

УДК 623.546

А.А. Журавлєв, С.В. Герасимов

Харківський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ МАССЫ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕУПРАВЛЯЕМОГО ОСКОЛОЧНО-ФУГАСНОГО БОЕВОГО ЭЛЕМЕНТА

В статье предложена методика оптимизации массы поражающих элементов неуправляемого осколочно-фугасного боевого элемента кассетной боевой части для различных типов объектов, характеризующихся различными моделями уязвимости. Показаны особенности поражения различных типов объектов в зависимости от массы поражающих элементов. Сделаны предложения по использованию разработанной методики.

Ключевые слова: масса поражающего элемента, осколочное поражение, критерии оптимальности.

Введение

Постановка проблемы. Кассетная боевая часть (КБЧ), оснащенная неуправляемыми осколочно-фугасными боевыми элементами (НОФБЭ) предназначена для поражения разных типов объектов. Поэтому, оптимизация массы готовых поражающих элементов (ПЭ), образующихся при разрыве НОФБЭ, должна проводиться по заданному множественному числу типовых расчетных объектов с учетом двух противоречивых требований [1 – 4]:

– масса готового ПЭ должна быть такой, чтобы он мог пробить оболочку объекта, который максимально защищен (объект с максимальным значением стального эквивалента $h_{ст}^3$). Это требование приводит к необходимости увеличивать значение массы ПЭ $m_{ПЭ}$ и, соответственно, при заданной массе НОФБЭ – уменьшать количество готовых ПЭ, что, как результат, приведет к уменьшению плотности осколочного поля одного НОФБЭ;

– плотность результирующего осколочного поля должна быть такой, чтобы убийный ПЭ попадал в

уязвимую площу самого малорозмерного об'єкта (об'єкта з мінімальним значенням уязвимої площі S_y), що потребує збільшення кількості ПЭ.

Удовлетворити ці два протирічливі вимоги в рамках оптимізації значення маси готових ПЭ одного НОФБЭ не вдається для заданого переліку типових розрахункових об'єктів ураження. Значительно скоротити об'єм вирахувань можливо, якщо обмежитися розглядом тільки зачетних об'єктів ураження.

В статті розглядається один із підходів к можливості задовольнити ці два протирічливі вимоги.

Аналіз публікацій. Аналіз літератури показав, що існують два напрямки оптимізації маси готових ПЭ, що утворюються при розриві НОФБЭ [1–4]:

– по показателям, що характеризують осколочне поле одного НОФБЭ;

– по показателям, що характеризують результуюче осколочне поле, яке утворюється при одночасному розриві всіх НОФБЭ однієї КБЧ.

Цілью статті є розробка методики оптимізації значення маси ПЭ, що утворюються при розриві НОФБЭ однієї КБЧ.

Основная часть

Оптимізація значення маси ПЭ одного НОФБЭ проводиться по розрахунку ураження елементарного об'єкта (ЭО) з максимальним значенням сталого еквівалента $h_{ст}^3$, а необхідна густина осколочного поля може бути досягнута за рахунок зменшення площі, на якій розкидаються НОФБЭ при відкритті однієї КБЧ, так, щоб відбувалося взаємне перетинання приведених областей ураження.

Введемо множину $\Omega_{ЭО}$ ЭО, для ураження яких створюється КБЧ:

$$\Omega_{ЭО} = \{ЭО_1, ЭО_2, \dots, ЭО_n, \dots, ЭО_N\},$$

де N – кількість типів ЭО.

Пусть кожен ЭО _{n} характеризується моделлю ураження з двома параметрами $h_{ст\ n}^3$ і $S_{y\ n}$. Для множини $\Omega_{ЭО}$ вводиться узагальнений об'єкт ураження, який характеризується параметрами:

$$h_{ст\ max}^3 = \max_{n \in [1, N]} h_{ст\ n}^3; \quad S_{y\ min} = \min_{n \in [1, N]} S_{y\ n}.$$

Використання узагальненого об'єкта ураження для заданої множини $\Omega_{ЭО}$ дозволяє скоротити об'єм вирахувань при проведенні оптимізації значення маси готового ПЭ.

