Для проведення оцінки ефективності осколкової дії інженерних боєприпасів на повітряні цілі необхідно визначити та врахувати: швидкість повітряної цілі; висоту польоту повітряної цілі; швидкість осколків в момент зустрічі з цілю; розміри осколкового поля; форму осколка; кут польоту осколку; убійну дію осколку на різних відстанях. За цих умов необхідно провести теоретичні та практичні дослідження ефективності застосування даних боєприпасів.

Аналіз попередніх досліджень. Аналіз засобів ураження БпЛА осколкової дії свідчить, що основним проблемним питанням у розрахунках є визначення швидкості, напрямку розльоту осколків, визначення числа і щільності розльоту осколків. Так в роботі [1] розглядається питання, які пов'язані з характеристикою уражаючої дії осколків при підриві артилерійського снаряду перед малогабаритною повітряною ціллю та оцінка їх ефективності.

В роботі [2] обґрунтовано концепція універсального боєприпасу осколкові дії здатного забезпечити захист техніки та особового складу від застосування ударних БпЛА. Проведена оцінка уражаючих можливостей боєприпасу, обґрунтовано вибір типу снаряда, ваги та кількості осколків. В роботі [3] проведений аналіз застосування ударних БпЛА та крилатих ракет рф по території України, надано пропозиції щодо доцільності використання осколкових інженерних боєприпасів в якості елемента побудови системи активного захисту військ та об'єктів критичної інфраструктури від ураження засобів повітряного нападу та можливі варіанти їх застосування. Робота [4] присвячена аналізу технічних характеристик та конструктивних особливостей осколкових вибухових пристроїв направленої дії, а також оцінці ефективності ураження повітряних цілей типу БпЛА та визначенню найбільш оптимального варіанту застосування інженерних боєприпасів даного типу.

Проведений аналіз доступних досліджень в даній предметній області в цілому дозволяє визначати показники осколків під час польоту. Проте, не враховуються: зовнішньо-траєкторні показники цілі, що не дає можливості використовувати осколкові боєприпаси для рухомих повітряних цілей; рух осколка у вертикальній площині під впливом сил опору та зміни кута руху; вплив коефіцієнту лобового опору та різних форм осколків для інженерних боєприпасів на дальність ураження цілі; залежність щільності осколкової зони від відділення точки ініціювання інженерних боєприпасів, що впливатиме на імовірність ураження.

Отже **метою статті** є обґрунтування методики розрахунку основних параметрів осколкових вибухових пристроїв направленої дії для ураження БпЛА з врахуванням його зовнішньо-траєкторних параметрів та впливу факторів на рух осколка у повітрі при ураженні повітряної цілі.

Виклад основного матеріалу. Для ураження цілей типу БпЛА доцільно застосовувати осколкові вибухові пристрої направленої дії. В якості таких боєприпасів найбільш

оптимальним варіантом є використання інженерних мін МОН-90 та МОН-200 які мають високі показники імовірності ураження цілі [4].

Осколкові інженерні боєприпаси діють на цілі звичайно на значній відстані, тому, на відміну від мін фугасного і фугасно-осколкового принципів дії, їх віднесено до боєприпасів направленої дії, осколки яких розлітаються в межах малого тілесного кута, у відповідному секторі ураження. При вибуху осколкового боєприпасу ураження цілей здійснюється осколками, які при зустрічі з ціллю повинні мати енергію, необхідну для їх ураження.

Основним показником ефективності ураження повітряної цілі є дальність ураження, яка визначає відстань, на яку осколкові поля уражають цілі. Як було зазначено раніше необхідно розрахувати параметри осколкових вибухових пристроїв направленої дії при застосуванні їх для ураження БПЛА з врахуванням зовнішньо-траєкторних вимірів цілі та факторів які будуть впливати на осколкові поля.

За основу методики розрахунку взята теорія впливу механічної енергії на осколок, який рухається у повітрі, використовуючи вираз розрахунку енергії активної маси вибухової речовини, рух осколка розраховується інтегруючи дане рівняння. В якості критерію ураження використовується критерій критичної енергії [5].

Для опису руху осколка у повітрі використовуються фундаментальні поняття розділу механіки, що описують рух матеріальних тіл. На рис. 1 відображено рух осколка у повітрі під кутом α на якого діють сили опору.

