

К.Х. Аюш, С.Т. Баламян

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАНЕСЕНИЯ УЩЕРБА ГРУППОВОЙ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ С УЧЕТОМ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ПРОТИВНИКА

Аннотация. Определены значения вероятности нанесения ущерба элементам групповой воздушной цели в существующих условиях и с использованием модернизированного метода Т. Саати, учитывающего ранжирование важности элементов данной воздушной цели. Произведен расчет потребного наряда управляемых авиационных ракет класса «воздух – воздух», необходимого для нанесения ущерба групповой воздушной цели. Произведена оценка эффективности использования метода, учитывающего ранжирование важности элементов групповой воздушной цели, где в качестве критерия эффективности использовалось математическое ожидание количества уничтоженных важных элементов групповой воздушной цели с учетом радиоэлектронного, маневренного и огневого противодействия противнику, то есть с учетом коэффициентов помех, маневра и пуска антиракет.

Ключевые слова: скрытый подход, групповая воздушная цель, управляемые авиационные ракеты, коэффициент помех, маневренность помех, огневое воздействие.

K.Kh. Ayush, S.T. Balanyan

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF DAMAGE TO A GROUP AIR TARGET TAKING INTO ACCOUNT ENEMY COUNTERACTION

Abstract. The article aims to determine the probability values of causing damage to the elements of a group air target under existing conditions and using the modernized T. Saaty's method. This method takes into account the ranking of the importance of the elements of a given air target. The calculation of the required outfit of guided air-to-air missiles necessary for causing damage to a group air target is proposed. The efficiency of the proposed method, which takes into account the ranking of the importance of elements of a group air target, has been evaluated. The mathematical expectation of the number of important elements of a group air target destroyed was used as an efficiency criterion, taking into account electronic, maneuvering and fire resistance to the enemy, that is, taking into account the coefficients of interference, maneuver and launch of anti-missiles.

Keywords: covert approach, group air target, guided air missiles, interference coefficient, interference maneuverability, fire impact.

Введение

Динамичный характер боевых действий, быстрое и резкое изменение обстановки, существенно возросшая масштабность боя ставят командиров пунктов управления, начальников Центра принятия решений перед необходимостью повышения ответственности за принятие тех или иных решений. В настоящее время усилились диалектические противоречия между сложностью военных ситуаций и необходимостью принятия обоснованного решения, ростом объема оперативной информации и сокращением времени на ее обработку, централизацией управления и пространственно-временным размахом современного воздушного боя.

Одним из основных направлений решения указанных противоречий является автоматизация управления войсками и боевыми средствами. Для осуществления управления войсками создается система управления – совокупность органов и объектов управления,

Аюш Карам Хасан

адъюнкт кафедры авиационного вооружения и эффективности боевого применения, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», город Воронеж. Сфера научных интересов: повышение эффективности группового применения управляемых авиационных ракет с активно-пассивными системами самонаведения. Автор более 10 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: karamaesh154@gmail.com

Балабян Сергей Товмасович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры авиационного вооружения и эффективности боевого применения, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», город Воронеж. Сфера научных интересов: повышение эффективности боевого применения управляемых авиационных средств поражения. Автор более 140 опубликованных научных работ. SPIN-код: 9471-0787, AuthorID: 1142582.

Электронный адрес: bst76@yandex.ru

объединенных в порядке подчиненности и взаимодействия единые целые связи (контуры) управления для достижения целей управления [1]. Следовательно, необходимо разработать модель управления переходом ракет класса «воздух – воздух» от самолета-носителя к цели. Она предполагает пролет ракетной группы через три точки, составляющие два этапа полета ракеты (Рисунок 1).

Первый этап (с момента формирования ракетного строя до момента расхождения ракет)

Каждая ракета на основе информации, полученной от главного вычислительного центра (далее – ГВЦ), совмещает свою точку центра массы с узловой точкой пространственно-временной решетки предполагаемого ракетного строя. Далее сообщает по ближайшему/дальнему радиолокационному каналу связи о занятости матрицы строя. На этом этапе ракеты сохраняют небольшое расстояние друг от друга, которое меньше разрешающей способности бортовой радиолокационной станции (БРЛС) самолетов-целей. Следовательно, ГВЦ не сможет обнаружить ракеты до определенной дальности, обеспечив тем самым безопасный (скрытый) подход к рубежу расхождения ракетного строя.

