

УДК 623.618

## МЕТОДИКА УЧЕТА ВАЖНОСТИ ЦЕЛИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ МЕЖДУ ОГНЕВЫМИ СРЕДСТВАМИ

А.Ю. ЛИПЛЯНИН, А.С. ШЕИН, А.В. ХИЖНЯК

*Военная академия Республики Беларусь  
Независимости, 220, Минск, 220057, Беларусь*

*Поступила в редакцию 16 марта 2017*

**Аннотация.** Выполнена оценка прироста эффективности решения задачи целераспределения при использовании методики определения важности цели как потенциальной степени опасности данного средства воздушного нападения для объекта обороны.

*Ключевые слова:* важность цели, целераспределение.

**Abstract.** The assessment of efficiency gains of solving the problem target distribution with use of the method of determining importance target as potential air attack means risk for object is realised.

*Keyword:* importance, target distribution.

**Doklady BGUIR. 2017, Vol. 104, No. 2, pp. 77–83**

**Method of accounting importance of the goal in task of aircraft distribution between firepower  
A.Yu. Liplianin, A.S. Shein, A.V. Khizhniak**

### Введение

Общая формулировка задачи о назначениях имеет вид: существует некоторое число исполнителей и работ, любой исполнитель может быть назначен на выполнение любой работы, но только одной, с неодинаковыми затратами.

При решении ищут оптимальное назначение из условий максимума общей производительности. Задача о назначениях имеет множество интерпретаций: распределение работ между механизмами, распределение целей между огневыми средствами. Нередко возникает ситуация, когда возможности исполнителей не соответствуют объемам работы. В такой ситуации необходимо определить важность каждой работы перед распределением.

Так, в ходе отражения воздушной наступательной операции может возникнуть такая ситуация, в которой огневые возможности группировки зенитных ракетных войск будут меньше плотности средств воздушного нападения (СВН), действующих в зоне ответственности подразделений зенитных ракетных войск (ЗРВ). Соответственно, огневые средства не в состоянии уничтожить все цели, участвующие в операции, следовательно, возникает задача отбора наиболее важных СВН для уничтожения. При этом определение важности должно производиться автоматически ввиду большого количества используемых летательных аппаратов [1–3].

Одним из путей разрешения сложившейся ситуации является повышение степени автоматизации процесса целераспределения в автоматизированных системах управления (АСУ). Так, для распределения целей между активными средствами необходимо произвести оценку опасности СВН для объекта обороны. Чем важнее задача, выполняемая воздушным объектом в воздушной наступательной операции, тем он опаснее.

В настоящее время окончательная оценка важности цели производится командиром, а ввод важности осуществляется вручную. Таким образом, создание методики, позволяющей произвести автоматизацию процесса определения важности СВН, привело бы к снижению нагрузки на лицо боевого расчета (БР). Это, соответственно, обеспечило бы более качественное решение задачи целераспределения, что привело бы, в свою очередь, к повышению эффективности управляющей подсистемы.

Таким образом, целью данной статьи является разработка методики определения важности цели, основанной на анализе класса воздушного объекта, с помощью которой возможна автоматизация данного процесса в современных АСУ.

### Основная часть

На основе анализа [4] был выбран показатель качества целераспределения характеризующий степень выполнения задачи зенитной ракетной бригады, а именно предотвращенный ущерб объекту обороны.

$$Q = \sum_{r=1}^R C_r \left( \sum_{j=1}^N C_{jr} P_{jr}^{30} - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M C_{jr} P_{ij}^{30} P_{ij}^{3B} P_{ij}^{B3} m_{ij} \right), \quad (1)$$

