Черный Роман Романович
адъюнкт 105 кафедры механики

Вешкин Сергей Владимирович
преподаватель отдельной дисциплины
(тренажной подготовки)

Терехов Владимир Валерьевич
кандидат технических наук, доцент,
заведующий 105 кафедрой механики
филиал ВУНЦ ВВС «ВВА» им. Ю.А. Гагарина
и профессора Н.Е. Жуковского (г. Краснодар)
set@id-yug.com

Chernyi Roman Romanovich
Graduate Student

Veshkin Sergey Vladimirovich
Instructor of Simulator Training

Terekhov Vladimir Valerevich
Head 105 Department of Mechanics
Ph.D., Docent Russian Air Force Military Educational and Scientific Centre «Air Force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin» (Krasnodar branch)
set@id-yug.com

Аннотация. В статье речь идет о математических методах, оценки эффективности применения авиационных средств поражения. Рассмотренные в статье математические методы позволяют в первом приближении по заданному уровню эффективности авиационных средств поражения определить уязвимость цели и требуемое число средств поражения.

Annotation. The subject matter of the article are mathematical methods for evaluation of aircraft destructive means effectiveness which allow to determine target vulnerability and required means of destruction

Ключевые слова: математические методы, вероятность, оценка эффективности, авиационные средства поражения, уровень эффективности, уязвимость цели, средства поражения, вероятностный закон.

Keywords: mathematical method, probability, evaluation of effectiveness, aircraft destruction means, level of effectiveness, target vulnerability, destruction means, law of probability

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫМИ МЕТОДАМИ

♦ ♦ ♦

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF AVIATION MEANS OF DESTRUCTION PROBABILISTIC METHODS

В последние десятилетия произошли значительные изменения в характере и способах ведения боевых действий. Это обусловлено оснащением армий наиболее развитых государств мира новейшими системами высокоточного оружия, созданного на основе «искусственного интеллекта», роботизированными комплексами, оружием на новых физических принципах, а также средствами оперативного обеспечения и управления с широким использованием информационных технологий.

Данные изменения, в свою очередь, вызывают необходимость еще раз уточнить теоретические аспекты при применении обычных средств поражения, которые полностью подчинены вероятностным законам распределения случайных величин.

При ведении боевых действий необходимо оценивать эффективность применения авиационных средств поражения (АСП), которая определяется: вероятностью поражения (учитывая индивидуальные особенности летчика), АСП, площадь поражения. В ряде случаев, когда по цели одновременно применяется большое количество средств поражения и площади разрывов АСП каким-то, образом смыкаются друг с другом, удобнее заменять такую суммарную площадь разрывов площадью прямоугольника, на котором боеприпасы распределяются равномерно. Если обозначить размеры такого прямоугольника (см. рис. 1) через L_x и L_z, а вероятные отклонения прицельного рассеивания считать равными E_{xr} и E_{zr}, то вероятность накрытия прямоугольником разрывов определяется по формуле из теории вероятностей:

$$P = \Phi\left(\rho\frac{L_x}{2E_{xr}}\right)\Phi\left(\rho\frac{L_z}{2E_{zr}}\right), \tag{1}$$

где $\Phi(z)$ известная функция Лапласа:

$$\Phi(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^z e^{-t^2}\,dt. \tag{2}$$

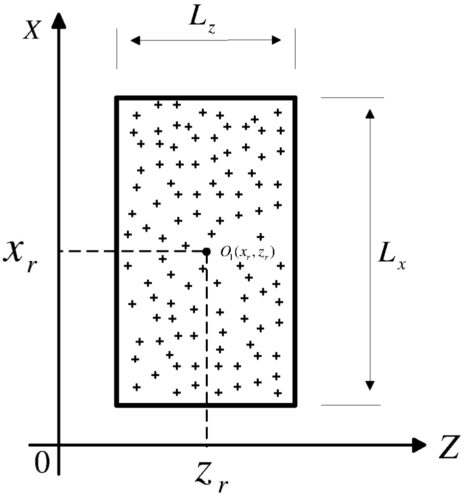

Рис. 1. Равномерное распределение снарядов на площади прямоугольника.

Вероятность поражения цели, накрытой прямоугольником разрывов, выражается через математическое ожидание числа АСП, поразивших цель:

$$W = 1 - e^{-\frac{nS_{\text{пр}}}{L_x L_z}}. \tag{3}$$

Выразим размеры прямоугольника L_x и L_z через вероятные отклонения прицельного рассеивания E_{xr} и E_{zr} с помощью коэффициентов α_x и α_z:

$$L_x = \alpha_x E_{xr}\,,\ L_z = \alpha_z E_{zr}. \tag{4}$$

Можно допустить, что вероятные отклонения индивидуального рассеивания можно считать пропорциональными вероятным отклонениям группового рассеивания:

$$\frac{E_{x\text{и}}}{E_{xr}} = \frac{E_{z\text{и}}}{E_{zr}} = k. \tag{5}$$

В самом деле при стрельбе из пушек и пусках ракет и те и другие характеристики рассеивания измеряются в миллирадианах, т.е. в дальностях стрельбы, и следовательно условия (5) выполняются автоматически. Введем обобщенный параметр $A_1 = \frac{nS_{\text{ц}}}{\omega \mathrm{E}_{xr} E_{zr}}$, соотношение $\frac{S_{\text{ц}}}{\omega}$ есть не что иное, как уязвимая площадь цели S_y, т.е. площадь цели, при попадании в которую вероятность ее поражения равна единице. Но если вспомнить определение приведенной площади поражения $S_{\text{пр}}$ (условная площадь вокруг цели, при попадании в которую считается, что цель поражается с вероятностью, равной единице) то общее выражение для обобщенного параметра будет иметь вид:

$$\mathrm{A}_1 = \frac{nS_{\text{пр}}}{E_x E_z}. \tag{6}$$

Тогда формула для определения вероятности поражения $W_п$ может быть представлена как произведения вероятности накрытия цели эллипсом рассеивания Р на вероятность поражения цели, накрытой зоной разрывов *W*:

$$W_п - \mathrm{P}W. \qquad (7)$$

Подставив обобщенный параметр в формулу (3) можно представить в виде:

$$W = 1 - e^{-\frac{A_1}{\alpha_x \alpha_z}}. \qquad (8)$$

Для удобства расчетов вместо функции Лапласа можно ввести новую функцию: $\Phi_1(z) = \Phi\left(\rho\frac{z}{2}\right)$.

График функции $\Phi_1(z)$ представлен на рисунке 2. В этом случае формула полной вероятности накрытия цели Р приобретает вид:

$$\mathrm{P} = \Phi_1(\alpha_x)\Phi_1(\alpha_z). \qquad (9)$$

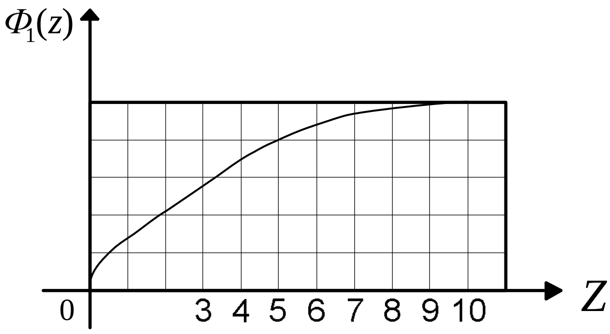

Рис. 2. График функции $\Phi_1(z)$.

Следовательно, подставляя (8) и (9) в (7), получим выражение для расчета вероятности поражения:

$$W_п = \Phi_1(\alpha_x)\Phi_1(\alpha_z)(1 - e^{-\frac{A_1}{\alpha_x \alpha_z}}). \qquad (10)$$

Исходя из этой формулы, мы смогли выразить вероятность $W_п$ через обобщенный параметр A_1. Пользуясь формулой (10) можно найти оптимальные размеры прямоугольника L_x^* и L_z^* (т.е. α_x^* и α_z^*), при котором вероятность $W_п$ достигает своего максимального значения $W_г^*$ опуская громоздкие выкладки связанные с решением уравнений, приведем приближенные формулы для определения оптимальных размеров прямоугольника:

$$L_x^* \approx E_{xr}\sqrt[4]{\frac{3A_1}{\rho^2}}, \qquad L_z^* \approx E_{zr}\sqrt[4]{\frac{3A_1}{\rho^2}}. \qquad (11)$$

Выражения (11) с высокой точностью позволяют вычислить оптимальные размеры для всех реальных случаев расчета. Подставляя эти значения L_x^* и L_z^*.

В выражение (10), можно определить максимальное значение вероятности поражения $W_п^*$, которое как не трудно будет заметить, будет зависеть только от обобщенного параметра A_1.

Таким образом, как следует из рассмотрения всех случаев индивидуального рассеивания АСП (нормальный закон, равномерное распределение на площади эллипса и на площади прямоугольника), параметром, на основе которого можно оптимизировать конструкцию АСП и определить оптимальные размеры зоны их рассеивания, является обобщенный параметр A_1. Следует обратить внимание, что рассмотренные методы оценки эффективности, приспособленные для оптимизации конструктивных параметров боеприпасов по параметру A_1, позволяют в первом приближении по заданному уровню эффективности *W*, решая обратную задачу, найти требуемое значение A_1 и следовательно по выражению (6) определить необходимое для заданных характеристик уязвимости цели $S_{пр}$ и характеристик рассеивания E_{xr} и E_{zr} значение *n*, т.е. требуемое число средств поражения. По параметру A_1 можно в первом приближении сравнивать между собой различные варианты вооружения самолета боеприпасами, отличающихся друг от друга числом подвешиваемых образцов (*n*), обобщенными характеристиками поражающего действия ($S_{пр}$) и характеристиками точности боевого применения ($E_{xr} E_{zr}$). Соответственно такое сравнение правомерно, если для каждого варианта удается обеспечить создание оптимальных зон рассеивания.

Такие же выводы правомерно сделать и для действия АСП по групповым объектам. По линейным, по площадным объектам такой показатель, как математическое ожидание относительного числа пораженных целей, также зависит от обобщенного параметра A_1 и соотношения между размерами группового объекта и размерами зоны разрывов АСП. При этом, так же как и для одиночных целей существуют расчетные методы для определения оптимальных размеров площади разрывов L_x^* и L_z^*.[1]

Литература

1. Вентцель Е.С. Теория Вероятностей. – М., 2003.
2. Дорофеев А.Н., Морозов А.П. Авиационные боеприпасы. – М. : Издание ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1978.
3. Миропольский Ф.П., и др. Авиационные боеприпасы и их исследование. – М. : Издание ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1996.

References

1. Ventcel' E.S. Probability. – M., 2003.
2. Dorofeev A.N., Morozov A.P. Aerial bombs. – M., 1978.
3. Miropol'skiy F.P., ets. Aerial bombs and their study. – M., 1996.

[1] В подготовке материалов, представленных в статье, использована информация, свободно распространяемая в открытых источниках российских и зарубежных СМИ, включая печатные издания и материалы ГИС Интернет.