При розробці методики оптимізації значення маси ПЭ НОФБЭ використовуються наступні допущення і вихідні дані:

– розглядається НОФБЭ, що утворює осесиметричне кругове поле ПЭ. Осесиметричне

кругове поле ПЭ характеризується кутом розльоту $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$, в створі якого розлітаються 80...90 % всіх ПЭ. Для циліндричних оболонок НОФБЭ з удлинением $L_0/d_0 = 1,5 \dots 2,5$ при точковому ініціюванні з торця заряду і з центру заряду кут розльоту $\Delta\varphi \approx 15^\circ \dots 25^\circ$;

– розрив НОФБЭ відбувається на заданій висоті h_p^* ;

– розміри НОФБЭ пренебрежимо малі порівняно з розмірами осколочного поля;

– фугасним впливом НОФБЭ пренебрегаємо;

– осколочна оболочка виготовляється в загальному випадку закладкою готових квадратних ПЭ;

– осколочне поле можна розглядати як однозонне, осесиметричне, кругове з невеликим кутом розльоту ($\Delta\varphi \leq 40^\circ$) і постійною швидкістю ПЭ на еквідистантній від точки розриву поверхні, обмеженої кутом розльоту;

– ціль однокомпонентна, характеризується постійною уязвимою площею S_y і сталым еквівалентом $h_{ст}^3$;

– ПЭ рухаються по настільним траєкторіям;

– густина повітря ρ_v вздовж траєкторії ПЭ постійна;

– вплив сили тяжесті на зміну модуля вектора швидкості ПЭ пренебрежимо мало.

Оптимізація значення маси ПЭ, що утворюються при розриві одного НОФБЭ, проводиться з метою отримання максимального значення площі розширеної області достовірних уражень заданих типів об'єктів або максимального значення площі приведеної зони ураження, де залежність ймовірності ураження ЭО від координат точок розриву боєприпасу дистанційного дії (координатний закон ураження) має ступінчастий вигляд.

Використання приведеної зони ураження дозволяє звести задачу визначення ймовірності ураження цілі к більш простій задачі визначення ймовірності попадання точки з випадковими координатами в певну область.

Для оцінки області ураження НОФБЭ пропонується використовувати наступні показники:

– убойна дальність $X_{уб}$;

– приведена дальність $x_{п}$;

– ймовірність $P_{п}$ ураження розрахункового об'єкта, який характеризується моделлю уязвимості з заданими параметрами.

Значення $X_{уб}$ убойного інтервалу ПЭ обчислюється по формулі:

$$X_{уб} = \frac{2}{k} \ln \left(\frac{V_0}{V_{уб\ tp}} \right), \quad (1)$$

де $V_{уб\ tp}$ – значення убойної швидкості сталого ПЭ; V_0 – початкова швидкість ПЭ.

Начальная скорость V_0 ПЭ для случая осевой симметрии боевого элемента рассчитывается по формуле Покровского-Гарни:

$$V_0 = 0,5 \varphi_0 D \sqrt{\xi/(2-\xi)}, \quad (2)$$

где ξ – местный коэффициент наполнения; D – скорость детонации заряда взрывчатого вещества (ВВ); φ_0 – числовой коэффициент.

Значение коэффициента наполнения ξ можно вычислить используя следующие соотношения:

$$\xi = \frac{\alpha}{1-\mu}; \quad \alpha = \frac{m_{ВВ}}{m_{БЭ}}; \quad \mu = \frac{m_{кн}}{m_{БЭ}}; \quad (3)$$

где $m_{БЭ}$ – масса боевого элемента (БЭ); $m_{ВВ}$ – масса взрывчатого вещества БЭ; $m_{кн}$ – масса всех конструктивных частей БЭ, не используемых для осколкообразования.

Числовой коэффициент φ_0 зависит от оболочки БЭ и составляет:

- для оболочки естественного дробления $\varphi_0 = 0,98$;
- для оболочки заданного дробления $\varphi_0 = 0,9 \dots 0,95$;
- для оболочки с готовыми ПЭ $\varphi_0 = 0,8 \dots 0,85$.

Значения D скорости детонации заряда для типовых ВВ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения D скорости детонации заряда для типовых ВВ

Тип ВВ	D , м/с
ТНТ	6200
Гексоген-алюминий флегматизированный	7900
Октоген флегматизированный	8600

Значение x_{Π} радиуса приведенной площади осколочного поражения одним НОФБЭ равно:

$$x_{\Pi} = \sqrt{S_{\Pi}/\pi}, \quad (4)$$

где S_{Π} – приведенная площадь осколочного поражения одним НОФБЭ, которая вычисляется с помощью соотношения:

$$S_{\Pi} = 2 \pi \int_0^{X_{y6}} \left(1 - \exp \left[- \frac{S_y N_{ПЭ}}{4 \pi x^2 (1 - \sin \varphi_1)} \right] \right) x dx, \quad (5)$$

где $N_{ПЭ}$ – количество ПЭ в БЭ; x – расстояние от точки подрыва БЭ; φ_1 – угол разлета ПЭ.

