

К.Х.Аюш, С.Т. Балаян, В.Н. Пригарин

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАНЖИРОВАНИЯ САМОЛЕТОВ  
ГРУППОВОЙ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ ПО ПРИОРИТЕТНОСТИ  
ИХ УНИЧТОЖЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫМИ АВИАЦИОННЫМИ РАКЕТАМИ

**Аннотация.** Разработанный алгоритм ранжирования воздушных целей – один из важнейших компонентов информационно-управляющей подсистемы управляемой авиационной ракеты класса «воздух – воздух», оснащенной активной радиолокационной головкой самонаведения. Осуществлено программно-математическое обеспечение алгоритмизации процесса ранжирования воздушных целей с использованием языка программирования MatLab&Simulink. Исследована возможность применения алгоритма для ранжирования групповой воздушной цели по дальности от группы управляемых авиационных ракет, скорости сближения и курсовому углу. Получена зависимость диаметра окружности области невозможных атак от скорости цели при различных значениях располагаемой перегрузки ракеты.  
*Ключевые слова:* групповая цель, воздушный бой, методы наведения, приоритетность целей.

К.Н. Ayush, S.T. Balayan, V.N. Prigarin

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR RANKING AIRCRAFT  
OF A GROUP AIR TARGET ACCORDING TO THE PRIORITY  
OF THEIR DESTRUCTION BY GUIDED AIRCRAFT MISSILES

**Abstract.** The developed air target ranking algorithm is one of the most important components of the information and control subsystem of an air-to-air guided missile equipped with an active radar homing head. The software and mathematical support for the algorithmization of the process of ranging air targets was implemented using the Matlab & Simulink programming language. The possibility of using an algorithm for ranging a group air target in terms of range from a group of guided aircraft missiles, approach speed and heading angle has been studied. The dependence of the diameter of the circle of the area of impossible attacks on the speed of the target is obtained for various values of the available rocket overload.

*Keywords:* group target, air combat, guidance methods, target priority.

*Введение*

Развитие многополярности военно-политической элиты ведущих экономически развитых стран мира происходит под сильным влиянием наращивания боевого могущества вооруженных сил. Критерием боевого превосходства в этой ситуации служит постоянное совершенствование и демонстрация высокоинтеллектуальных и технологически сложных разработок в таких многопараметрических системах, как управляемые авиационные средства поражения (далее – УАСП). Возможности преодолевать большие расстояния в составе группы, постоянно обмениваясь информацией о своем местоположении, выдерживать определенный элемент боевого строя, выполнять своевременное целераспределение в ситуации по поражению групповой цели, осуществляющей, в свою очередь, принципы комплексности и эшелонированности тех сил и средств, которые имеются в арсенале своей защиты, делают УАСП визитной карточкой любой сверхдержавы.

**Аюш Карам Хасан**

адъюнкт кафедры авиационного вооружения и эффективности боевого применения Военного учебно-научного центра 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 1 опубликованной научной работы.

Электронный адрес: karamaesh154@gmail.com

**Балаян Сергей Товмасович**

кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры авиационного вооружения и эффективности боевого применения Военного учебно-научного центра 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 100 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: bst76@yandex.ru

**Пригарин Василий Николаевич**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры авиационного вооружения и эффективности боевого применения Военного учебно-научного центра 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 50 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: vas\_nik\_voroney@mail.ru

Современный воздушный бой претерпел значительные изменения по конфигурации и составу рассматриваемого воздушного противоборства, причем каждая из сторон старается быть менее заметной и прежде своего оппонента выполнять мероприятия по поиску, обнаружению, распознаванию, сопровождению и конечному поражению элементарной цели из состава групповой. Обзор научно-технической литературы дает основания полагать, что дальний групповой всеракурсный воздушный бой имеет в своей перспективе последние достижения военно-технической мысли по дальнейшему совершенствованию и использованию двигательных систем, систем обмена информацией и формирования строя таких сложных многопараметрических технических систем, как управляемые ракеты класса «воздух – воздух» (далее – УРВВ).