где  $C_r$  – важность  $r$ -го отдельного объекта обороны;  $r \in \overline{1, R}$  – номера отдельных объектов,  $C_{ij}$  – степень опасности  $j$ -й цели для  $r$ -го объекта обороны,  $P_{ij}^{30} = P_{jr}^{\Gamma} P_{jr}^B$  – вероятность входа  $j$ -й цели в зону опасности  $r$ -го объекта обороны,  $P_{jr}^{\Gamma}$  и  $P_{jr}^B$  – вероятности выхода  $j$ -й цели на рубеж опасности  $r$ -го объекта в горизонтальной и вертикальной плоскости соответственно,  $P_{ij}^{3B} = P_{ij}^{\Gamma} P_{ij}^B P_{ij}^V P_{ij}^T$  – вероятность входа  $j$ -й цели в зону воздействия  $r$ -го огневого средства,  $P_{ij}^{\Gamma}$  – вероятность выхода на рубеж воздействия в горизонтальной плоскости  $2L_r = 2P_{np}$ ,  $P_{ij}^B$  – вероятность выхода воздушной цели на рубеж воздействия в вертикальной плоскости  $2L_B = 2H_{\max} - H_{\min}$ ,  $P_{ij}^V$  – вероятность обстрела воздушной цели по скорости,  $P_{ij}^T$  – вероятность обстрела воздушной цели на рубеже воздействия по времени достижения ею рубежа воздействия – вероятность входа  $j$ -й цели в зону воздействия  $r$ -го огневого средства,  $P_{ij}^{B3}$  – вероятность выполнения боевой задачи  $i$ -м огневым средством по  $j$ -й цели,  $N$  – количество целей,  $M$  – количество огневых средств,  $m_{ij}$  – параметр управления, характеризующий закрепление  $j$ -й цели за  $i$ -м огневым средством.  $m_{ij} = 1$ , если  $j$ -ая цель закреплена за  $i$ -м огневым средством, в противном случае  $m_{ij} = 0$ .

Одной из важных особенностей данного показателя качества является учет степени опасности цели для объекта обороны. Необходимо заметить, что на сегодняшний момент основными параметрами, по которым производится определение важности цели, является положение цели в пространстве, реже используется ее тип [5]. В некоторых работах рассматривается возможность учета направления удара и роль СВН в боевом порядке [6]. При этом уровень неопределенности и противоречивости информации не позволяет на сегодняшний день достоверно определить важность цели в налете.

Важность – это предполагаемая степень опасности данной цели, т. е. выполняемая ею роль, характер и степень ее участия в наносимом ударе по обороняемому объекту [7]. Важность целей обычно определяется по совокупности признаков, объединенных в две группы: первая – постоянные или мало меняющиеся на протяжении всего удара признаки (тип, количество, особенности полета целей, применяемые ими способы противодействия и т. п.) и вторая – переменные, значительно меняющиеся за короткое время признаки (направление и высоты полета на маршруте, подлетное время до определенных рубежей, пуск ракет «воздух–земля», изменение количественного состава, применение наиболее характерных средств и способов постановки помех, демонстрационные действия, маневр и др.), которые изменяются, как правило, в больших пределах, иногда внезапно и за короткое время, причем наибольшая

интенсивность таких изменений наблюдается, как показывает опыт локальных войн [1–3], в зоне оценки обстановки и принятия решений, в зоне постановки задач зенитным ракетным дивизионам (зрдн), в зонах пуска и поражения зенитного ракетного комплекса (ЗРК).

На современном этапе развития СВН, сохраняется связь класса цели с ее задачей в налете, а, соответственно, ее опасности для объекта обороны. Выделяют следующие классы воздушных объектов: баллистические цели; самолеты управления и радиоэлектронной борьбы; носители высокоточного оружия; высокоточное оружие; самолеты-разведчики.

По различным признакам и оценке целей друг относительно друга в ударе наиболее важными считаются:

- по подлетному времени – цели с меньшим подлетным временем к рубежам, принятым при решении задачи целераспределения;
- по курсовому параметру – цели с меньшим параметром;
- по высоте полета – цели, действующие на малых и предельно малых высотах;
- по характеру и видам радиоэлектронных помех – цели, применяющие активные (прицельные, заградительные, комбинированные и др.) или пассивные помехи, в первую очередь действующие на главном направлении удара.