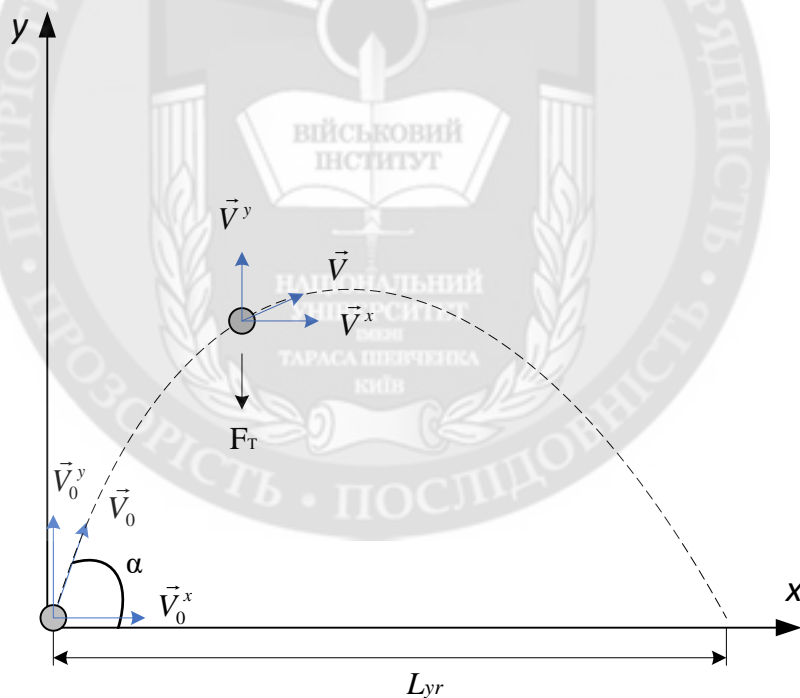


Рисунок 1 - Зниження швидкості рух осколка у повітрі

Рух осколка визначається за його початкову швидкість V_0 . Осколок, отримавши V_0 , рухається у середовищі, що чинить опір, по деякій траєкторії, поки не потрапить в ціль його швидкість постійно зменшується до критичного стану. Зниження швидкості осколка залежить від пройденої відстані що виражається у дальності ураження L_{yr} та сили тяжіння F_T .

Проте дана модель руху осколка буде не зовсім підходити до нашої умови, у зв'язку з великими швидкостями та незначною вагою осколків інженерних боєприпасів сила F_T , визначається як обмеження, та не враховується.

Для вирішення даного питання пропонується розглянути наступну послідовність розрахунку основних параметрів інженерних боеприпасів типу МОН-90, МОН-200.

1. Визначення швидкісних параметрів (V_0, V_{kr}) та дальності ураження (L_{kr}) осколків.

В роботах [5, 6] проводиться визначення початкової швидкості осколка V_0 , проте не враховано вагу вибухової речовини M , яка суттєво впливає на питому енергію вибухового перетворення Q_0 . Робота, яка утворюється за рахунок вибуху, буде збільшуватися, зі збільшенням маси вибухової речовини. Можна вважати, що ця робота пропорційна енергії Q_0 , тобто енергії яка міститься в одиниці маси вибухової речовини, буде залежати від ваги цієї вибухової речовини [7]. Виходячи з цього початкова швидкість осколка V_0 визначається за наступним виразом:

$$V_0 = \sqrt{2WQ_0M}, \quad (1)$$

де, W – характеристика міцності та інерційних властивостей оболонки і осколків різних боеприпасів, для інженерних боеприпасів знаходиться у діапазоні 0,05...0,12; Q_0 – питома енергія вибухового перетворення, M – вага ВР. [5].

В табл. 1 представлено розрахункові дані початкової швидкості осколка V_0 інженерних боеприпасів МОН-90, МОН-200 з різними коефіцієнтами W .

Таблиця 1

Розрахункові дані V_0 інженерних мін МОН-90, МОН-200

| Тип ІБП | Коефіцієнт W | | | | | | | |
|---------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 |
| МОН-90 | 1661 | 1819 | 1965 | 2101 | 2228 | 2349 | 2404 | 2573 |
| МОН-200 | 2244 | 2459 | 2656 | 2839 | 3011 | 3039 | 3329 | 3477 |

Для ураження цілі осколок повинен мати певну кінетичну енергію K_e . При вазі осколка $m > 0,5$ г, $K_e = 80$ Дж [8]. Критична швидкість осколка V_{kr} визначається наступним виразом [6]:

$$V_{kr} = \sqrt{\frac{2K_e}{m}}, \quad (2)$$

В табл. 2 представлено розрахункові дані критичної швидкості осколка V_{kr} з різною вагою m .

Таблиця 2

Розрахункові дані V_{kr} з різною вагою осколка m

| | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| m , кг | 0,002 | 0,004 | 0,006 | 0,008 | 0,010 | 0,012 | 0,014 | 0,016 |
| V_{kr} , м/с | 282 | 200 | 163 | 141 | 126 | 115 | 106 | 100 |

Враховуючи характеристики інженерних боеприпасів МОН-90, МОН-200 визначаємо дальність ураження цілі L_{yr} за виразом [5, 6]:

$$L_{yr} = \frac{4}{3C} \cdot \frac{p_m}{p_1} d \cdot \ln \frac{V_0}{V_{kr}}, \quad (3)$$




де, C – коефіцієнт лобового опору; p_m – щільність матеріалу, p_1 – щільність повітря; d – діаметр осколка.