В данной статье рассматривается ситуация группового применения УРВВ по самолетам противника, количественный состав которых определяется по разведывательным данным спутниковой орбитальной группировки. Вероятный противник представлен четырьмя истребителями, каждый из которых имеет в своем снаряжении силы и средства индивидуального и коллективного противодействия. Ракеты, выдерживая определенные интервалы и дистанции, в пределах разрешаемого объема информации радиолокационной станции (далее – РЛС) по параметрам принимаемых сигналов, преодолевают траекторию полета к групповой воздушной цели (далее – ГВЦ). Ракетный строй определяется радиолокатором самолета противника как единая метка, которая по мере увеличения в параметрическом пространстве начинает наблюдаться раздельно, так как между принима-

емыми и отраженными от элементов ракетного строя сигналами со временем появляется превышение значений разрешающей способности РЛС хотя бы по одному из параметров.

У самолета-носителя в воздушном бою, равно как и у управляемых авиационных ракет, одним из важнейших этапов является сближение с целью. Это сближение может быть различным в зависимости от характера оборудования и вооружения для самолета и от принятой системы самонаведения для ракеты. Траектория сближения с целью определяется выбранным законом, который принято называть методом наведения. Лучшим считается такой метод наведения, при котором траектория атакующего имеет наименьшую кривизну, наиболее проста, обеспечивает заданную дальность стрельбы при требуемой точности.

Методы наведения разделяются на двухточечные и трехточечные. Двухточечными называют такие методы наведения, при которых параметр рассогласования определяется положением двух точек – атакующего и цели. К ним относятся следующие методы:

- прямого наведения;
- погони;
- параллельного сближения;
- пропорционального сближения.

В системах наведения ракет используются именно эти методы, но наиболее распространен последний.

Трехточечным методом называют такой метод, при котором на одной линии (линии визирования) должны быть в пространстве и взаимно располагаться три точки – самолет-носитель, управляемая ракета и цель.

#### *Постановка научной задачи*

Координация в полете группы управляемых авиационных ракет обеспечивается наличием ряда условий, а именно:

- бортовая система обмена информацией между УРВВ;
- система формирования строя, функциональная принадлежность, которой заключается в сведении (построении) ракетного строя и уменьшение дистанции до минимально возможных значений по интервалу, дистанции и высоте между УРВВ группы, усложняющих их разрешение по углу и дальности для РЛС целей;
- единый алгоритм ранжирования воздушных целей по степени угрозы и автономности целераспределения УРВВ, работа которого начинается с вычисления соответствующих априорно-прогнозируемых параметров целей, скорости сближения, дальности до цели и курсового угла. Затем составляется оценка параметров экспертным путем, где каждому параметру присваивается степень важности относительно других параметров. В результате отношения степеней важности друг с другом, получаем коэффициенты важности. Далее, имея значения параметров целей от системы наведения ракет, в результате их попарного сравнения между собой с учетом коэффициента важности параметров, выделяется воздушная цель среди других как наиболее приоритетная. Конечный показатель приоритетности цели определяется как скалярное перемножение матрицы коэффициентов параметров целей, полученных на основе параметров целей от систем наведения и матрицы коэффициентов важности параметров цели;
- единый алгоритм целераспределения ракет по воздушным целям. Данный процесс совместного выбора целей с использованием системы обмена информацией «борт – борт» осуществляется последовательно от первой ракеты первого эшелона до последней ракеты крайнего эшелона с информированием всех ракет группы о занятости канала матрицы цели.

Для выполнения первого и второго условия необходимо сформировать строй УРВВ с учетом априорно прогнозируемых данных о разрешающей способности по дальности РАС воздушных целей и их диаграмм направленности антенн. Вместе с тем должны выполняться требования по безопасности продолжительного полета ракет, критерию минимального значения вероятности их столкновения и непоражению нескольких УРВВ одной противоракетой, пущенной со стороны противника.