Следует отметить, что оценивать признаки воздушных объектов необходимо основываясь на их классах. Поэтому выявление главного направления удара, ударных и других групп, отдельных, наиболее важных целей, действующих по элементам объекта обороны, имеет первостепенное значение для эффективного решения задачи целераспределения [5].

В качестве рекомендации по повышению качества определения важности цели при целераспределении в АСУ можно предложить: оценку важности целей необходимо осуществлять на основе их класса, при обязательном учете частных показателей важности. При этом каждый показатель оценивается от наиболее опасного значения к менее опасному. Соответственно, для наиболее опасного значения оценочного параметра будет соответствовать единице. Шаг параметра мы определим по формуле

$$K_i = \frac{1}{n_i}, \quad (2)$$

где  $n_i$  – это количество подгрупп в параметре.

Так, для значения высоты приоритетом будут пользоваться воздушные объекты, находящиеся на предельно малых высотах, далее малые высоты будут оцениваться как менее опасные. Различают следующие высоты полета: предельно малые (до 200 м); малые (от 200 до 1000 м); средние (от 1000 до 4000 м); большие (свыше 4000 м).

При рассмотрении такого параметра как скорость приоритетными считают цели двигающиеся с наибольшей скоростью. По значениям скорости цели классифицируют: мало скоростные (< 80 м/с); дозвуковые (< 300 м/с); скоростные (< 1500 м/с); гиперзвуковые (> 1500 м/с).

Курсовой параметр цели оценивается по такому критерию как возможность обстрела дивизионом цели, т.е. если курсовой параметр больше предельного, то цели присваивается коэффициент 0, в ином случае – 1.

Классификация по подлетному времени осуществляется на основании принадлежности той или иной цели к определенному рубежу, наиболее важные цели находятся в зоне постановки задач зенитного ракетного дивизиона. Всего для этого параметра выделено (далее по возрастанию):

- зона обнаружения цели собственными средствами разведки – зона, в пределах которой происходит обнаружение воздушных целей и ставится задача на более качественное их сопровождение и выдачу полных данных о всех наблюдаемых целях, а также на выявление главного удара воздушного противника;
- зона обработки и выдачи информации о целях – зона, в пределах которой на командный пункт (КП) выдается информация об обстановке от средств разведки, ставятся задачи по качественному сопровождению всех целей, своевременной выдаче информации о них и выявлению наиболее важных, тактически значимых, а также проводится целенаправленная и интенсивная обработка информации о всех целях в пределах зон обнаружения всех средств системы разведки;

– зона оценки обстановки и принятия решений – зона, в которой при нахождении в ней целей формулируется решение командира на отражение удара, более достоверно вскрывается замысел удара воздушного противника и на основании этого принимается наиболее приемлемый вариант решения на его отражение, постоянно выдается информация об обстановке и ставятся задачи зрдн на выявление способов противодействия, изменение характера полета целей на маршрутах, отсеивается избыточная и ложная информация о воздушных целях, усиливается разведка на направлениях применения радиоэлектронных помех, а также резко возрастает интенсивность выдачи команд с КП зенитной ракетной бригады (полка) на КП дивизиона в связи с усилением применения противником различных способов противодействия;

– зона постановки задач зрдн – зона, в пределах которой ставятся боевые задачи зрдн на уничтожение целей при максимальной реализации их боевых возможностей.

При этом на всем протяжении налета цели, по которым задача ставится с вышестоящего командного пункта (ВКП), имеют безоговорочный приоритет над остальными целями и уничтожаются в первую очередь. Также, цели, которые применяют помехи, имеют повышающий коэффициент. По наличию помех цели классифицируются следующим образом:

- постановка помех для прикрытия групп целей;
- постановка помех ударным средством в составе группы целей, осуществляющих налет;
- постановка помех одиночным летательным аппаратом;

Учитывая вышесказанное, математическое представление оценки траекторных признаков для последующего учета в определении важности имеет вид:

$$C_i = K_{h_i} K_{v_i} K_{p_i} K_{t_i}, \quad (3)$$

где  $K_{h_i}$  – коэффициент важности по высоте,  $K_{v_i}$  – коэффициент важности по скорости,  $K_{p_i}$  – коэффициент важности по курсовому параметру,  $K_{t_i}$  – коэффициент важности по подлетному времени.