Коефіцієнт C є емпіричним коефіцієнтом, який входить у формулу сили лобового опору твердого тіла та залежить від форми тіла. Для деяких найпростіших форм тіл C можна одержати теоретично. Для різної форми осколків коефіцієнт лобового опору C буде становити: для кульки – 1; для циліндра – 1,5; для рваного – 1,75 [6].

В табл. 3 відображено результати дальності ураження цілі L_{yr} з використанням коефіцієнта C для різних форм осколків, при чому V_0 має $W 0,05$.

Таблиця 3

Розрахунки дальності ураження цілі L_{yr} інженерних боеприпасів з різними формами осколків

| Коефіцієнт C | Форма осколка | L_{yr} , м | |
|----------------|---|--------------|---------|
| | | МОН-90 | МОН-200 |
| 1 |  | 102 | 280 |
| 1,5 |  | 67 | 183 |
| 1,75 |  | 58 | 159 |

Отже, відповідно до результатів видно як коефіцієнт лобового опору C та форма осколків змінюють показник L_{yr} .

На пробивну здатність корпусу повітряної цілі будуть впливати швидкість осколка та матеріал корпусу повітряної цілі. Оскільки осколок при русі у повітрі втрачає частину енергії на подолання сил опору, то його критична швидкість повинна бути вищою за швидкості повітряної цілі $V_{kr} > V_{pz}$. Це можна відобразити аналізуючи швидкості руху БпЛА з швидкістю осколка інженерних боеприпасів V_{kr} .

Відповідно до функціональної швидкості польоту БпЛА класифікують наступні типи:

- малошвидкісні – до 55 м/с (максимальна швидкість 69 м/с);
- середньшвидкісні – від 41 до 111 м/с (максимальна швидкість 125 м/с);
- швидкісні – від 97 до 222 м/с (максимальна швидкість 250 м/с) [9].

На рис. 2 показаний порівняльний аналіз швидкісних показників польоту БпЛА та осколків інженерних боеприпасів.

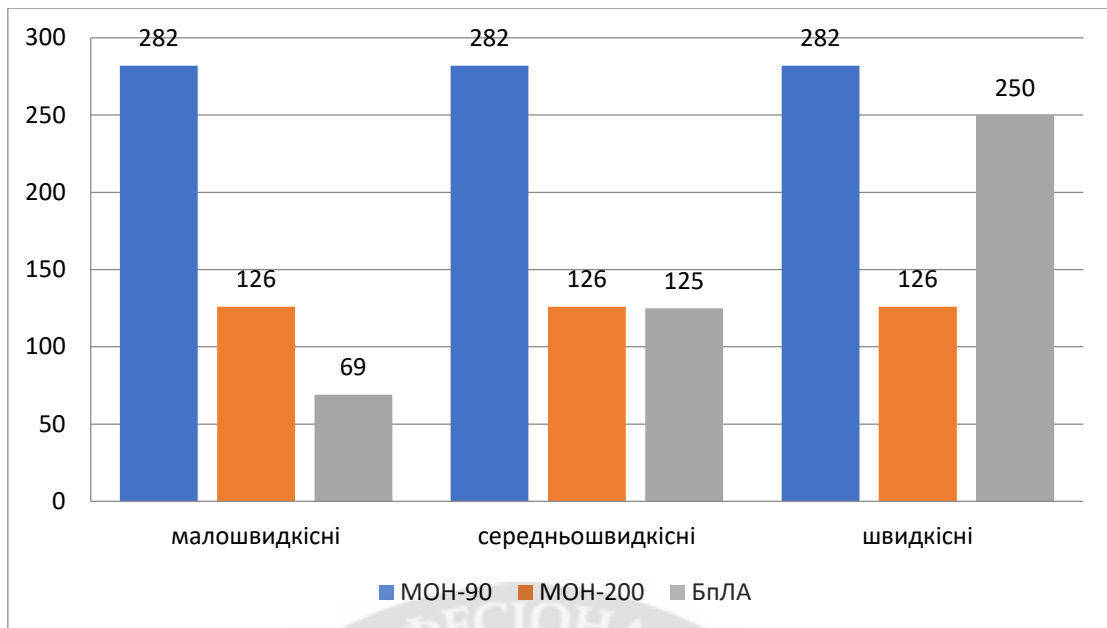


Рисунок 2 – Порівняльна оцінка швидкісних показників БпЛА та осколків інженерних боєприпасів

Враховуючи максимальні показники швидкості польоту БпЛА можна зазначити що інженерні боєприпаси типу МОН-90, МОН-200 можуть ефективно уражати малошвидкісні БпЛА.

2. Визначення впливу механічної енергії та залежність кута руху осколків.

Осколок, який рухається у повітрі має певну енергію, яка визначається законом механічної енергії $\frac{mV^2}{2} = mgh$.