Оптимальное расстояние между ракетами выдерживается также по критерию безопасного полета ракет в составе группы и зависит от множества факторов. При этом используется алгоритм нечеткой логики, который является достаточным решением для таких сложных задач, когда параметры системы «залп ракет – ГВЦ» влияют друг на друга без четких математических взаимосвязей. Выходным параметром алгоритма нечеткой логики является определенное динамически меняющееся во времени расстояние между ракетами, которое зависит от значений дальности «ракета – цель», полезной перегрузки ракеты и угла подхода к цели (Рисунок 1) [2].

На первом этапе ведущая ракета в каждый момент времени проводит динамическое целераспределение с учетом многофакторной опасности путем выдачи каждой ракете координат назначенной ей цели. Далее процесс захвата каждой ракетой происходит по разовым командам от информационно-управляющей подсистемы системы наведения ведущей ракеты.

Оценка эффективности нанесения ущерба групповой воздушной цели ...

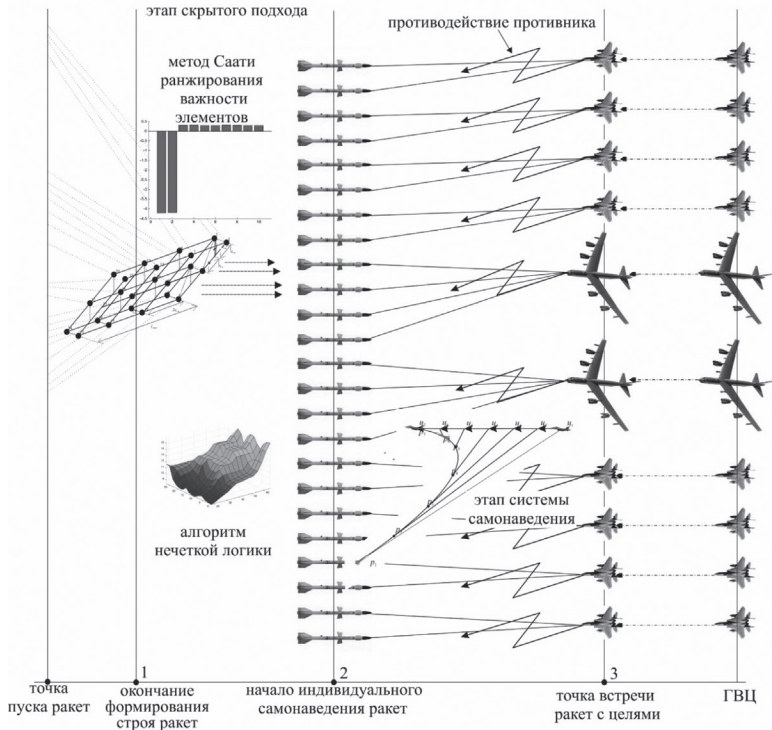


Рисунок 1. Оперативно-тактическая модель управления переходом ракет класса «воздух – воздух» от самолета-носителя к цели

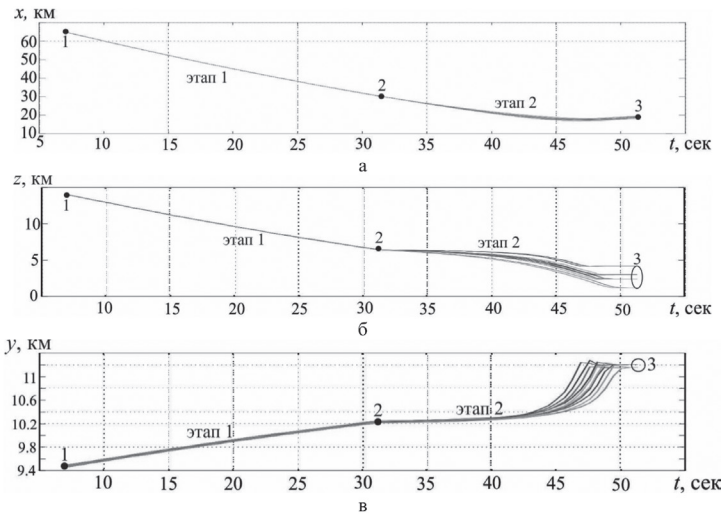


Рисунок 2. Изменение координат ракет от времени: *а* – изменение координат *x* ракет от времени; *б* – изменение координат *z* ракет от времени; *в* – изменение координат *y* ракет от времени; точка 1 – окончание формирования строя ракет; точка 2 – начало индивидуального самонаведения ракет; точка 3 – встреча ракет с целями

Ведущая ракета в каждый момент времени рассчитывает свою полезную перегрузку до момента перехода на второй этап. Это необходимо для плавного перехода ракеты в режим самонаведения, чтобы текущее значение потребной перегрузки не превышало ее максимального значения. Дополнительно решается задача скрытого подхода группы ракет к рубежу их расхождения (выдерживание минимально возможного расстояния между ракетами). При этом ведущая ракета имеет информацию о ГВЦ по данным отраженного сигнала.