Однако, в связи с тем, что при оценке того или иного класса цели некоторые признаки могут быть малоинформативными, тогда для наиболее адекватной оценки необходимо учитывать особенности перечисленных классов цели. Так, для аэробаллистических целей большинство параметров не может быть учтено, в частности подлетное время, скорость и высота. Данный класс целей имеет большие значения скорости, особенно перед встречей с целью, что приводит к высокой скорости уменьшения высоты цели и ее подлетного времени. Оценку стоит проводить по курсовому параметру.

При оценке ВТО, в частности крылатых ракет, необходимо брать значение параметров, полученных ранее, для ранжирования по важности внутри класса. Бомбардировщики имеют особенности в определении важности по подлетному времени, так как они предоставляют наибольшую опасность до момента применения ВТО, имеющегося на их борту. По этой причине ранжирование по подлетному времени необходимо производить в обратном порядке. Остальные параметры оценки остаются теми же.

Для самолетов дальнего радиолокационного обнаружения и управления (ДРЛО и У) нет необходимости оценивать подлетное время, высоту и скорость, данный класс самолетов необходимо ранжировать по коэффициенту, учитывающему помехи.

В целом формула, определяющая важность цели, имеет вид

$$C_{ин_i} = K_{ц_i} C_{част_i} G_n, \quad (4)$$

где  $K_{ц_i}$  – коэффициент важности класса цели,  $C_{част_i}$  – оценка частных параметров важности,  $G_n$  – повышающий коэффициент для целей применяющих помехи

Для наглядности приведен пример ранжирования целей по важности на основе класса воздушного объекта. Пусть в зоне ответственности подразделения зенитных ракетных войск (ЗРВ) находятся восемь целей:

–  $N_1$  – < В 52,  $V = 150$  м/с,  $H = 8000$ , помеха – нет, возможность обстрела – да, находится в зоне обработки и выдачи информации о целях >

–  $N_2$  – < RGM-109С,  $V = 350$  м/с,  $H = 300$ , помеха – нет, возможность обстрела – да, находится в зоне постановки задач зрдн >

- $N_3$  – < RGM-109C,  $V = 340$  м/с,  $H =$  , помеха – нет, возможность обстрела – да, находится в зоне постановки задач зрдн >
- $N_4$  – < RGM-109C,  $V = 340$  м/с,  $H =$  , помеха – нет, возможность обстрела – да, находится в зоне постановки задач зрдн >
- $N_5$  – < E-3A >,  $V = 150$  м/с,  $H =$  , помеха – для прикрытия групп целей, возможность обстрела – да, находится в зоне обработки и выдачи информации о целях >
- $N_6$  – < F-16,  $V = 290$  м/с,  $H = 3500$ , помеха – нет, возможность обстрела – да, находится в зоне оценки обстановки и принятия решений >
- $N_7$  – < F-22,  $V = 290$  м/с,  $H = 4100$ , помеха – ударным средством в составе группы целей, осуществляющих налет, возможность обстрела – да, находится в зоне оценки обстановки и принятия решений >
- $N_8$  – < F-16,  $V = 290$  м/с,  $H = 4100$ , помеха – нет, возможность обстрела – да, находится в зоне оценки обстановки и принятия решений >

Результаты анализа согласно предложенной методики отображены в табл. 1.

