

Анализ эффективности преодоления системы ПВО противника

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Преодоление противовоздушной обороны противника является важным этапом применения боевого авиационного комплекса любого типа и представляет собой одну из самых важных задач, без решения которой невозможны боевые действия авиации. Анализ эффективности преодоления системы ПВО противника существенно облегчает планирование боевых действий.

Основу ПВО составляют авиационные комплексы перехвата (АКП), зенитные ракетные комплексы (ЗРК), зенитные артиллерийские комплексы (ЗАК), функционирующие совместно или порознь в отведенных им зонах (рис.1).

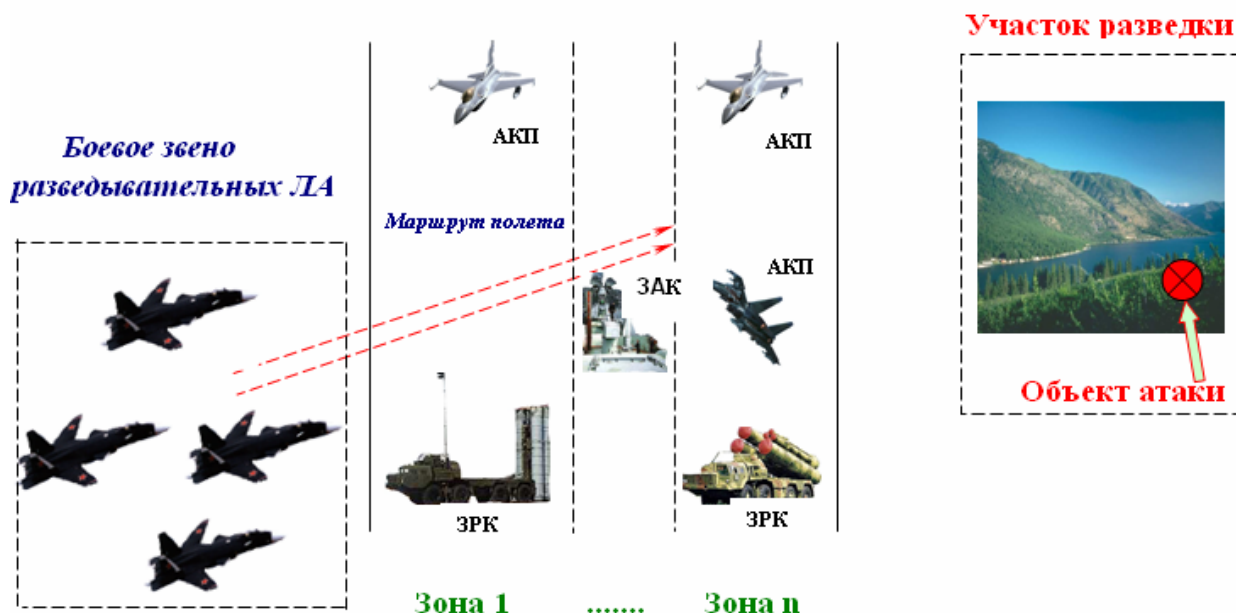


Рис. 1. Зоны противовоздушной обороны противника

В данной работе эффективность преодоления зон ПВО определяем в зависимости от тактико-технических характеристик средств ПВО, их численности, размещения и способа действия, а также тактико-технических характеристик разведывательного летательного аппарата (ЛА), профиля и маршрута его полета, применения мер противодействия ПВО (маневрирования, генерирования радиолокационных помех, действий по огневому подавлению средств ПВО и др.). Для оценки эффективности преодоления ПВО используем количественный показатель - вероятность преодоления ПВО одним ЛА. На основе этого критерия определяем как ожидаемые потери, так и вероятность того, что потери достигнут менее M из N вылетевших ЛА.