Помимо важности целей, определяется весовой коэффициент каждой цели из числа групповой. Каждому весовому коэффициенту соответствует определенный номер [3, с. 83–110].

Каждый номер цели должен быть определен за каждой ракетой. Так как число ракет больше, чем количество целей, то за каждой целью может значиться несколько ракет. Это зависит от критериев важности, которые определены выше.

Данный процесс происходит с постоянной периодичностью ($\tau = 0,4$ сек.) до момента перехода ракет в режим самонаведения. Уменьшаться или увеличиваться это время может в основном из-за воздействия модели атмосферы, пространственного положения воздушных целей, а также от уровня развития и совершенствования алгоритмического обеспечения системы наведения и ее технических особенностей. Следует отметить, что первый этап наведения группы ракет характеризуется практически прямолинейным характером его движения с четким выдерживанием интервалов и дистанций между ракетами.

Второй этап

При достижении группы ракет – точки рубежа их расхождения (точка 2 на Рисунках 1, 2) – этап скрытого сближения заканчивается, и ведущая ракета выполняет в отношении всех ведомых ракет динамическое целераспределение, то есть выдаются разовые команды 23 ракетам с направлением их движения по траектории к конкретному выбранному элементу ГВЦ. В процессе полета каждая ракета корректирует свой полет в сторону картинной плоскости отдельно взятой элементарной цели до достижения определенной пространственной точки срабатывания боевой части в соответствии с методом пропорционального наведения [2].

В этот момент пункт управления ГВЦ уже знает о наличии применяющихся по ней группы ракет (24 УАРВВ), но у нее не будет достаточно времени (≈ 19 сек. с реализацией скрытого подхода к ГВЦ и ≈ 57 сек. без него) на множество вариантов противодействия, которые обеспечат возможный пуск антиракет в точку встречи (точка 3) с достаточно высокой вероятностью их наведения [4].

Меры, принимаемые самолетом-целью против управляемых авиационных ракет класса «воздух – воздух»

Для защиты от управляемых авиационных ракет класса «воздух – воздух» (далее – УАРВВ) самолеты противника используют бортовые средства радиоэлектронного противодействия, станции обнаружения и предупреждения об угрозе ракетного нападения, а также средства активного и/или пассивного противодействия. В оптимальном варианте на самолете должен быть установлен полный комплект средств обнаружения и противодействия. Однако это ведет к значительному удорожанию бортового оборудования самолета и не всегда оправдано с точки зрения критерия «стоимость – эффективность».

В настоящее время на каждом самолете независимо от его назначения требуется иметь как минимум систему, обеспечивающую обнаружение и предупреждение об угрозе ра-

Оценка эффективности нанесения ущерба групповой воздушной цели ...

кетных атак. Она должна своевременно выявлять угрозу, предупреждать об этом экипаж воздушного судна (далее – ВС) и в автоматическом режиме выдавать команды на средства активного и пассивного противодействия [5].

Высокая эффективность пуска УАРВВ – это боевое свойство данного вида оружия. Поэтому экипаж обстреливаемого самолета, обнаружив пуск ракеты, будет принимать все меры, чтобы уйти от поражения. Одной из таких возможных мер является резкий маневр направлением и скоростью полета ВС, чтобы вывести его из зоны поражения до момента встречи с ракетой. Решение этой задачи в принципе возможно, если время, необходимое ВС на выход из зоны поражения, меньше полетного времени ракеты до точки встречи. Наибольшим временем для выполнения маневра экипаж будет располагать, если начнет маневр в момент пуска ракеты.

Другая мера, которая может быть использована против УАРВВ, – огневое противодействие противника, которое означает, что ракета при подлете к цели может быть атакована и уничтожена. В этом случае вероятность непоражения самолета существенно увеличивается [6].