Таблица 1. Анализ целей на основе класса с учетом ее характеристик

Воздушный объект	$K_{p_i}$	$K_{v_i}$	$K_{t_i}$	$K_{h_i}$	$G_i$	$K_{ц_i}$	$C_{ин_i}$	Порядок ЦР
B52	1	1,00	1	1,00	1,00	4	4	2
RGM-109C	1	0,75	0,75	1,00	1,00	3	1,6875	3
RGM-109C	1	0,75	0,75	0,75	1,00	3	1,265625	5
RGM-109C	1	0,75	0,75	0,75	1,00	3	1,265625	4
E-3A	1	1,00	1	1,00	2,00	4	8	1
F-16	1	0,50	0,4	0,50	1,00	1	0,1	6
F-22	1	0,50	0,4	0,25	1,30	1	0,065	7
F-16	1	0,50	0,4	0,25	1,00	1	0,05	8

Для сравнительной оценки предлагаемой методики осуществлялось распределение по важности вышеперечисленных объектов, без учета особенностей классов целей (данные предоставлены в табл. 2).

Таблица 2. Анализ целей без учета особенностей класса

Воздушный объект	$K_{p_i}$	$K_{v_i}$	$K_{t_i}$	$K_{h_i}$	$G_i$	$K_{ц_i}$	$C_{ин_i}$	Порядок ЦР
B52	1	0,25	0,25	0,25	1,00	3	0,046875	8
RGM-109C	1	0,75	0,75	1,00	1,00	3	1,6875	1
RGM-109C	1	0,75	0,75	0,75	1,00	3	1,265625	3
RGM-109C	1	0,75	0,75	0,75	1,00	3	1,265625	2
E-3A	1	0,25	0,25	0,25	2,00	4	0,125	5
F-16	1	0,50	0,50	0,50	1,00	1	0,125	4
F-22	1	0,50	0,50	0,25	1,30	1	0,08125	7
F-16	1	0,50	0,50	0,25	1,00	1	0,0625	6

Так, для расчета прироста значения показателя качества целераспределения были отобраны 4 наиболее важных цели из 8. Расчет производится по формуле:

$$Q_{отн} = \frac{\sum_{i=1}^n C_r - \sum_{j=1}^m C_j}{\sum_{r=1}^k C_i}, \quad (5)$$

где  $C_r$  – суммарное значение опасности распределенных целей,  $C_j$  – суммарное значение опасности не распределенных целей,  $C_i$  – суммарное значение опасности всех целей в налете.

Для расчета прироста значения показателя качества управления установим следующие условные значения опасности для каждого класса целей: истребитель – 1, КР – 2, носитель ВТО до рубежа выполнения задачи – 3, самолеты ДРЛО и У– 4, баллистические цели – 5. Так как зенитно-ракетная бригада не может в ходе налета обстрелять все имеющиеся цели ввиду ограниченности боезапаса, то необходимо отбирать наиболее важные цели.

По формуле (5) производится оценка прироста эффективности целераспределения при использовании предложенной методики. Для представленных данных прирост составляет 26 %. Однако необходимо заметить, что при возрастании количества летательных аппаратов в воздушном пространстве значение прироста эффективности будет уменьшаться.

Для расчета прироста эффективности целераспределения, при количестве целей, равных среднему числу летательных аппаратов, участвующих в типовой воздушной наступательной операции, была разработана программа в среде программирования Visual Studio 2013. Произведенный расчет показал, что первая методика обеспечивает 10 % прирост качества целераспределения при описанных параметрах.

### **Заключение**

Предложенная методика позволяет получать значения важности СВН, пригодные в последующем для отбора целей при распределении огневых средств противовоздушной обороны. Использование методики в алгоритмах систем управления огнем позволит автоматизировать процесс определения важности цели. Так, в результате имитационного моделирования установлено, что для типовых налетов [8] значение прироста эффективности достигнет 20 %. При этом эффективность использования методики в большей степени зависит от соотношения количества СВН к огневым возможностям.