Для визначення висоти h на яку може піднятися осколок зберігаючи своє V_{kr} , проводим інтегрування рівняння закону механічної енергії, де:

$$h = \sqrt{\frac{2mV}{mg}}, \quad (4)$$

визначаємо час за який осколок проходить від початкового до критичної межі (можливість ураження цілі) за виразом $V_{kr} = V_0 - gt$, де:

$$t = \frac{V_0 - V_{kr}}{g}. \quad (5)$$

Показник дальності ураження цілі у вертикальній площині буде також залежати від кута руху осколків інженерних боєприпасів α . При цьому величина кута α буде впливати на висоту ураження повітряної цілі h_{yr} .

Для визначення h_{yr} будемо використовувати вираз:

$$h_{yr} = L_{yr} \cdot \sin \alpha, \quad (6)$$

Показник висоти ураження повітряної цілі h_{yr} інженерними боєприпасами направленої дії з різними значеннями кута α відображено в табл. 4.

Таблиця 4

Розрахункові дані показника висоти ураження повітряної цілі з використанням інженерних боєприпасів у вертикальній площині

| Кут α , град. | h_{yr} , м | |
|----------------------|--------------|---------|
| | МОН-90 | МОН-200 |
| 90 | 90 | 200 |
| 80 | 89 | 197 |
| 70 | 84 | 188 |
| 60 | 78 | 173 |
| 50 | 69 | 153 |
| 40 | 58 | 128 |

При цьому з постійним зменшенням кута α на 10 град висота ураження повітряної цілі h_{yr} буде зменшуватися в середньому на 10 %. При розрахунках для дальності ураження цілі L_{yr} використані існуючі технічні характеристик інженерних боєприпасів МОН-90, МОН-200 та не враховувалися V_0, V_{kr} .

3. Визначаємо імовірність ураження повітряної цілі.

Імовірність ураження повітряної цілі інженерними боєприпасами P_{yib} буде залежати від щільності осколкового поля та розмірів проекції площі зустрічі осколків з цілю. Імовірність ураження P_{yib} має вигляд [10]:

$$P_{yib} = 1 - \exp\left(-\Pi \cdot \frac{S_y}{n_{yr}}\right), \quad (7)$$

де, Π – щільність осколків; S_y – площа ураження цілі, м²; n_{yr} – кількість попадань осколків у ціль.

Щільність осколків Π визначається із врахуванням способу формування зон ураження цілей, кутів розльоту уламків та їх кількості, а кількість уламків залежить від способу формування осколкового поля та визначається наступним виразом [10]:

$$\Pi = \frac{N}{S_{cp}}, \quad (8)$$

де, N – кількість осколків; S_{cp} – площа поверхні фронту уламкового поля, м².

Форма фронту осколкового поля може мати вигляд шарового сегменту, тоді його площа визначається [10]:

$$S_{cp} = 2\pi r^2 \left[1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right], \quad (9)$$

де, r – відстань від місця ініціювання боєприпасу; α – кут руху осколків.

Для умов рівномірного розподілу осколків в межах сформованого осколкового поля були визначені значення щільності вісісиметричного спрямованого поля осколків, залежність від віддалення від точки ініціювання (рис. 3) [10].