Последняя мера, которую может предпринять ВС, чтобы уйти от поражения, – это использование бортовых средств радиоэлектронного противодействия.

Под радиоэлектронным противодействием понимается обширная область явлений, препятствующих нормальному функционированию различных радиотехнических средств, а именно систем наведения ракет, и вызывающих отклонения параметров их работы.

Помехи могут создаваться специальными радиотехническими устройствами и организованными действиями противника.

Оценка эффективности предлагаемого способа, учитывающего ранжирование важности элементов в ГВЦ и скрытного подхода к ГВЦ

Математическое ожидание (далее – МОЖ) количества уничтоженных важных элементов ГВЦ дает оценку эффективности поражения цели:

$$W(m) = \sum_{m=0}^M m \cdot p(m), \quad (1)$$

где $W(m)$ – математическое ожидание количества уничтоженных элементов наиболее важных ГВЦ; M – количество элементов ГВЦ; $p(m)$ – вероятность определенного числа попаданий при независимых выстрелах при неизменной вероятности попадания, которая рассчитывается с использованием следующего соотношения:

$$p_{M,m} = C_M^m \cdot p^m \cdot (1-p)^{M-m}, \quad (2)$$

где $p_{M,m}$ – вероятность уничтожения m элементов ГВЦ из общего числа $M = 10$ элементов; C_M^m – биномиальный коэффициент (число сочетаний); M – количество всех элементов ГВЦ; m – количество уничтоженных элементов ГВЦ; $(M-m)$ – количество элементов ГВЦ, которые не были уничтожены.

Действительно, m попаданиям и $(M-m)$ промахам соответствует произведение вероятностей $p^m \cdot (1-p)^{M-m}$, которое должно быть умножено на число сочетаний из M по m . Этому соответствуют все возможные случаи m попаданий, различающиеся хотя бы одним номером попавших ракет (в общей последовательности). Биномиальные коэффициенты обычно табулированы и определяются выражением

$$C_M^m = \frac{M!}{m!(M-m)!}. \quad (3)$$

Для расчета величины $p(m)$ используется соотношение

$$p_n = 1 - (1 - p_0)^n, \quad (4)$$

где n – количество ракет, распределенных по каждому элементу ГВЦ [7].

На основании вышеизложенного можно составить следующую таблицу.

Таблица 1

Расчет математического ожидания количества уничтоженных элементов ГВЦ

Первый случай					Второй случай			
без учета скрытого подхода к ГВЦ					с учетом скрытого подхода к ГВЦ			
m	C_M^m	$p(m)$	$m_{важ.}$	$p^{важ.}(m_{важ.})$	m	$m_{важ.}$	C_M^m	$p^{важ.}(m_{важ.})$
0	1	0	0	0	0	0	1	0
1	10	0	1	0,2394	1	1	2	0,016
2	45	0			2	2	1	0,984
3	120	0			3	–	–	–
4	210	0			4	–	–	–
5	252	0			5	–	–	–
6	210	0,0001			6	–	–	–
7	120	0,002			7	–	–	–
8	45	0,0264			8	–	–	–
9	10	0,211			9	–	–	–
10	1	0,7606	2	0,7606	10	–	–	–
$W(m_{важ.}) = 1,7606$					$W(m_{важ.}) = 1,9838$			

Из анализа Таблицы 1 следует, что для расчета МОЖ уничтоженных важных элементов в ГВЦ (первый случай) необходимо рассчитать следующие вероятности $p^{важ.}(m_{важ.})$.

1. Вероятность того, когда не уничтожен ни один важный элемент

$$(m_{важ.} = 0 \text{ при } m = 0): p^{важ.}(0) = p(0) = 0. \quad (5)$$

2. Вероятность уничтожения одного из важных элементов

$$(m_{важ.} = 1 \text{ при } m = 1|2| \dots |9): p^{важ.}(1) = p(1) + p(2) + \dots + p(9) = 0,2394. \quad (6)$$

3. Вероятность уничтожения двух важных элементов ($m_{важ.} = 2$). Этот случай достигается только при $m = 10$, когда все важные и неважные элементы цели уничтожены:

$$p^{важ.}(2) = p(10) = 0,7606. \quad (7)$$

Расчет МОЖ уничтоженных важных элементов в ГВЦ (второй случай) сопрягается с вычислением биномиального коэффициента C_M^m , вероятности уничтожения важных элементов $p^{важ.}(m_{важ.})$ и выполняется для каждого случая: для неуничтожения ни одного

Оценка эффективности нанесения ущерба групповой воздушной цели ...