Значение P_{Π} вероятности нанесения ущерба объекту, находящемуся на расстоянии x_{Π} от точки разрыва одного НОФБЭ, вычисляется по формуле:

$$P_{\Pi} = 1 - \exp \left[- \frac{S_y N_{ПЭ}}{4 \pi x_{\Pi}^2 (1 - \sin \varphi_1)} \right]. \quad (6)$$

Анализ результатов оценки параметров осколочного поля одного НОФБЭ позволяет сделать заключение, что готовые ПЭ с массой (4, ... 6, г) при разрыве суббоеприпаса приобретают достаточно большую кинетическую энергию и по отношению к незащищенным и небронированным объектам разных типов сохраняют убойные свойства на достаточно больших расстояниях (от 50, ..., 70 м до 160, ..., 200 м). Однако, количество ПЭ (200, ..., 300, шт.) таково, что на убойных дистанциях $0 < x < X_{y6}$ значения вероятности попадания убойного ПЭ в уязвимую площадь типового ЭО достаточно мало $P(X_{y6}) = (0,0002 \dots 0,0005)$. По определению показатель x_{Π} ($0 < x_{\Pi} < X_{y6}$) является средневзвешенной величиной убойной дальности и $P(x_{\Pi}) \sim 1$. Факт, что значение $P(x_{\Pi})$ значительно меньше 1, противоречит определению приведенной зоны поражения объекта. По определению, в приведенной зоне поражения значение вероятности поражения ЭО должно быть близко к 1.

Таким образом, для заданной конструкции НОФБЭ необходимо определить такие значения масс ПЭ, при которых будет выполняться условие:

$$P(x_{\Pi}) \sim 1. \quad (7)$$

Оптимальное значение массы ПЭ, образующихся при разрыве одного НОФБЭ, для заданного типа объектов поражения предлагается рассчитывать по критерию:

$$m_{ПЭ}^{opt1(2)} = \max_{m_{ПЭ} \in [m_1, m_2]} \Lambda_{1(2)}(m_{ПЭ}), \quad (8)$$

где $\Lambda_1(m_{ПЭ}) = X_{y6}(m_{ПЭ})P(X_{y6})$,

$\Lambda_2(m_{ПЭ}) = x_{\Pi}(m_{ПЭ})P(x_{\Pi})$, или по критерию:

$$\Lambda_3(m_{ПЭ}) = 1, \quad (9)$$

где $\Lambda_3(m_{ПЭ}) = X_{y6}(m_{ПЭ})P(X_{y6}) / (X_{пр}(m_{ПЭ})P(X_{пр}))$.

Результаты оценок по предложенным критериям оптимальных значений масс ПЭ для различных типов объектов с различной уязвимостью, представлены в табл. 2 – 3. Отметим, что при расчетах было принято допущение, что массы взрывчатого вещества и стальной рубашки НОФБЭ неизменны.

Таблица 2

Оптимальные значения масс ПЭ для поражения открыто расположенной незащищенной живой силы:

$$h_{ст} = 1 \text{ мм}; S_y = 0,5 \text{ м}^2$$

$m_{ПЭ}$, г	X_{y6} , м	$P(X_{y6})$	$\Lambda_1(m_{ПЭ})$	x_{Π} , м	$P(x_{\Pi})$	$\Lambda_2(m_{ПЭ})$	$\Lambda_3(m_{ПЭ})$
$m_{ПЭ}^{opt1} = 0,05$	19,4	0,92	17,81	13,6	0,99	13,5	1,32
$m_{ПЭ}^{opt2} = 0,07$	24,5	0,68	16,7	16,2	0,92	14,9	1,12
$m_{ПЭ}^{opt3} = 0,085$	27,8	0,53	14,7	17,3	0,85	14,5	1

Таблиця 3

Оптимальные значения масс ПЭ для поражения небронированной техники: $h_{ст}^3 = 5 \text{ мм}$; $S_y = 1,8 \text{ м}^2$