Определение критерия эффективности преодоления системы ПВО противника состоит из следующих этапов: нахождение числа огневых воздействий средств ПВО, которые могут быть сделаны по ЛА; расчет вероятности поражения цели при каждом воздействии; определение по данным, полученным на

предыдущем этапе, вероятности преодоления ПВО группой ЛА

Зависимости, используемые в данной работе для определения числа огневых воздействий по ЛА для каждого из рассматриваемых средств ПВО, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средство ПВО	Расположение средства ПВО	Число огневых воздействий средств ПВО, которые могут быть сделаны по ЛА
ЗАК	Разведано полностью	$n_{ЗАК_1} = n_{СК}(t+t_p)$
	Неизвестно	$n_{ЗАК_{cp}} = n_{СК}(\bar{t}+t_p)k_{бу}n_{бн}$
ЗРК	Разведано полностью	$n_{ЗРК_1} = n_{У}(1+E \frac{t+t_p}{t_{У}})$
	Неизвестно	$n_{ЗРК_{cp}} = n_{У}(1+E \frac{\bar{t}+t_p}{t_{У}})n_{бн}K_{бн}$
ЗАК	Среднее ожидаемое число атак	$n_{акп_{cp}} = N_{ИА} \cdot m \cdot k_{б}$

Вероятность преодоления одного вида ПВО одним ЛА определяем по формулам, приведенным в табл. 2.

Таблица 2

Расположение средства ПВО	Характер огневого воздействия	Число огневых воздействий средств ПВО, которые могут быть сделаны по ЛА
Разведано полностью	Без переноса огня	$\bar{P}_{ПВО} = (1-p_1)^N$
	С переносом огня	$\bar{P}_{ПВО} = \sum_{m=0}^{N-1} (1-\frac{m}{N}) \cdot C_n^m \cdot p_1^m \cdot (1-p_1)^{n-m}$
Неизвестно	Без переноса огня	$n_{ЗРК_1} = n_{У}(1+E \frac{t+t_p}{t_{У}})$
	С переносом огня	$\bar{P}_{ПВО_1} = \sum_{m=0}^{N-1} (1-\frac{m}{N}) \cdot \frac{a^m}{m!} e^{-a}$

Условные обозначения, принятые в табл. 1, 2, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Обозначение	Параметр
t	Время пребывания одного (любого) ЛА группы в зоне поражения батареи ЗРК
t_p	Расчетная глубина боевого порядка ЛА во времени
$n_{ск}$	Скорострельность батареи ЗРК
l_3	Путь, пролетаемый каждым ЛА в зоне поражения батареей ЗАК
l_2	Длина боевого порядка группы ЛА
\bar{l}_3	Средний путь, пролетаемый каждым ЛА в зоне поражения батареи ЗАК
\bar{t}	Среднее время пребывания одного (любого) ЛА группы в зоне поражения батареи ЗАК
$n_{\text{бн}}$	Число батарей ЗАК, которые могут обстреливать ЛА и расположение которых неизвестно
$k_{\text{бу}}$	Коэффициент боевого использования ЗАК
$n_{\text{ц}}$	Количество целей, которые ЗРК может обстреливать одновременно
$t_{\text{ц}}$	Продолжительность цикла стрельбы
V	Скорость полета ЛА (группы ЛА) в зоне ЗРК
H	Высота полета ЛА (группы ЛА) в зоне ЗРК
E	Обозначение целой части частного от деления
n_k	Число каналов наведения
n_p	Число ракет, наведение которых осуществляется одним каналом
$t_{\text{бп}}$	Общая глубина боевого порядка по времени
Δt_i	Интервалы между ЛА, превышающие $(t_{\text{ц}}+t)$
m	Количество интервалов между ЛА, превышающих $(t_{\text{ц}}+t)$
$N_{\text{ИА}}$	Среднее количество истребителей, раскрытых разведкой на аэродромах и способных оказывать огневое воздействие по ЛА при отражении налета
m	Среднее число атак, которые может выполнить истребитель
$k_{\text{б}}$	Коэффициент боеспособности истребителей

Вероятность поражения ЛА одним выстрелом в общем виде определяем следующим образом:

$$p_1 = p_{\text{нав}} (1 - p_{\text{сб}}) p_{\text{над}} (1 - p_{\text{ГП}}) (1 - p_{\text{ИП}}) (1 - p_{\text{М}}) p_1^*$$

где p_1^* - условная вероятность поражения ЛА одним выстрелом (характеризует тактические характеристики средств поражения и уязвимость цели). Это вероятность поражения в полигонных условиях; ее значение приводится в справочниках соответствующего боевого комплекса ПВО;

$p_{нав}$ – вероятность обнаружения цели и наведения на нее средств поражения;

$p_{сб}$ – вероятность сбивания средств поражения оборонным огнем;

$p_{над}$ – вероятность надежной работы боевого комплекса ПВО;

$p_{гп}$, $p_{ип}$, $p_{м}$ – вероятности срыва наведения (атаки) за счет создания препятствий индивидуальными и групповыми средствами радиоэлектронного противодействия и применения летательным аппаратом тактических приемов (маневра ЛА).