После того как ГВЦ станет различаться, отдельно необходимо ранжировать ее одиночные элементарные цели для уничтожения впоследствии всей групповой воздушной цели. После процесса идентификации одиночных элементарных целей необходимо сформировать единую матрицу обнаруженных целей.

В этой матрице цели требуется расположить в порядке убывания приоритета, то есть более приоритетной цели присваивается меньший номер.

1. Ранжирование по дальности – чем меньше дальность, тем приоритетней цель.
2. Ранжирование по скорости сближения – чем больше скорость, тем приоритетней цель.
3. Ранжирование по курсовому углу – чем меньше угол, тем приоритетней цель.

*Алгоритм ранжирования целей по приоритетности их уничтожения*

Для вычисления суммарной многофакторной приоритетности применяется модифицированный метод Саати, представляющий собой отдельно разработанную подпрограмму, встроенную в данный алгоритм [3]. Для отдельно взятой воздушной цели формируется набор критериев, по которому оценивается ее приоритетность. Формирование собственных векторов приоритетностей происходит на основе парных сравнений целей по каждому критерию, а затем вычисляется суммарная многофакторная приоритетность путем выбора весовых коэффициентов значимости критериев. Далее проводится формирование матриц приоритетности по критериям. Элементы матриц вычисляются по формуле

$$\begin{aligned} a_{ij}^k &= f_j^k / f_i^k ; \\ \bar{F}_k &= \{f_i^k\}_{i=1}^n , \end{aligned} \tag{1}$$

где  $\bar{F}_k$  – вектор  $k$ -го фактора по целям.

Вычисление собственных векторов приоритетностей производится по формуле

$$a_i^k = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}^k} ; \bar{a}_k = \{a_i^k\}_{i=1}^n , \tag{2}$$

а затем проводится их нормирование:

$$\begin{aligned} b_i^k &= a_i^k / \sum_{i=1}^n a_i^k ; \\ \bar{b}_k &= \{b_i^k\}_{i=1}^n . \end{aligned} \tag{3}$$

В результате на выходе формируется матрица нормированных собственных векторов приоритетностей целей:

$$b = \{\bar{b}_1^T, \dots, \bar{b}_m^T\} n \times m.$$

На следующем этапе выполняется многофакторная приоритетность целей:

$$B_i = \sum_{k=1}^m c_k \times b_i^k, \quad (4)$$

где  $c_k$  – весовой коэффициент значимости критериев;  $i = \overline{1, n}$ .

Определение весовых коэффициентов значимости критериев осуществляется путем экспертного попарного сравнения их значимости в определенном дискретном диапазоне:

1. Равнозначность критериев (отсутствие превосходства одного критерия над другим).

3. Незначительное превосходство.

5. Умеренное превосходство.

7. Значительное превосходство.

9. Подавляющее превосходство.

После этапа вычисления многофакторной приоритетности целей происходит формирование ряда ранжирования, то есть объекту, имеющему большее значение многофакторной приоритетности, присваивается меньший порядковый номер, характеризующий приоритетность цели [2].

**Пример.** Исходные данные для ранжирования.

Таблица 1

Показатели для ранжирования целей

№ цели	Дальность до цели $D_i$ , км	Скорость сближения $V_i$ , км/ч	Курсовой угол $\psi_i$ , град
$\Pi_1$	97,8	2636	22
$\Pi_2$	101,1	2519	17
$\Pi_3$	96,1	2582	5
$\Pi_4$	100,8	2621	11
$\Pi_5$	103,3	2495	19

1. Ранжирование целей по дальности.

