

МЕТОД ЗА ОЦЕНКА ЕФЕКТИВНОСТТА НА АВИАЦИОННИТЕ СРЕДСТВА ЗА РАДИОЕЛЕКТРОННО ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ПРИ ПРЕОДОЛЯВАНЕ НА ПВО**Георги Сотиров***Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: gsotirov@space.bas.bg***METHOD FOR EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF ON-BOARD ELECTRONIC WARFARE SYSTEMS AT OVERCOMING AIR DEFENCE****Georgi Sotirov***Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gsotirov@space.bas.bg***Key words:** *EW system, air defense, efficiency, air defense systems,***Abstract:** *Evaluation of the possibilities to evaluate the efficiency of on board EW systems at overcoming air defence is presented. The paper provides analysis and proposes a method for evaluation of efficiency based on the theory of Markov's processes.*

Критериите за оценка на ефективността на авиационните средства за радиоелектронно противодействие се разглеждат в [1,2]. На практика получаването на количествени резултати за ефективността е сложен процес поради голямото число случайни величини, които я характеризират. В настоящата работа се предлага метод, позволяващ точно да бъде оценена ефективността на авиационните средства за радиоелектронно противодействие (РЕП).

Главната цел, която се преследва с използването на средствата за РЕП в хода на преодоляването на противовъздушната отбрана (ПВО) на противника, е намаляването на собствените загуби. Следователно критерий за оценка на ефективността може да бъде средното число поразени самолети P_{cp} . В процеса на преодоляване на ПВО по авиационната ударна група (АУГ) могат да бъдат извършени няколко пуска от зенитни ракетни комплекси (ЗРК), затова за изчисляването на P_{cp} е необходимо:

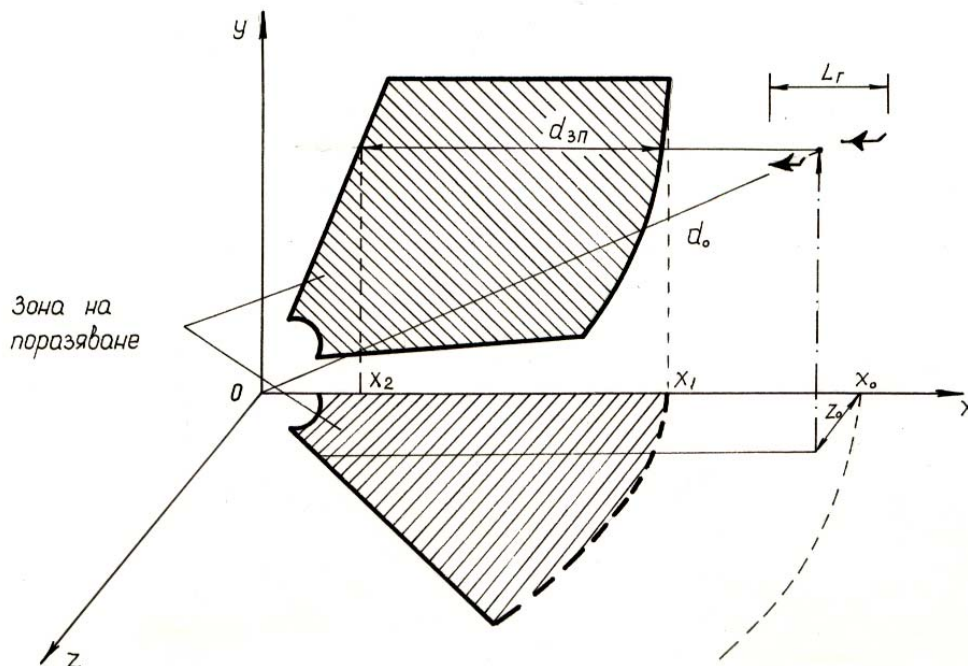
- да бъде определено средното число пускове от ЗРК по самолетите от ударната група – k ;
- да бъдат определени вероятностите за поразяване на самолетите след всеки изстрел от ЗРК – $P_{пор}(i)$, (i -поредел номер на изстрела).