элемента – $m_{важ.} = 0$, уничтожения одного элемента и неуничтожения другого $m_{важ.} = 1$, уничтожения двух элементов $m_{важ.} = 2$.

При расчете МОЖ с учетом противодействия противника соотношение (4) принимает следующий вид:

$$p_n = 1 - (1 - k \cdot p_0)^n, \quad (8)$$

где k – коэффициент, учитывающий виды противодействия противника последовательно – сначала радиоэлектронное (k_n), затем огневое ($k_{во}$) и маневренное (k_m).

Коэффициент k связан со временем обнаружения противником УАРВВ ($t_{обн} = 19$ сек. – реализация скрытого подхода), k увеличивается при $t_{обн} = 57$ сек. без учета скрытого подхода к ГВЦ:

$$k = \begin{cases} 1 & \text{при } t_{обн} = 0 \\ k & \text{при } t_{обн} > t_{необ} \\]k, 1[& \text{при } 0 < t_{обн} < t_{необ} \end{cases}, \quad (9)$$

где $t_{необ}$ – время, необходимое для выполнения противодействия противником, которое зависит от энерговооружения того или иного самолета, опыта летчика, радиотехнического и технического оборудования самолета и развития вооружения самолета. При этом учитывается следующая зависимость:

$$t_{необ} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (10)$$

где t_1 – время обработки данных бортовыми приборами на самолете и визуализация их летчику ($t_1 \approx 1,5$ сек.); t_2 – время, затраченное летчиком на принятие соответствующего решения ($t_2 \approx 3$ сек.); t_3 – время, необходимое для выполнения мер противодействия ($t_3 \approx 10$ сек.); t_4 – время, необходимое для оценки использованной меры и подготовки к следующей ($t_4 \approx 7, 13$ и 9 сек. соответственно) с учетом выполненного маневра противника, применения им огневых средств авиационного вооружения и средств бортового радиоэлектронного противодействия. Например, у современного истребителя с опытным летчиком это время составляет $t_{необ} \approx 21,5, 27,5$ и $23,5$ сек. соответственно с учетом выполненного маневра противника, применения им огневых средств авиационного вооружения и средств бортового радиоэлектронного противодействия.

Требования к современному самолету противника можно в порядке убывания их значимости определить следующим образом:

- малая радиолокационная заметность, его бортовые средства радиоэлектронного противодействия;
- состав комплекса авиационного вооружения;
- скорость самолета противника и его маневренность [8].
- значения коэффициентов, учитывающих снижение эффективности стрельбы за счет маневра самолетов противника (k_m), применения противником бортового вооружения ($k_{во}$) и постановки противником помех (k_n) представлены в таблице 2 с учетом скрытого подхода к цели и без него.

Таблица 2

**Значения коэффициентов маневра самолета противника, применения им сил и средств
огневого воздействия и постановки противником помех**

Коэффициент противодействия противника	Коэффициент без учета противодействия противника	k_m	$k_{во}$	k_n
Без учета скрытого подхода	1	0,91	0,87	0,78
С учетом скрытого подхода	1	0,98	0,93	0,88

Анализ Таблицы 2 показывает, что постановка противником помех снижает коэффициент k_n с 1 до 0,78 без учета скрытого подхода ракетного строя к ГВЦ и до 0,88 с его учетом. Соответствующим образом изменяются коэффициенты $k_{во}$ и k_m .

Следовательно, использование постановки противником помех считается одной из лучших мер защиты, затем следует применение им сил и средств огневого воздействия и в последнюю очередь – маневренное противодействие самолета противника.

Расчет МОЖ количества уничтоженных важных элементов ГВЦ с учетом их маневренности

Маневренность (сверхманевренность) современному истребителю необходима по трем причинам. Во-первых, в ближнем маневренном воздушном бою угловая скорость ракеты на встречных курсах может быть достаточно высокой, и этот факт предъявляет особые требования к маневренности атакуемого самолета, который, в свою очередь, должен успеть выполнить маневр уклонения от траектории атакующей ракеты. Во-вторых, в условиях дальнего группового воздушного боя сверхманевренность самолета-цели может использоваться для повышения эффективности противоракетного маневра. В-третьих, в различных условиях некоторые характерные фигуры пилотажа могут применяться для противодействия радиолокационным системам противника. Например, фигуры «кобра» и «колокол», предусматривающие резкое падение скорости ВС, позволяют нарушить нормальное функционирование доплеровских радиолокационных станций (РАС).