Если средства ПВО действуют строго в своих зонах, вероятность преодоления ПВО для каждой зоны определяем как

$$\bar{P}_{ПВО}^{АКП} = e^{-\lambda^{АКП} t^{АКП} p_1^{АКП}} ;$$

$$\bar{P}_{ПВО}^{ЗРК} = e^{-\lambda^{ЗРК} t^{ЗРК} p_1^{ЗРК}} ;$$

$$\bar{P}_{ПВО}^{ЗАК} = e^{-\lambda^{ЗАК} t^{ЗАК} p_1^{ЗАК}} .$$

Если ЛА при полете к цели проходит несколько зон ПВО, то он достигнет цели, если не будет поражен ни в одной из зон ПВО. События преодоления каждой из зон ПВО являются независимыми. Поэтому вероятность преодоления всех зон (например, трех) определяем следующим образом:

$$\bar{P}_{ПВО} = \bar{P}_{ПВО}^{АКП} \cdot \bar{P}_{ПВО}^{ЗРК} \cdot \bar{P}_{ПВО}^{ЗАК} .$$

Если система ПВО полностью разведана, то

$$\bar{P}_{ПВО} = (1 - p_1^{АКП})^{n_{АКП}} \cdot (1 - p_1^{ЗАК})^{n_{ЗАК}} \cdot (1 - p_1^{ЗРК})^{n_{ЗРК}} .$$

Если система ПВО не разведана, то

$$\bar{P}_{ПВО} = e^{-\left(\lambda^{АКП} t^{АКП} p_1^{АКП} + \lambda^{ЗРК} t^{ЗРК} p_1^{ЗРК} + \lambda^{ЗАК} t^{ЗАК} p_1^{ЗАК}\right)} .$$

Если все зоны действия средств ПВО являются смешанными и средства ПВО действуют одновременно, то вероятность преодоления ПВО противника определяем так:

$$\bar{P}_{ПВО} = e^{-\left(\lambda^{АКП} p_1^{АКП} + \lambda^{ЗРК} p_1^{ЗРК} + \lambda^{ЗАК} p_1^{ЗАК}\right)t}$$

Если проводятся мероприятия по подавлению комплексов ПВО противника, то вероятность преодоления этих комплексов