а) формирование матрицы по формуле (1):

$$D = \left( \begin{array}{ccccc} \frac{d_1^1}{d_1^1} & \frac{d_1^1}{d_2^1} & \frac{d_1^1}{d_3^1} & \frac{d_1^1}{d_4^1} & \frac{d_1^1}{d_5^1} \\ \frac{d_2^1}{d_1^1} & \frac{d_2^1}{d_2^1} & \frac{d_2^1}{d_3^1} & \frac{d_2^1}{d_4^1} & \frac{d_2^1}{d_5^1} \\ \frac{d_3^1}{d_1^1} & \frac{d_3^1}{d_2^1} & \frac{d_3^1}{d_3^1} & \frac{d_3^1}{d_4^1} & \frac{d_3^1}{d_5^1} \\ \frac{d_4^1}{d_1^1} & \frac{d_4^1}{d_2^1} & \frac{d_4^1}{d_3^1} & \frac{d_4^1}{d_4^1} & \frac{d_4^1}{d_5^1} \\ \frac{d_5^1}{d_1^1} & \frac{d_5^1}{d_2^1} & \frac{d_5^1}{d_3^1} & \frac{d_5^1}{d_4^1} & \frac{d_5^1}{d_5^1} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{ccccc} 1,00 & 0,97 & 1,02 & 0,97 & 0,95 \\ 1,03 & 1,00 & 1,05 & 1,00 & 0,98 \\ 0,98 & 0,95 & 1,00 & 0,95 & 0,93 \\ 1,03 & 1,00 & 1,05 & 1,00 & 0,98 \\ 1,06 & 1,02 & 1,07 & 1,02 & 1,00 \end{array} \right);$$

Разработка алгоритма ранжирования самолетов групповой воздушной цели ...

б) расчет по формуле (2) вектора собственных значений матрицы каждой цели по дальности:

$$a^1 = \begin{bmatrix} a_1^1 \\ a_2^1 \\ a_3^1 \\ a_4^1 \\ a_5^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,98 \\ 1,01 \\ 0,96 \\ 1,01 \\ 1,04 \end{bmatrix};$$

в) нормирование собственных векторов по формуле (3):

$$b^1 = \begin{bmatrix} b_1^1 \\ b_2^1 \\ b_3^1 \\ b_4^1 \\ b_5^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2 \\ 0,2 \\ 0,19 \\ 0,2 \\ 0,21 \end{bmatrix}.$$

2. Ранжирование целей по скорости сближения.

а) формирование матрицы по формуле (1):

$$V = \begin{pmatrix} \frac{v_1^2}{v_1^2} & \frac{v_1^2}{v_2^2} & \frac{v_1^2}{v_3^2} & \frac{v_1^2}{v_4^2} & \frac{v_1^2}{v_5^2} \\ \frac{v_2^2}{v_1^2} & \frac{v_2^2}{v_2^2} & \frac{v_2^2}{v_3^2} & \frac{v_2^2}{v_4^2} & \frac{v_2^2}{v_5^2} \\ \frac{v_3^2}{v_1^2} & \frac{v_3^2}{v_2^2} & \frac{v_3^2}{v_3^2} & \frac{v_3^2}{v_4^2} & \frac{v_3^2}{v_5^2} \\ \frac{v_4^2}{v_1^2} & \frac{v_4^2}{v_2^2} & \frac{v_4^2}{v_3^2} & \frac{v_4^2}{v_4^2} & \frac{v_4^2}{v_5^2} \\ \frac{v_5^2}{v_1^2} & \frac{v_5^2}{v_2^2} & \frac{v_5^2}{v_3^2} & \frac{v_5^2}{v_4^2} & \frac{v_5^2}{v_5^2} \end{pmatrix} = \begin{Bmatrix} 1,00 & 0,99 & 0,97 & 0,95 & 0,95 \\ 1,01 & 1,00 & 0,98 & 0,96 & 0,96 \\ 1,03 & 1,03 & 1,00 & 0,99 & 0,98 \\ 1,05 & 1,04 & 1,02 & 1,00 & 0,99 \\ 1,06 & 1,05 & 1,02 & 1,01 & 1,00 \end{Bmatrix};$$