Таблица 3

Расчет МОЖ количества уничтоженных важных элементов ГВЦ с учетом маневренности

Первый случай					Второй случай			
Без учета скрытого подхода к ГВЦ					С учетом скрытого подхода к ГВЦ			
m	C_M^m	$p(m)$	$m_{важ.}$	$p^{важ.}(m_{важ.})$	m	$m_{важ.}$	C_M^m	$p^{важ.}(m_{важ.})$
0	1	0	0	0	0	0	1	0
1	10	0	1	0,3875	1	1	2	0,0193
2	45	0			2	2	1	0,9807
3	120	0			3	-	-	-
4	210	0			4	-	-	-
5	252	0			5	-	-	-
6	210	0,0008			6	-	-	-
7	120	0,0093			7	-	-	-
8	45	0,0696			8	-	-	-
9	10	0,3077			9	-	-	-
10	1	0,6125	2	0,6125	10	-	-	-
$W(m_{важ.})=1,6125$					$W(m_{важ.})=1,9806$			

Расчет МОЖ количества уничтоженных важных элементов ГВЦ с учетом применения противником авиационного вооружения

Уже к 2010 году в конструкторских отделах ведущих аэрокосмических гигантов начались работы по проектам различных антиракет воздушного базирования для уничтожения ракет класса «воздух – воздух» и других оперативно-тактических ракет. Блок управления (регулятор), реализованный в антиракетах, предназначен для придания ей максимально возможной перегрузки (65 ед.) на конечном этапе самонаведения, что позволит уничтожать цель-ракету методом кинетического поражения боевого снаряжения или корпусом атакующей ракеты противника прямым ее попаданием (на Западе этот принцип получил название hit-to-kill – удар на поражение).

Оперативно-тактическая авиация противника почти на 90 % оснащается бортовыми РЛС с активными фазированными антенными решетками, высокопроизводительными бортовыми цифровыми вычислительными машинами и перспективными высокоманевренными антиракетами.

Таблица 4

**Расчет математического ожидания количества уничтоженных важных элементов ГВЦ
с учетом применения противником огневых средств авиационного вооружения**

Первый случай					Второй случай			
без учета скрытого подхода к ГВЦ					с учетом скрытого подхода к ГВЦ			
m	C_M^m	$p(m)$	$m_{важ.}$	$p^{важ.}(m_{важ.})$	m	$m_{важ.}$	C_M^m	$p^{важ.}(m_{важ.})$
0	1	0	0	0	0	0	1	0,0003
1	10	0	1	0,4601	1	1	2	0,0292
2	45	0			2	2	1	0,9705
3	120	0			3	–	–	–
4	210	0			4	–	–	–
5	252	0,0001			5	–	–	–
6	210	0,0019			6	–	–	–
7	120	0,0166			7	–	–	–
8	45	0,0982			8	–	–	–
9	10	0,3432			9	–	–	–
10	1	0,5399	2	0,5399	10	–	–	–
$W(m_{важ.})=1,5399$					$W(m_{важ.})=1,9703$			

Расчет МОЖ количества уничтоженных важных элементов ГВЦ с учетом использования средств бортового радиоэлектронного противодействия

Современные средства бортового радиоэлектронного противодействия способны защитить самолет-цель практически без участия человека. На случай ракетной атаки в бортовом компьютере самолета имеется блок логики, в котором реализованы соответствующие алгоритмы действий. Кроме того, в бортовой цифровой вычислительной машине (БЦВМ) хранятся параметры различных типов источников излучений, что позволяет бортовому комплексу обороны самолета идентифицировать и классифицировать угрозу вплоть до типа и модели атакующей ракеты. Высокая степень автоматизации комплекса позволяет максимально оперативно выработать меры противодействия, что критически важно в воздушном бою.