$m_{ПЭ}, \text{ г}$	$X_{v6}, \text{ м}$	$P(X_{v6})$	$\Lambda_1(m_{ПЭ})$	$x_{П}, \text{ м}$	$P(x_{П})$	$\Lambda_2(m_{ПЭ})$	$\Lambda_3(m_{ПЭ})$
$m_{ПЭ}^{opt_1} = 0,8$	10,7	0,82	8,8	7,3	0,97	7,1	1,24
$m_{ПЭ}^{opt_2} = 1,0$	15,9	0,48	7,7	9,7	0,8	7,81	0,98
$m_{ПЭ}^{opt_3} = 0,98$	15,4	0,51	7,85	9,5	0,82	7,8	1,0

Результаты расчетов, приведенные в табл. 2 – 3 показывают, что при прочих равных условиях уменьшение значения массы ПЭ при постоянных значениях масс стальной рубашки и взрывчатого вещества НОФБЭ приводит:

– к увеличению количества ПЭ и, как следствие, к увеличению плотности осколочного поля;

– к уменьшению значения убойного интервала с одновременным увеличением значения вероятности попадания убойного ПЭ в уязвимую площадь объекта на конце этого интервала;

– сначала к увеличению, а затем к уменьшению значения приведенного радиуса области достоверного поражения с одновременным увеличением значения вероятности попадания убойного ПЭ в уязвимую площадь объекта на конце этого интервала;

– полученные оптимальные значения масс ПЭ для поражения различных типов объектов образуют такие области осколочных полей, которые характеризуются высокими значениями вероятности поражения объекта $P(x_{П}) = 0,8 \dots 0,99$, что соответствует определению приведенной области поражения ЭО.

Таким образом, сформулируем методику оптимизации массы поражающих элементов неуправляемого осколочно-фугасного боевого элемента.

1. Вводятся допущения и исходные данные, необходимые для расчетов.

2. Проводится оценка области поражения НОФБЭ по формулам (1) – (6) и данным табл. 1.

3. Для заданной конструкции НОФБЭ формулируется оптимизационная задача по нахождению массы ПЭ по критерию (8) или (9) при выполнении условия (7).

4. Результаты расчетов оценок оптимальных значений масс поражающих элементов для уничто-

жения (нанесения ущерба) различных типов объектов, которые характеризуются принятыми моделями уязвимости, по критериям (8) и (9) позволяют выбирать оптимальные значения масс ПЭ для поражения различных типов объектов и при необходимости регулировать массу поражающих элементов для поражения территории с большей площадью или более защищенных объектов.

Выводы

Предложенная методика оптимизации значения массы поражающих элементов неуправляемого осколочно-фугасного боевого элемента может быть использована при обосновании вариантов разработки конструкций касетных боевых частей, проверки принятых технических решений при разработке новых касетных боевых частей для ракетных комплексов или реактивных систем залпового огня и артиллерийских систем.

Список литературы

1. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии / Б.А. Авотынь, Е.Г. Анисимов и др. – СПб: Галлея Принт, 2006. – 424 с.
2. Балаганский И.А. Действие средств поражения и боеприпасов / И.А. Балаганский, Л.А. Мерзневский. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2004. – 408 с.
3. Средства поражения и боеприпасы / А.В. Бабкин, В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов и др.; под общ. ред. В.В. Селиванова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 984 с.
4. Фендриков Н.М. Методы расчетов боевой эффективности вооружения / Н.М. Фендриков, В.И. Яковлев. – М.: Воениздат. – 1971. – 224 с.

Поступила в редколлегию 28.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Сотніков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ МАСИ ВРАЖАЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ НЕКЕРОВАНОГО ОСКОЛКОВО-ФУГАСНОГО БОЙОВОГО ЕЛЕМЕНТА

О.О. Журавльов, С.В. Герасимов

У статті запропонована методика оптимізації маси вражаючих елементів некерованого осколково-фугасного бойового елементу касетної бойової частини для різних типів об'єктів, що характеризуються різними моделями уразливості. Показані особливості ураження різних типів об'єктів залежно від маси вражаючих елементів. Зроблені пропозиції по використанню розробленої методики.

Ключові слова: маса вражаючого елементу, осколкове враження, критерії оптимальності.

METHOD OF OPTIMIZATION OF MASS OF STRIKING ELEMENTS OUT OF CONTROL SPLINTER-HIGH-CAPACITY BATTLE ELEMENT

A. A. Zhuravlev, S. V. Gerasimov

In the article the method of optimization of mass of striking elements of out of control splinter-high-capacity battle element of casette battle part is offered for the different types of objects, characterized the different models of vulnerability. The features of defeat of different types of objects are rotined depending on mass of striking elements. Done suggestion on the use of the developed method.

Keywords: mass of striking element, splinter defeat, criteria of optimality.