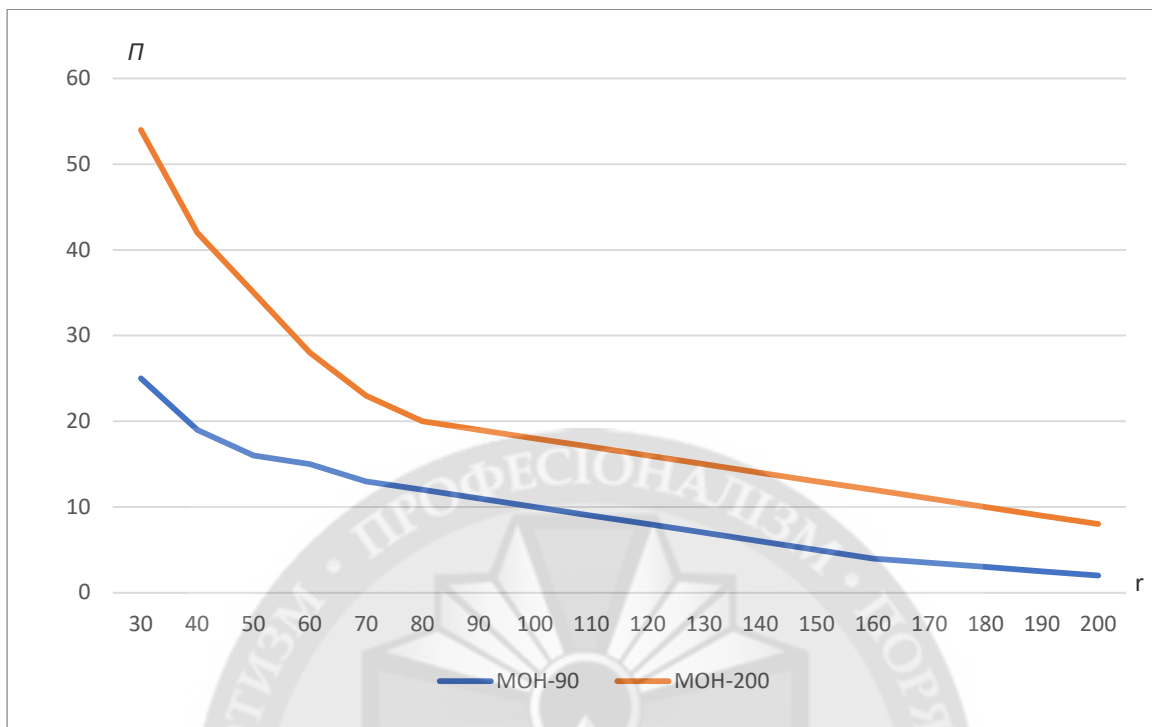


Рисунок 3 – Залежність щільності осколкового поля від віддалення точки ініціювання інженерних боєприпасів

Дослідження показали, що найбільша імовірність ураження цілі досягається при попаданні в її проекцію не менш ніж три осколка на 1 м² [11].

Імовірність ураження P_{yib} в корпус повітряної цілі інженерними боєприпасами МОН-90 та МОН-200 в залежності від віддалення місця ініціювання боєприпасу наведено на рис. 4.

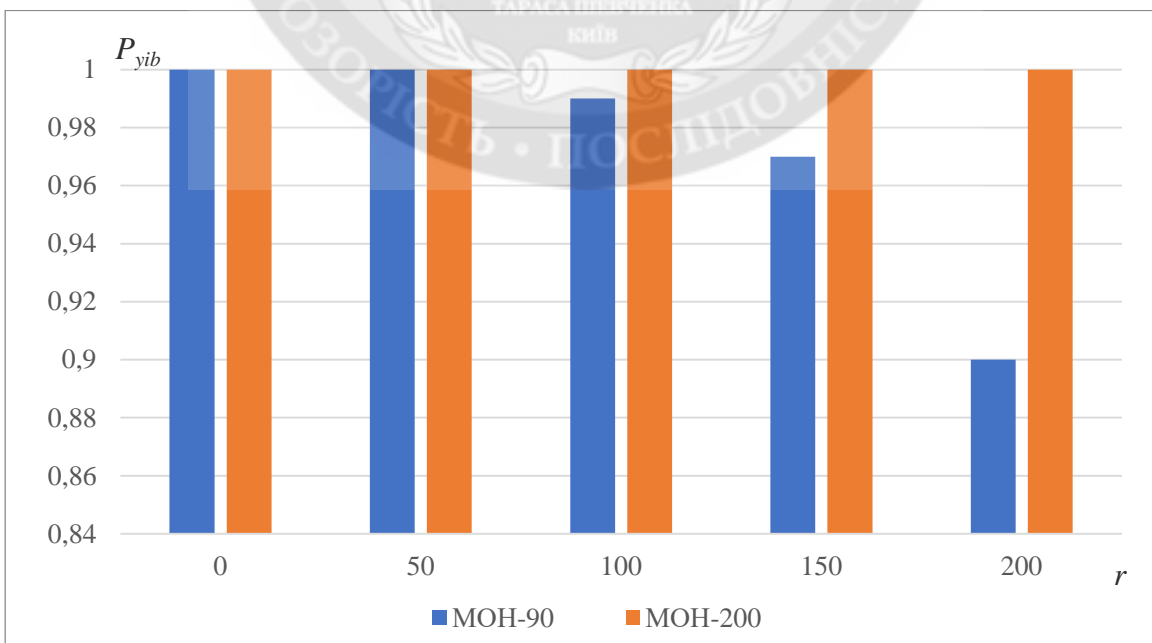


Рисунок 4 – Залежність ймовірності влучення P_{yib} в корпус повітряної цілі

Розрахунки показали, що імовірність ураження повітряної цілі P_{yib} при знаходженні її в зону ураження осколкових вибухових пристроїв направленої дії знаходиться в межах середнього показника 0,9. При цьому не враховано дальність ураження цілі L_{yr} інженерними боеприпасами, а основним показником у досягненні таких значень відбувається за рахунок великої щільності осколків Π [11]. Отже, середній показник імовірності ураження повітряної цілі інженерними боеприпасами буде становити 0,9, що досить високий.

За допомогою цього принципу зміни кутових показників та відповідного розміщення інженерних боеприпасів можливо створити “осколковий купол” з використанням осколкових полів навколо об’єкта який підлягатиме захисту від ураження БПЛА.

Для розміщення інженерних боеприпасів направленої дії найбільш доцільним варіантом буде використовувалися фігурних форм, таких як колоподібної та квадратовидної форми.

Відстань між мінами буде залежати від щільності осколкових полів відповідно до їх форми та розмірів. Ряди МП будуть встановлюватися зі зміщенням, це забезпечить зменшення “сліпих зон” між осколковими полями [12, 13]. Кількість інженерних боеприпасів буде залежити від збільшення дальності встановлення боеприпасів та розміру площі об’єкта.