Да разгледаме действията на АУГ, оборудвана със средства за РЕП, при преодоляване на дадена зона, охранявана от ЗРК (фиг.1)

Групата самолети може да бъде открита на някакъв рубеж X_0 , далечината d_0 до който се определя от възможностите на радиоелектронните средства, влизачи в състава на ЗРК, а така също от височината на полета H и параметъра на курса Z_0 на АУГ. За откриването на целите и за подготовката на средствата за поразяване на ЗРК е необходимо определено време, наречено «пасивно» - $T_{пас}$, след което се извършва стрелба. За времето на пребиваването на самолетите в зоната на поразяване, която има дължина $d_{зп} = (X_1 - X_2)$ (X_1, X_2 са съответно координатите на точките на влизане и излизане от зоната на поразяване), ЗРК може да изстреля няколко ракети. Значението на средното число изстрели [3] ще бъде

$$(1) \quad K = N_k [1 + (d_{зп}^* + L_r^*) / (V_c T_{ц}^*)] P_{ав} .$$

където N_k е числото на целевите канали на ЗРК, $d_{зп}^* = (X_1^* - X_2^*)$ – средно значение на дълбочината на зоната на поразяване, L_r^* – средно значение на дълбочината на бойния ред на



Фиг.1.

самолетите, V_c^* – средна скорост на УАГ, $T_{ц}^*$ – средно значение на цикъла на стрелбата на комплекса, P_a – вероятността за изпълнение на първата атака от зенитната ракета.

За осъществяването на успешен изстрел по АУГ от фиг.1 следва ,че

$$(2) \quad T_{x_0x_1} = T_{пас} + T_{0x_1},$$

където $T_{x_0x_1}$ е времето за прелитане на самолетите от рубежа на откриване X_0 до влизане в зоната на поразяване X_1 , $T_{пас}$ – пасивното време на комплекса, T_{0x_1} – времето за полет на зенитната ракета до точката на среща с АУГ – X_1 .

Равенство (2) може да бъде записано във вида:

$$(3) \quad \{[(d_{зп}^2 - H^2 - Z_0^2)^{1/2} - X_1] / V_c^*\} = T_{пас} + (X_1^2 + H^2 + Z_0^2)^{1/2} / V_p^*,$$

където V_p^* е средната скорост на полета на зенитната ракета. От равенство (3) може да бъде определена координатата на точката за влизане на АУГ в зоната на поразяване на ЗРК – X_1^* .

Средното време на цикъла на стрелба $T_{ц}^*$ зависи от типа на използвания ЗРК.

Например в ЗРК с полуактивно насочване то се определя със зависимостта [3].

$$(4) \quad T_{ц}^* = T_{н}^* + T_{пп}^* = d_{н}^* / V_p^* + T_{пп}^*$$

където $T_{н}^*$ е средното време за насочване на зенитната ракета към целите, $T_{пп}^*$ – средно време за повторен пуск на ЗРК. В (4) средното значение на далечината на насочване $d_{н}^*$ в случай на равно възможна стрелба по целите от УАГ във всяка точка от зоната на поразяване ще бъде [3]

$$(5) \quad d_{н}^* = \left[\frac{1}{(x_1 - x_2)} \right] \int_{x_2}^{x_1} (x^2 + H^2 + Z_0^2)^{1/2} dx$$

където X_2 е координатата на точката на излизане на самолетите от УАГ от зоната на поразяване и за значението и обикновено се приема, че е равно на минималната далечина на стрелба на ЗРК.