б) расчет по формуле (2) вектора собственных значений матрицы каждой цели по скорости сближения:

$$a^2 = \begin{bmatrix} a_1^2 \\ a_2^2 \\ a_3^2 \\ a_4^2 \\ a_5^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,97 \\ 0,98 \\ 1 \\ 1,02 \\ 1,03 \end{bmatrix};$$

в) нормирование собственных векторов по формуле (3):

$$b^2 = \begin{bmatrix} b_1^2 \\ b_2^2 \\ b_3^2 \\ b_4^2 \\ b_5^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,2 \\ 0,2 \\ 0,2 \\ 0,21 \end{bmatrix}.$$

3. Ранжирование целей по курсовому углу.

а) формирование матрицы по формуле (1):

$$\psi = \begin{bmatrix} \frac{f_1^3}{f_1^3} & \frac{f_1^3}{f_2^3} & \frac{f_1^3}{f_3^3} & \frac{f_1^3}{f_4^3} & \frac{f_1^3}{f_5^3} \\ \frac{f_2^3}{f_1^3} & \frac{f_2^3}{f_2^3} & \frac{f_2^3}{f_3^3} & \frac{f_2^3}{f_4^3} & \frac{f_2^3}{f_5^3} \\ \frac{f_3^3}{f_1^3} & \frac{f_3^3}{f_2^3} & \frac{f_3^3}{f_3^3} & \frac{f_3^3}{f_4^3} & \frac{f_3^3}{f_5^3} \\ \frac{f_4^3}{f_1^3} & \frac{f_4^3}{f_2^3} & \frac{f_4^3}{f_3^3} & \frac{f_4^3}{f_4^3} & \frac{f_4^3}{f_5^3} \\ \frac{f_5^3}{f_1^3} & \frac{f_5^3}{f_2^3} & \frac{f_5^3}{f_3^3} & \frac{f_5^3}{f_4^3} & \frac{f_5^3}{f_5^3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 1,29 & 4,40 & 2,00 & 1,16 \\ 0,77 & 1,00 & 3,40 & 1,55 & 0,89 \\ 0,23 & 0,29 & 1,00 & 0,45 & 0,26 \\ 0,50 & 0,65 & 2,20 & 1,00 & 0,58 \\ 0,86 & 1,12 & 3,80 & 1,73 & 1,00 \end{bmatrix};$$

б) расчет по формуле (2) вектора собственных значений матрицы каждой цели по курсовому углу:

$$a^3 = \begin{bmatrix} a_1^3 \\ a_2^3 \\ a_3^3 \\ a_4^3 \\ a_5^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,68 \\ 1,29 \\ 0,38 \\ 0,84 \\ 1,45 \end{bmatrix};$$

в) нормирование собственных векторов производится по формуле (3):

$$b^3 = \begin{bmatrix} b_1^3 \\ b_2^3 \\ b_3^3 \\ b_4^3 \\ b_5^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3 \\ 0,23 \\ 0,07 \\ 0,15 \\ 0,26 \end{bmatrix}.$$

4. Вычисление суммарной многофакторной приоритетности.

Очевидно, что наибольшую опасность представляет ближайшая цель, поэтому весовой коэффициент по дальности принимается  $c_1 = 9$ . Коэффициенты по скорости сближения и курсовому углу, соответственно,  $c_2 = 5, c_3 = 3$ .

Разработка алгоритма ранжирования самолетов групповой воздушной цели ...

Изложенная выше методика справедлива для случая, когда наибольшему значению критерия соответствует наибольшая приоритетность.

Для представленного примера:

- чем меньше дальность до цели, тем выше приоритетность;
- чем больше скорость сближения, тем выше приоритетность;
- чем меньше курсовой угол, тем выше приоритетность.

Поэтому целям, имеющим меньшее значение суммарной многофакторной приоритетности, присваивается меньший порядковый номер, а составляющая по скорости сближения берется со знаком минус.