В подальшому необхідно визначити надходження повітряної цілі в зону ініціації інженерного боеприпасу, з координатами мін (x_n, y_n, z_n) та БПЛА (x_c, y_c, z_c) , що матиме нерівність:

$$\sqrt{(x_c(t) - x_n)^2 + (y_c(t) - y_n)^2 + (z_c(t) - z_n)^2} < R, \quad (10)$$

де, R – відстань до повітряної цілі.

На рис. 5 відображено варіант розміщення осколкових вибухових пристроїв направленої дії у фігурних формах.

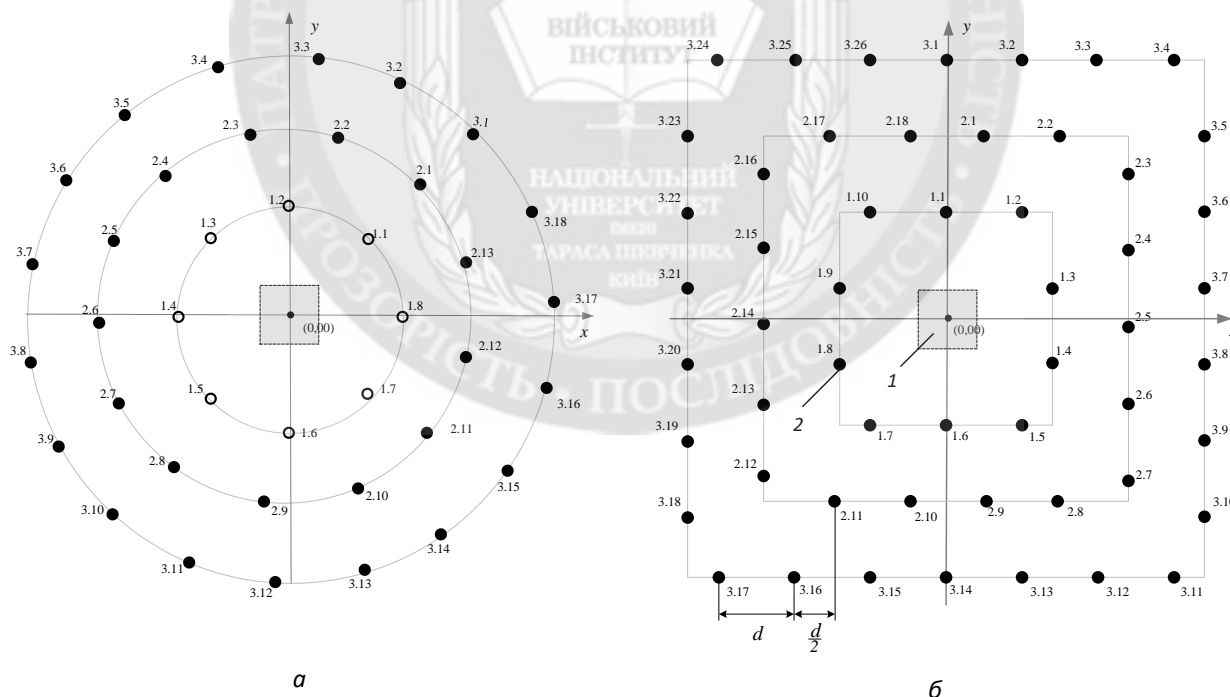


Рисунок 5 – Варіант схеми розміщення осколкових вибухових пристроїв направленої дії:

a – колоподібна форма; b – квадратовидна форма; 1 – площа об’єкта; 2 – інженерний боеприпас; d – відстань між мінами

Таким чином, для ураження повітряної цілі типу БпЛА використання осколкових інженерних боеприпасів направленої дії є доцільним з подальшим створенням системи захисту військ та об'єктів від ураження повітряних цілей.

Результати даних розрахунків дозволяють зробити висновок що осколкові вибухові пристрої направленої дії, або їх аналоги можуть ефективно використовуватися для ураження малозшвидкісних, низьколітаючих повітряних цілей з визначеними характеристиками.

Висновки. Використання осколкових боеприпасів для боротьби з БпЛА на сьогоднішній день є пріоритетним шляхом ефективною протидії даним засобам. Проте, в існуючих дослідженнях недостатня увага звернена до застосування осколкових протипіхотних вибухових пристроїв направленої дії, які знаходяться на озброєнні ЗС України і характеризуються як відносно дешевий та ефективний засіб.

В роботі запропонована методика розрахунку основних параметрів інженерних боеприпасів для ураження БпЛА. Отримано швидкісні параметри осколка, дальність ураження цілі з різними формами осколків та коефіцієнтом C , вирази висоти ураження цілі зі зміною кута руху осколка та імовірність ураження цілі в залежності від щільності осколкового поля та площі цілі. Наведені варіанти розміщення осколкових вибухових пристроїв направленої дії з різним фігурними формами.