Таблица 5

Расчет математического ожидания количества уничтоженных важных элементов ГВЦ с учетом средств бортового радиоэлектронного противодействия

Первый случай					Второй случай			
без учета скрытого подхода к ГВЦ					с учетом скрытого подхода к ГВЦ			
m	C_M^m	$p(m)$	$m_{важ.}$	$p^{важ.}(m_{важ.})$	m	$m_{важ.}$	C_M^m	$p^{важ.}(m_{важ.})$
0	1	0	0	0	0	0	1	0,0081
1	10	0	1	0,6256	1	1	2	0,016
2	45	0			2	2	1	0,984
3	120	0			3	-	-	-
4	210	0,0001			4	-	-	-
5	252	0,0011			5	-	-	-
6	210	0,0089			6	-	-	-
7	120	0,0494			7	-	-	-
8	45	0,1796			8	-	-	-
9	10	0,3865			9	-	-	-
10	1	0,3744	2	0,3744	10	-	-	-
$W(m_{важ.})=1,3744$					$W(m_{важ.})=1,9565$			

На Рисунке 3 представлены результаты моделирования, полученные из Таблиц 2–5.

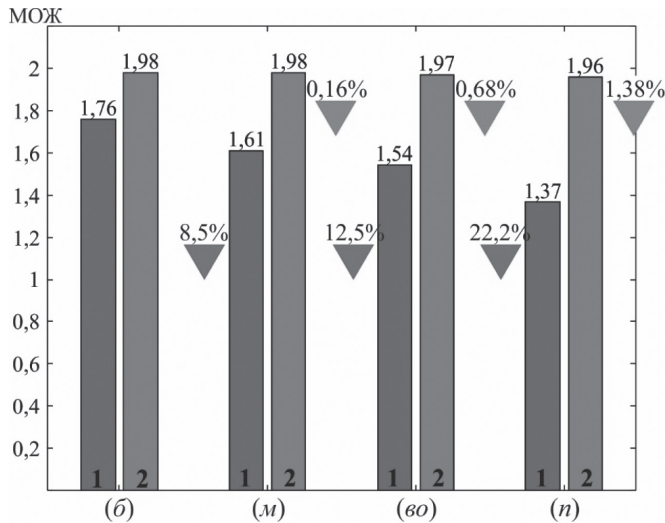


Рисунок 3. Изменение МОЖ количества уничтоженных важных элементов ГВЦ с учетом противодействия противника: 1 – без учета скрытого подхода к ГВЦ; 2 – с учетом скрытого подхода к ГВЦ; б – без учета противодействия противника; м – с учетом маневренности противника; во – с учетом применения противником авиационного вооружения; н – с учетом использования средств бортового радиоэлектронного противодействия

Анализ Рисунка 3 показывает, что математическое ожидание количества уничтоженных важных элементов ГВЦ уменьшается при использовании доступных сил и средств противодействия противника, когда не учитывается способ скрытого подхода ракетного строя к ГВЦ. Математическое ожидание уменьшается на 8,5 % при выполнении самолетом-целью маневра с увеличением скорости, на 12,5 % – при применении самолетом-целью огневых средств авиационного вооружения и на 22,2 % – при использовании средств бортового радиоэлектронного противодействия. При этом снижение составляет соответственно 0,16, 0,68 и 1,38 % при учете предлагаемого способа скрытого подхода к цели, так как элементы ГВЦ не успевают применять превентивные меры против группового ракетного нападения (время обнаружения группы ракет уменьшается с $t_{обн} = 57$ сек. до $t_{обн} = 19$ сек.).

Литература

1. Кабалин С.Б. Войсковая ПВО. Основы построения систем вооружения: учеб. пособие для воен. обучения студентов втузов / М-во образования Рос. Федерации, Моск. гос. ин-т электрон. техники (техн. ун-т). М. : МИЭТ, 2002. ISBN 5-7256-0312-1.
2. Аюш К.Х., Балаян С.Т. Программный комплекс, имитирующий способ наведения группы ракет класса «воздух-воздух», до момента встречи с групповой воздушной целью по критерию многофакторной опасности. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022682705; заявл. 17.11.2022 года; регистр. 25.11.2022 г.
3. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий / Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. М. : Радио и связь, 1993. 314 с. ISBN 5-256-00443-3. М. : Радио и связь, 1993. С. 83–110.
4. Аюш К.Х., Балаян С.Т., Верницкий Е.В., Пригарин В.Н., Судариков Г.И. Моделирование процесса наведения управляемых авиационных ракет и их целераспределение на групповую воздушную цель // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2022. № 3. С. 118–136. EDN YJZJIE. DOI: 10.18137/RNUV9187.22.03.P.118
5. Фиолентов А. Авиационные станции предупреждения о ракетной атаке // Зарубежное военное обозрение. 2002. № 2. С. 33–39. URL: <https://militaryarticle.ru/zarubezhnoe-voennoe-obozrenie/2002-zvo/6853-aviacionnye-stancii-preduprezhdenija-o-raketnoj?ysclid=lievtrpkw5138407277> (дата обращения: 19.02.2023).
6. Чернышев В.А. Показатели эффективности использования вооружения: цикл лекций. М. : МАИ (ГТУ), 2010.
7. Аранович Г.П., Михайлин Д.А. Управление и наведение самолетов и ракет. Научно-популярный материал. М. : МАИ, 2013. URL: <https://mai.ru/upload/iblock/efa/efab8f94fdae57f3174761563981a21b.pdf?ysclid=liezj1by93209033004&referer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F> (дата обращения: 19.02.2023).
8. Легат И. Почему маневренность – не главное для истребителя. Наше время // Военное обозрение. 2019. 27 августа. Вып. 4. URL: <https://topwar.ru/161675-pochemu-manevrennost-ne-glavnoe-dlja-istrebitelja-nashi-dni.html?ysclid=liewot9zbq600899066> (дата обращения: 19.02.2023).
9. Дьяконов В.П. МАТЛАБ. Полный самоучитель. М. : ДМК Пресс, 2010. 767 с. ISBN 978-5-94074-652-2 2012.