$$\bar{P}_{ПВО} = p_{под} + (1 - p_{под})\bar{P}_{ПВОо} ,$$

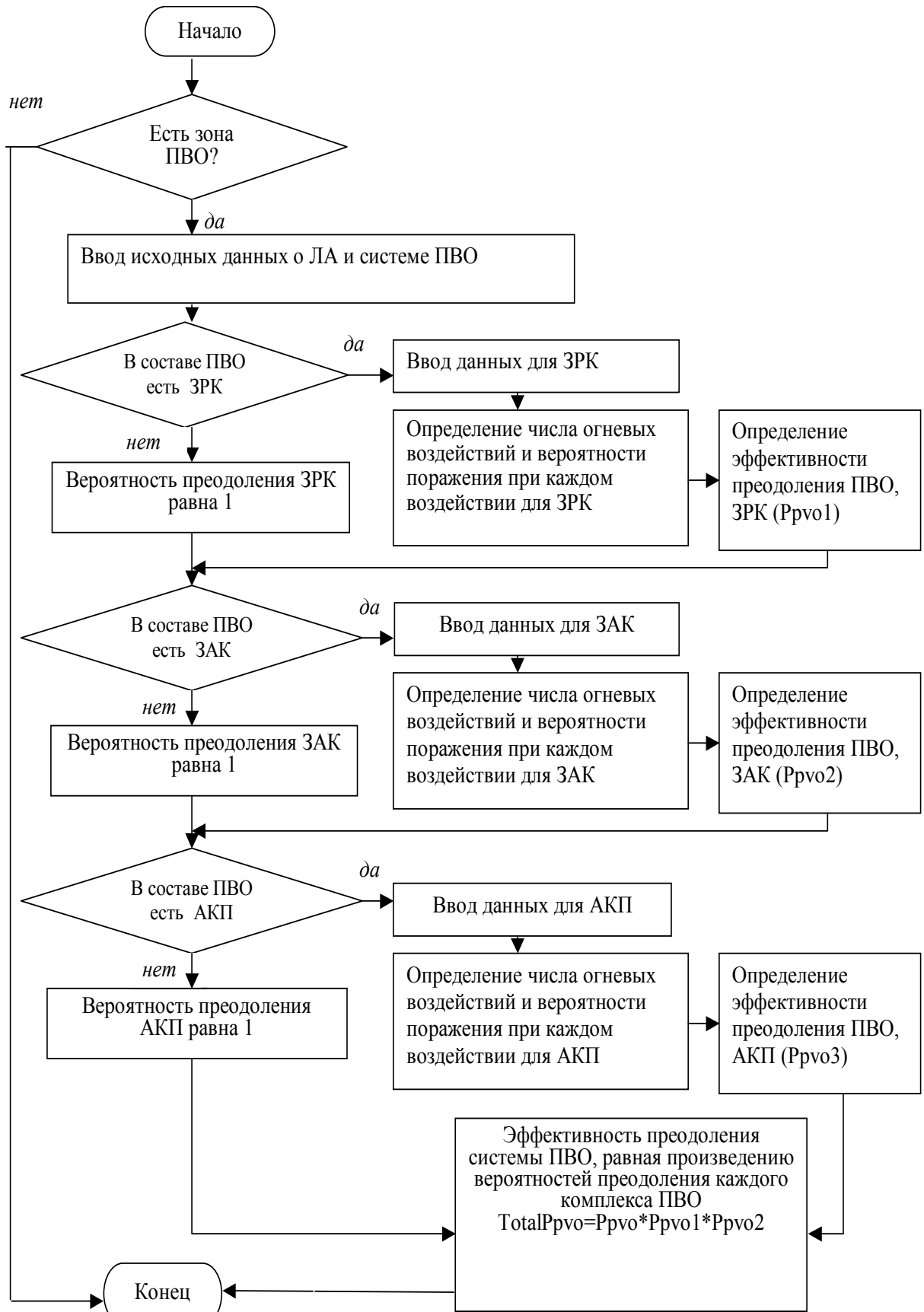


Рис. 2. Алгоритм расчета

где $P_{под}$ - вероятность подавления комплекса ПВО;

$\bar{P}_{ПВО}$ - вероятность преодоления комплекса ПВО без его подавления.

Разработанный программный продукт позволяет решить как прямую задачу определения вероятности преодоления зоны ПВО противника, так и обратную - определение количества ЛА, которые с заданной вероятностью преодолеют систему ПВО. Алгоритм решения поставленной задачи показан на рис. 2.

Выводы

1. В предложенном алгоритме оценка эффективности преодоления системы ПВО противника сводится к определению количественного показателя – критерия боевой эффективности. В качестве критерия эффективности преодоления системы ПВО противника использован базовый критерий - вероятность преодоления ПВО одним ЛА.

2. На основе базового критерия эффективности решены задачи, связанные с планированием преодоления системы ПВО противника боевыми или разведывательными ЛА.

3. Предложенный алгоритм может использоваться для оценки эффективности преодоления системы ПВО противника как пилотируемыми, так и беспилотными ЛА.

4. Оценка эффективности преодоления системы ПВО противника позволяет решить ряд чрезвычайно важных практических задач, необходимых при подготовке и ведении боевых действий:

- разработать наиболее эффективные тактико-технические мероприятия, направленные на повышение эффективности преодоления ПВО противника (выбор маршрута и профиля полета, рациональных тактических приемов, определение состава групп и их построение и т.п.);

- определить ожидаемые потери в ходе боевых действий;

- организовать ремонт ЛА, получивших повреждения в ходе боевых действий и т.д.

5. Разработанное программное обеспечение ориентировано на неквалифицированного пользователя, имеет простой и удобный интерфейс, развернутую встроенную справочную систему и систему тестирования правильности вводимых данных.

6. Программный продукт прошел тестирование и опытную эксплуатацию.

Список литературы

1. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. - М.:Машиностроение, 1966. – 273с.
2. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. – М.:Советское радио, 1962. – 363с.