Таким образом, суммарная многофакторная приоритетность:

$$B_1 = c_1 \times b_1^1 - c_2 \times b_1^2 + c_3 \times b_1^3 = 1,68;$$

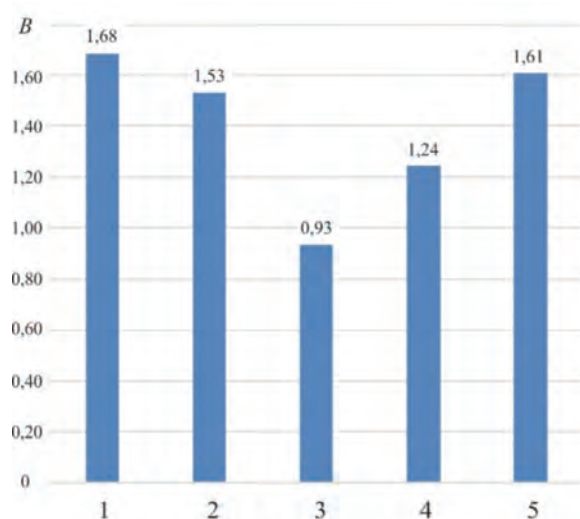
$$B_2 = c_1 \times b_2^1 - c_2 \times b_2^2 + c_3 \times b_2^3 = 1,53;$$

$$B_3 = c_1 \times b_3^1 - c_2 \times b_3^2 + c_3 \times b_3^3 = 0,93;$$

$$B_4 = c_1 \times b_4^1 - c_2 \times b_4^2 + c_3 \times b_4^3 = 1,24;$$

$$B_5 = c_1 \times b_5^1 - c_2 \times b_5^2 + c_3 \times b_5^3 = 1,61.$$

В итоге получим матрицу целей, отсортированных по приоритетности (Рисунок 1):  
1 – Ц<sub>3</sub>; 2 – Ц<sub>4</sub>; 3 – Ц<sub>2</sub>; 4 – Ц<sub>5</sub>; 5 – Ц<sub>1</sub>.



**Рисунок 1.** Зависимость суммарной многофакторной приоритетности от номера целей

Задача считается выполненной:

- при поражении цели;
- отвороте цели со срывом радиолокационного сопровождения нашего самолета;
- выключении бортовой РЛС самолета противника;
- невозможности пуска ракет противника;
- срыве наведения уже пущенных противником ракет.

Решение вышеописанных задач разработанным способом приводит к снижению вероятности оставить не уничтоженной более опасную цель из всех обнаруженных, что, в



свою очередь, увеличивает общую эффективность группового применения УРВВ. Однако степень опасности меняется по мере сближения УРВВ и целей.

На Рисунке 2 показана приоритетность целей на расстоянии 124–132 км. На данном расстоянии наиболее опасной является первая цель.

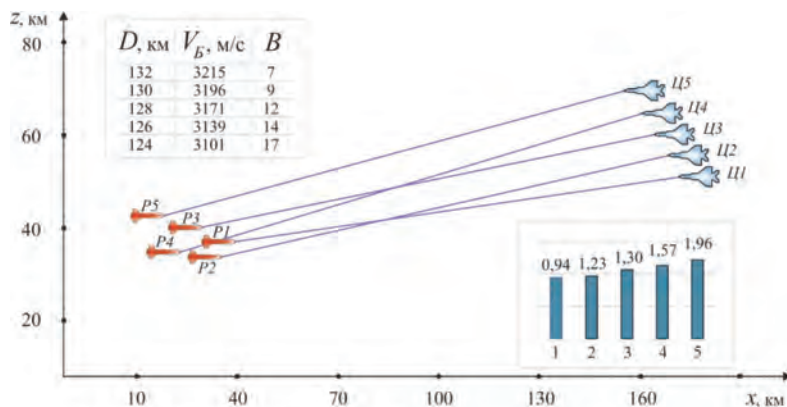


Рисунок 2. Приоритетность целей на расстоянии 124–132 км

На Рисунке 3 показана приоритетность целей на расстоянии 55–65 км. На данном расстоянии наиболее опасной является вторая цель.