### **Список литературы**

1. Дрожжин А.И., Сотаров В. Основные направления развития боевой авиации США и способов ее применения // Зарубеж. Воен. обозрен. 2007. № 7. С. 29–37.
2. Дубов Д. Перспективы развития системы управления воздушным компонентом объединенного оперативного формирования США // Зарубеж. Воен. обозрен. 2010. № 8. С. 59–62.
3. Шляхтов Д. Организация управления СВН ВС США в операциях на ТВД // Зарубеж. Воен. обозрен. 2006. № 7. С. 34–40.
4. Кругликов В.В., Кругликов С.В. Адаптивное управление зенитным ракетным оружием. Минск: ВАРБ, 2013.
5. Неупокоев В.Ф. Противовоздушный бой. М.: Воениздат, 1989. 262 с.
6. Войтович С.А., Романенко И. А., Александров А. В. Методика оценки тактической важности средств воздушного нападения для принятия решения на распределения огня зенитных ракетных подразделений группировки ЗРВ // Системи обробки інформації. 2005. Вып. 4 (44). С. 16–22.
7. Управление огнем зенитных ракетных комплексов. М.: Воениздат, 1987.
8. Справочник офицера Военно-воздушных сил войск противовоздушной обороны / под ред. И.П. Азаренка [и др.]. Минск: Командование ВВС и войск ПВО, 2009. 511 с.

### **References**

1. Drozhzhin A.I., Sotarov V. Osnovnye napravlenija razvitija boevoj aviacii SShA i sposobov ee primenenija // Zarubezh. Voen. obozren. 2007. № 7. S. 29–37. (in Russ.)
2. Dubov D. Perspektivy razvitija sistemy upravlenija vozdushnym komponentom ob#edinennogo operativnogo formirovanija SShA // Zarubezh. Voen. obozren. 2010. № 8. S. 59–62. (in Russ.)
3. Shljahtov D. Organizacija upravljenija SVN VS SShA v operacijah na TVD // Zarubezh. Voen. obozren. 2006. № 7. S. 34–40. (in Russ.)
4. Kruglikov V.V., Kruglikov S.V. Adaptivnoe upravlenie zenitnym raketnym oruzhiem. Minsk: VARB, 2013. (in Russ.)
5. Neupokoev V.F. Protivovozdushnyj boj. M.: Voenizdat, 1989. 262 s. (in Russ.)
6. Vojtovich S.A., Romanenko I. A., Aleksandrov A. V. Metodika ocenki takticheskoj vazhnosti sredstv vozdušnogo napadenija dlja prinjatija reshenija na raspredelenija ognja zenitnyh raketnyh podrazdelenij gruppirovki ZRV // Sistemi obrobki informacii. 2005. Vyp. 4 (44). S. 16–22. (in Russ.)
7. Upravlenie ognem zenitnyh raketnyh kompleksov. M.: Voenizdat, 1987. (in Russ.)
8. Spravochnik oficera Voenno-vozdušnyh sil vojsk protivovozdushnoj oborony / pod red. I.P. Azarenka [i dr.]. Minsk: Komandovanie VVS i vojsk PVO, 2009. 511 s. (in Russ.)

### **Сведения об авторах**

Липлянин А.Ю., адъюнкт кафедры автоматизированных систем управления войсками Военной академии Республики Беларусь.

Шейн А.С., к.т.н., начальник научно-исследовательской лаборатории кафедры автоматизированных систем управления войсками Военной академии Республики Беларусь.

Хижняк А.В., к.т.н., доцент, начальник кафедры автоматизированных систем управления войсками Военной академии Республики Беларусь.

### **Адрес для корреспонденции**

220057, Республика Беларусь,  
г. Минск, пр. Независимости, д. 220,  
Военная академия Республики Беларусь  
тел. +375-29-779-48-89;  
e-mail: liplianin.anton@yandex.ru;  
Липлянин Антон Юрьевич

### **Information about the authors**

A.Yu. Liplianin, PG student of department of automated control systems of troops of Military academy of the Republic of Belarus.

Shein A.S., PhD, head of scientific and research laboratory of Military academy of the Republic of Belarus.

Khizhniak A.V., head of department of automated control systems of troops of Military academy of the Republic of Belarus.

### **Address for correspondence**

220057, Republic of Belarus,  
Minsk, Nezavisimosti ave., 220,  
Military academy of the Republic of Belarus  
tel. +375-29-779-48-89;  
e-mail: liplianin.anton@yandex.ru;  
Liplianin Anton Yur'evich