References

1. Kabalin S.B. (2002) *Voiskovaya PVO. Osnovy postroeniya sistem vooruzheniya* [Air Defense. Fundamentals of building weapons systems]. Part 1. Moscow : MIET Publ. 70 p. ISBN 5-7256-0312-1. (In Russian).
2. Ayush K.Kh., Balanyan S.T. (2022) *Programmnyi kompleks, imitiruyushchii sposob navedeniya gruppy raket klassa «vozdukh-vozdukh», do momenta vstrechi s gruppovoi vozdushnoi tsel'yu po kriteriyu mnogofaktornoj opasnosti* [The software complex simulating the method of guidance of a group of missiles of «air-air» class up to the moment of meeting with a group air target on the criterion of multi-hazard]. Certificate of state registration of the program for the computer 2022682705; declared 17.11.2022; registered 25.11.2022. (In Russian).
3. Saaty T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill. 287 p. ISBN 0-07-054371-2. (Russian edition: transl. by R.G. Vachnadze, Moscow : Radio i svyaz Publ., 1993. 314 p.)
4. Ayush K.Kh., Balanyan S.T., Vernitskii E.V., Prigarin V.N., Sudarikov G.I. (2022) Simulation of the process of aiming guided aerial missiles their targeting to a group air target. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*. No. 3. Pp. 118–136. DOI: 10.18137/RNU.V9187.22.03.P.118 (In Russian).
5. Fiolentov A. (2002) Air Stations Warning of Missile Attack. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie* [Foreign military review]. No. 2. Pp. 33–39. URL: <https://militaryarticle.ru/zarubezhnoe-voennoe-obozrenie/2002-zvo/6853-aviacionnye-stancii-preduprezhdenija-o-raketnoj?ysclid=lievtrpkw5138407277> (accessed 19.02.2023). (In Russian).
6. Chernyshev V.L. (2010) *Pokazateli effektivnosti ispol'zovaniya vooruzheniya: tsikl lektsii* [Weapons performance indicators : Course of lectures]. Moscow : Moscow Aviation Institute Publ. (In Russian).
7. Aranovich G.P., Mikhailin D.A. (2013) *Upravlenie i navedenie samoletov i raket. Nauchno-populyarnyi material* [Control and guidance of aircraft and missiles]. Moscow : Moscow Aviation Institute Publ. URL: <https://mai.ru/upload/iblock/efa/efab8f94fdae57f3174761563981a21b.pdf?ysclid=liezj1by93209033004&referer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F> (accessed 19.02.2023). (In Russian).
8. Legat I. (2019) Why maneuverability is not the main thing for the fighter. Our time. *Voенnoe obozrenie* [Military Review]. 27 August. URL: <https://topwar.ru/161675-pochemu-manevrennost-ne-glavnoe-dlja-istrebitelja-nashi-dni.html?ysclid=liewot9zbq600899066> (accessed 19.02.2023). (In Russian).
9. D'yakonov V.P. (2010) *MATLAB. Polnyi samouchitel'* [MATLAB. Complete tutorial]. Moscow : DMK Press. 767 p. ISBN 978-5-94074-652-2 2012. (In Russian).