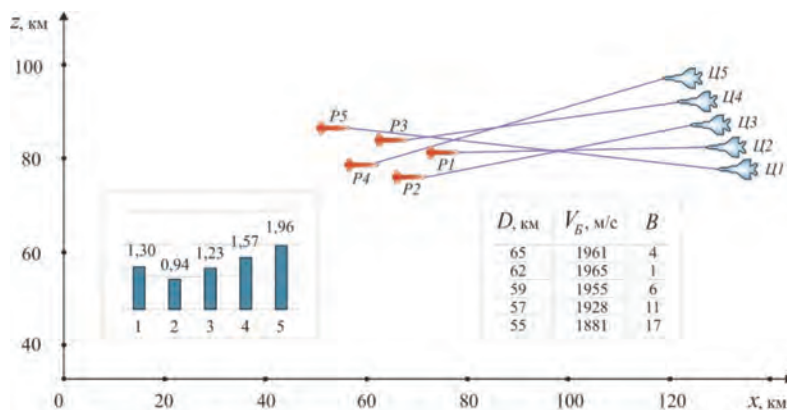


Рисунок 3. Приоритетность целей на расстоянии 55–65 км

На Рисунке 4 показана приоритетность целей на расстоянии 20–34 км. На данном расстоянии наиболее опасной является четвертая цель.

Поскольку степень опасности постоянно меняется, необходимо решить задачу по определению момента времени роспуска строя УРВВ. Этот момент времени зависит от разрешающей способности бортовой РАС целей и от области возможных атак (ОВА) [1]. Так, в горизонтальной плоскости ОВА ограничивается двумя окружностями с диаметром

$$D = \frac{V_A V_B}{g \sqrt{n_{\text{ра}}^2 - 1}}, \quad (5)$$

Разработка алгоритма ранжирования самолетов групповой воздушной цели ...

где  $V_A$  – скорость ракеты;  $V_B$  – скорость цели;  $g$  – ускорение свободного падения;  $n_{ya\ pacn}$  – располагаемая перегрузка ракеты.

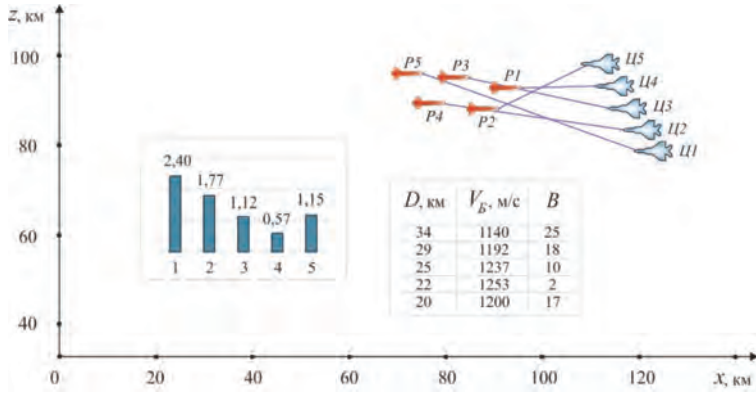


Рисунок 4. Приоритетность целей на расстоянии 20–34 км

На Рисунке 5 представлены области невозможных атак.

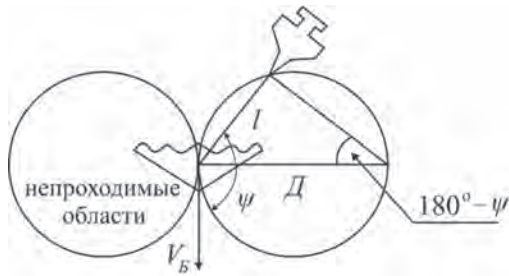


Рисунок 5. Области, из которых атака невозможна

Ниже на Рисунке 6 представлена зависимость диаметра окружности области невозможных атак от скорости цели при различных значениях располагаемой перегрузки.