Възможностите за изпълнение на първата атака от ЗРК зависи от величината на пасивното време, необходимо за откриване на целите и подготовка за първия пуск. Вероятността за изпълнение на първата атака P_a е вероятността, че пасивното време $T_{пас}$, явявайки се случайно, няма да надхвърли максималното допустимо време τ , при което все още е възможно среща на зенитната ракета с АУГ до излизането от зоната на поразяване. Времето τ може да бъде определено от условието за равенство на времето за прелитане на самолетите до излизането от зоната на поразяване и времето за полет на зенитната ракета до този момент

$$(6) \quad \tau = [(d^2_0 - H^2 - Z^2_0)^{1/2} - X_2 + L_r] / V^*_p - (X^2_2 - H^2 + Z^2_0)^{1/2} / V^*_p$$

На практика законът на разпределение на времето обикновено се приема да бъде показателен [4] със средно значение $T_{пас}$ и вероятността за изпълнение на първата атака ще бъде

$$(7) \quad P_a = P(T_{пас} < \tau) = 1 - e^{-\tau/T_{пас}}$$

Замествайки последователно значенията от равенства (4) и (7) в (1) може да бъде определено средното число изстрели k .

Значението на вероятностите за поразяване на самолетите след всеки изстрел може да бъде определено с помощта на марковските вериги. Да предположим, че по УАГ се произвежда единична стрелба. При това вероятността за поразяване на един самолет, ако се използват средства за РЕП, е P_n (n - брой на самолетите). Ако не се използват средства за РЕП, в случая когато остане един самолет, вероятността поразяване е P_1 .

До влизането на самолета в зоната на поразяване системата се намира в изходно състояние n . След първия пуск тя може да остане в това състояние, ако не е поразен нито един самолет или да премине в състояние $n-1$, в случай, че е поразен един от самолетите.

Вероятностите за тези преходи ще бъдат съответно

$$P_{nn} = 1 - P_n \text{ и } P_{n,n-1} = P_n,$$

където първият знак в индекса означава състоянието на системата до пуска, а вторият – след него.

Последователните преходи на системата от едно състояние в друго след N пуска представляват марковска верига – “дърво на състоянията” [5,6]. Матрицата на вероятностите на преходите за тази верига след всеки изстрел има вида

Състояние до пуска	Състояние след пуска							
	n	$n-1$	$n-2$	.....	.....	2	1	0
n	$1 - P_n$	P_n	0	.....	.....	0	0	0
$n-1$	0	$1 - P_{n-1}$	P_{n-1}	.....	.....	0	0	0
$n-2$	0	0	$1 - P_{n-2}$	.....	.....	.	.	.
.
.
.
2	0	0	0	.....	.....	$1 - P_2$	P_2	0
1	0	0	0	.....	.....	0	$1 - P_1$	P_1

Тогава в съответствие с «дървото на състоянията» и матрицата на вероятностите на преходите, вероятността за поразяване на един самолет след един пуск ще бъде

$$(8) \quad P^{(1)} = P_n$$

след два пуска

$$(9) \quad P^{(2)} = P_n(1 - P_n) + P_n P_{n-1}$$

а след N пуска

$$(10) \quad P^{(N)} = P_n(1 - P_n)^{(N-1)} + P_n P_{n-1}(1 - P_n)^{(N-2)} + \dots + P_n P_{n-1} \dots (1 - P_2) P_2 + P_n P_{n-1} \dots P_2 P_1$$

Тогава величината на средното число поразени самолети ще бъде

$$(11) \quad P_{cp} = \sum_{i=1}^k P^{(i)}$$

Равенство (11) позволява количествено да бъде оценена ефект-ивността на средствата за РЕП при преодоляване на ПВО на противника. Представеният метод може да бъде използван и за определяне дълбочината на проникване на зададен боен ред на АУГ, която осигурява преодоляването на ПВО със зададена вероятност.

Литература:

1. В а к и н С. А., Л. Н. Ш у с т о в. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. М. Сов. Радио, 1968
2. В е н т ц е л ь Е. С. Исследование операций. М. Сов. Радио, 1972
3. А т р а ж е в М. П., В. А. И л ь и н, Н. П. М а р и н ь. Борьба с радиоэлектронными средствами. М.ВИМО 1972
4. Д у р о в В. Р. Боевое применение и боевая эффективность истребителей–перехватчиков. М. Сов. Радио, 1968
5. Т и х о н о в В. И., М. А. М и р о н о в. Марковские процессы. М. Сов. Радио, 1977.
6. Справочник по исследованию операций. Под ред.Матвейчука. М. ВИМО 1979.