Напрямок подальших досліджень може бути розробка активної системи захисту об'єктів та військ від ураження БпЛА з використанням осколкових вибухових пристроїв направленої дії у вигляді захисного купола з осколкових полів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Майстренко О.В., Іваник Є.Г., Прокопенко В.В., Бубенчиков Р.В., Стегура С.І. Методика розрахунку ураження безпілотних літальних апаратів артилерійськими боеприпасами. Збірник наукових праць Національної академії сухопутних військ. Львів. 2018. Вип. 3(10), С 34-40.

2. Мельничук А.И., Горячев Н.В., Юрков Н.К. Способы и средства противодействия беспилотным летательным аппаратам. Надежность и качество сложных систем. 2020, Вип. 4(32). С 131-138. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-i-sredstva-protivodeystvia-bespilotnym-letatelny-m-apparatfm> (дата звернення 17.05.2023).

3. Ленков С., Кривцун В., Мірошніченко О., Голушко С., Кольцов Р. Аналіз стану розвитку питання захисту об'єктів критичної інфраструктури з використанням інженерних боеприпасів. *Underwatertechnologiesindustrialandcivilengineering*. 2023. С 81-91.

4. Кривцун В.І., Нагачевський В.Й., Каленик М.М., Голушко С.Л. Використання осколкових протипіхотних вибухових пристроїв направленої дії як один із засобів протидії БпЛА в умовах обмежених ресурсів. Збірник наукових праць НАДПСУ. Хмельницький. 2024, Вип. 94(1). С 152-164.

5. Саламахин Т.М., Мякишев Б.А., Ротт О.Е., Франкевич А.А., Целовальников Е.П., Вищещев В.Ю. Основы применения взрыва для решения военно-инженерных задач при ведении боевых действий. \Підручник\ Част. 1. М. 2013, 463с. Доступ до підр.: <https://www.sprttyvg7.com.ua>.

6. Ментус І.Е. Ефективність інженерних боеприпасів. \Навчальний посібник\ – Кам'янець-Подільський: ФВП ПДАТУ, 2008, 80 с.

7. Средства поражения и боеприпасы: учебник / Под ред. В.В. Селиванова. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 284 с. Доступ до підр.: <https://ru.scribd.com/search?query>.

8. Бричинський О.В., Окіпняк Д.А., Малюк В.М., Бурашніков О.О., Ковальов Г.Г., Фарбота А.І., Нецадін О.В., Головатий Р.М. Вибухова справа \Підручник\ Львів, НАСВ. 2023, 488с.

9. Гуцул Т., Жежера І., Ткач В. Особливості класифікації та методів вибору БпЛА. *Технічні науки та технології*. 2022. Вип. 4(30), С 201-212.

10. Журавлев А.А., Орлов С.В. Обґрунтування значення площі досвідного ураження цілі в засобах ураження, оснащених осколочно-фугасними боєприпасами. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. Харків. 2012, Вип. 3(9) С. 176-178.

11. Макаренко С.И., Тимошенко А.В. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. [Электронный ресурс]. Системы управления, связи и безопасности. 2020 Вип. 1, С. 147-197 Режим доступа до журн.: <http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/06-Makarenko.pdf>.

12. Наказ МОУ від 04.01.2017 №2 “Керівництво з застосування інженерних боєприпасів у міністерстві оборони України та Збройних силах України”. Київ, 289 с.

13. Ткачук П.П., Чумакевич В.О., Дробан О.М., Федор Б.С., Евдокимов П.М. Боєприпаси: //Підручник// Львів: АСВ, 2011. – 319 с.

REFERENCES:

1. Maistrenko O.V., Ivanyk Ye.H., Prokopenko V.V., Bubenshchikov R.V., Stehura S.I. (2018). “Metodyka rozrakhunku urazhennia bezpilotnykh litalnykh aparativ artileryiskymy boieprypasamy”. [Methodology for calculating the defeat of unmanned aerial vehicles by artillery ammunition]. Collection of scientific papers of the National Army Academy, No. 3 (10), pp 34-40.

2. Melnychuk A.Y., Horiachev N.V., Yurkov N.K. (2020). “Sposoby i sredstva protyvodeistviya bespilotnym letatelnykh apparatam”. [Ways and means of countering unmanned aerial vehicles]. Reliability and quality of complex systems, No. 4 (32), pp 131-138, <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-i-sredstva-protivodeistviya-bespilotnym-letatelnykh-apparatam> (accessed 17 may 2023).

3. Lienkov S., Kryvtun V., Miroshnichenko O., Holushko S., Koltsov R. (2023). “Analiz stanu rozvytku pytannia zakhystu ob'ektiv krytychnoi infrastruktury z vykorystanniam inzhenernykh boieprypasiv”. [Analysis of the state of development of the issue of protection of critical infrastructure facilities using engineered munitions]. pp 81-91.