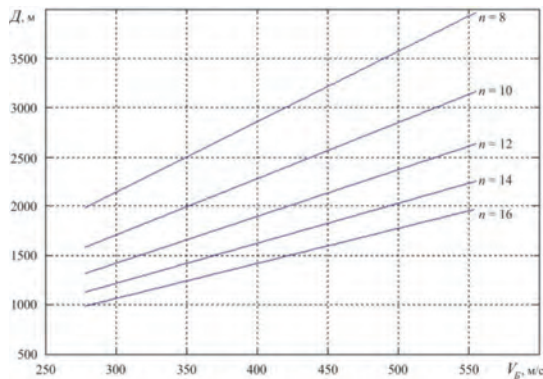


Рисунок 6. Зависимость диаметра окружности области невозможных атак от скорости цели при различных значениях располагаемой перегрузки ракеты

### Выводы

Анализ зависимости диаметра окружности области невозможных атак от скорости цели при различных значениях располагаемой перегрузки ракеты (см. Рисунок 6) показывает, что при незначительном увеличении располагаемой перегрузки ракеты с 8 до 16 единиц в представленном диапазоне скорости поражаемой цели, область невозможных атак уменьшается в два раза. Максимальная располагаемая перегрузка ракет (изд. 470 в 35 ед., изд. 180-БД в 22 ед.) с учетом условия и характера боевого применения сводит диаметр окружности до минимума.

Проведенные исследования демонстрируют обоснованность применения алгоритма ранжирования по приоритетности их уничтожения по дальности цели, скорости сближения и курсовому углу. Осуществлена программная реализация модели с использованием объектноориентированного языка программирования MatLab&Simulink.

Использование алгоритма ранжирования для решения задачи уничтожения групповой воздушной цели будет эффективным и обеспечит выполнение боевой задачи по поражению всей групповой цели и/или снизит вероятность оставить не уничтоженной более опасную цель.

Дальнейшие исследования алгоритма ранжирования целей для повышения эффективности боевого применения УРВВ затронут область распознавания одиночных элементарных целей из состава групповой воздушной цели активной радиолокационной головкой самонаведения управляемых авиационных ракет.

### Литература

1. Аэродинамика, динамика полета и конструкция летательных аппаратов / М.И. Радченко, Б.Д. Икрянников, В.И. Бушуев, М.С. Архипов; под ред. М.И. Радченко. Воронеж: ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, 2008. 274 с.
2. Метод повышения живучести группировки управляемых средств поражения с помощью интегрированного ранжирования и целераспределения систем радиотехнической защиты / Е.М. Воронов, В.А. Ефремов, С.И. Сычев, Н.В. Хамаев, В.Н. Ботнев // Морская радиоэлектроника. 2015. № 52. С. 26–30.
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.

### References

1. Radchenko M.I., Ikryannikov B.D., Bushuev V.I., Arkhipov M.S. (2008) *Aerodinamika, dinamika poleta i konstruktsiya letatel'nykh apparatov* [Aerodynamics, flight dynamics and aircraft design]. Voronezh, VVA named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, 274 p. (in Russian).
2. Voronov E.M., Efremov V.A., Sychev S.I., Khamaev N.V., Botnev V.N. (2015) *Metod povysheniya zhivuchesti gruppировки upravlyaemykh sredstv porazheniya s pomoshch'yu integrirrovannogo ranzhirovaniya i tseleraspredeleniya sistem radiotekhnicheskoi zashchity* [A method for increasing the survivability of a group of guided weapons using integrated ranging and target distribution of radio protection systems]. *Morskaya radioelektronika*, No. 52, pp. 26–30 (in Russian).
3. Saati T. (1993) *Prinyatie reshenii. Metod analiza ierarkhii* [Decision making. Hierarchy analysis method]. Moscow, Radio i svyaz' Publishing, 278 p. (in Russian).