4. Kryvtun V.I., Nahachevskiy V.I., Kalenyk M.M., Holushko S.L. (2023). “Vykorystannia oskolkovykh protypikhotnykh vybukhovykh prystroiv napravlenoi dii yak odyn iz zasobiv protydii BpLA v umovakh obmezhenykh resursiv”. [The use of fragmentation anti-personnel explosive devices as a means of countering UAVs in conditions of limited resources]. Collection of scientific works of NADPSU, No. 94(1), pp 152-164.

5. Salamakhyn T.M., Miakyshev B.A., Rott O.E., Franskevych A.A., Tselovalnykov E.P., Vysiashchev V.Iu. (2013) “Osnovu pryumeneniya vzryva dlia resheniia voenno-ynzhenernykh zadach pry vedeniuy boevykh deistviy”. [Fundamentals of using explosion to solve military engineering problems in combat operations]. Art. 1. Textbook. P. 463, <https://www.sprartyg7.com.ua>.

6. Mentus I.E. (2008). “Efektyvnist inzhenernykh boieprypasiv”. [Effectiveness of engineered munitions]. Faculty of Military Training at Podilskyi State Agrarian and Technical University. P. 80.

7. V.V. Selyvanov (2008). “Sredstva porazheniia y boeprypasu” [Means of destruction and ammunition] Bauman M. State Technical University Publishing House. 284 p. <https://ru.scribd.com/search?query>.

8. Brychynskiy O.V., Okipniak D.A., Maliuk V.M., Burashnikov O.O., Kovalov H.H., Farbota A.I., Neshchadin O.V., Holovatyi R.M. (2023). “Vybukhova sprava” [Explosives business]. Textbook. National Academy of Land Forces. P. 488.

9. Hutsul T., Zhezhera I., Tkach V. (2022). “Osoblyvosti klasyfikatsii ta metodiv vyboru BpLA” [Features of UAV classification and selection methods]. Technical sciences and technologies, No. 4(30), pp 201-212.

10. Zhuravliev A.A., Orlov S.V. (2012). “Obgruntuvannia znachennia ploshchi dosvidnoho urazhennia tsili v zasobamy urazhennia, osnashcheny oskolochno-fugasnyy boieprypasamy” [Substantiation of the value of the area of experimental target destruction in the means of destruction equipped with high-explosive munitions]. Science and Technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, No. 3(9), pp 176-178.

11. Makarenko S.Y., Tymoshenko A.V. (2020). “Analiz sredstv y sposobov protyvodeistviya bespilotnym letatelnykh apparatam”. [Analysis of means and methods of countering unmanned aerial vehicles]. Control, communication and security systems, No. 1, pp 147-197, <http://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/06-Makarenko.pdf>.

12. Nakaz MOU vid 04.01.2017 №2“Kerivnytstvo z zastosuvannia inzhenernykh boieprypasiv u ministerstvi oborony Ukrainy ta Zbroinykh sylakh Ukrainy”. [Guidelines for the use of engineered munitions in the Ministry of Defense of Ukraine and the Armed Forces of Ukraine]. P. 289.

13. Tkachuk P.P., Chumakevych V.O., Droban O.M., Fedor B.S., Evdokymov P.M. (2011). “Boieprypasy”. [Ammunition]. P. 319.

PhD Kryvtsum V.I., Holushko S.L.

METHODOLOGY FOR CALCULATING THE MAIN PARAMETERS OF FRAGMENTATION EXPLOSIVE DEVICES FOR DESTRUCTION OF AIR TARGETS OF THE BPL TYPE

Based on the experience of the Russian-Ukrainian war, there is a tendency to increase the number of unmanned aerial vehicles used to destroy equipment, personnel, and infrastructure. For this purpose, unmanned aerial vehicles such as barrage munitions, kamikaze, drop drones, etc. are used. The share of losses of weapons and equipment, as well as personnel, caused by such weapons has become the largest compared to other means of destruction. To counteract such means, various anti-aircraft missile systems, electronic warfare equipment and mobile fire groups are used. The most effective way to defeat unmanned aerial vehicles is to hit them with a large number of destructive elements (fragments). Taking into account the ratio of the cost of unmanned aerial vehicles and means of their destruction, in particular anti-aircraft missile munitions, the paper proposes the use of fragmentation explosive devices of directed action to defeat attack unmanned aerial vehicles according to the "effectiveness-cost" criterion.

The article presents an analysis of studies of the effectiveness of the use of directed-action fragmentation munitions. A study of the feasibility of using directed-action fragmentation engineering ammunition of the MON series mines is carried out. On the basis of the mathematical model of the flight of a fragment, taking into account its shape, a methodology for calculating the main parameters of fragmentation explosive devices of directed action for the destruction of air targets such as unmanned aerial vehicles is proposed. Mathematical calculations are presented to determine the main characteristics of fragmentation explosive devices of directed action for defeating unmanned aerial vehicles, taking into account the external trajectory measurements of the target and the factors that affect the formation of the fragmentation field (zone). Schemes of deployment of fragmentation explosive devices of directed action for the protection of objects are proposed.

Keywords: unmanned aerial vehicle, means of destruction, engineering fragmentation munitions of directed action, protection of objects.