

**АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ РЕАЛИЗУЕМЫХ ЗОН
ОБНАРУЖЕНИЯ
И ПОРАЖЕНИЯ ГРУППИРОВКИ ПВО СВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Я.А. Белевщук, И.В. Конева, Л.В. Польшина
(представил д.т.н. С.П. Лещенко)

В статье предложен алгоритм расчета параметров реализуемых зон обнаружения и зон поражения группировки ПВО СВ с учетом направления, скорости и высоты полета цели с использованием ГИС.

Постановка проблемы. В процессе управления группировкой противовоздушной обороны Сухопутных войск (ПВО СВ) на этапе планирования возникает необходимость исполнения пакета документов, составляющими которого являются план ПВО и пояснительная записка к нему. В настоящее время при решении этой задачи широко используются традиционные топографические карты и различного рода планшеты. Процесс нанесения и анализа графической информации при этом практически не автоматизирован. Недостатками такого подхода являются большие временные затраты на подготовку и отображение информации, сравнительно низкая точность и детализация, статичность формируемой модели обстановки.

Применение цифровых карт местности (ЦКМ) и географических информационных систем (ГИС) может способствовать решению этой проблемы.

ЦКМ, используемые в географических информационных системах, являются базами данных с соответствующей структурой и закономерностями их построения [1]. Применение ГИС позволит автоматизировать процессы получения, накопления и передачи данных о воздушной и наземной обстановке, отображать соответствующую информацию, а также осуществлять ее обработку. Следует отметить, что в настоящее время в войсках ПВО СВ указанные задачи решаются неавтоматизированным способом. Кроме того, использование географических информационных систем позволит осуществлять оценку местности для решения задач расчета и отображения реализуемых зон обнаружения (ЗО) радио-

локационных станций (РЛС) и зон поражения (ЗП) зенитных ракетных комплексов (ЗРК).

Анализ последних достижений и публикаций. Вопросы использования ЦКМ для решения задач планирования ПВО разрабатываются с начала 80-х годов, например [2 – 6]. В настоящее время созданы программные продукты, реализующие соответствующие алгоритмы решения данных задач. В частности, в Харьковском военном университете разработана ГИС «MapUkraine», предназначенная для оценки эффективности боевых действий зенитных ракетных войск, а также информационно-расчетная система (ИРС) «Поле», которая используется для оценки параметров радиолокационного поля группировки радиотехнических войск [5, 6]. Указанные системы не в полной мере отвечают особенностям задач, решаемых войсками ПВО СВ. Так, ИРС «Поле» не позволяет рассчитывать и отображать ЗП огневых комплексов, а в ГИС «MapUkraine» для оценки боевых возможностей ЗРК используется такой обобщенный показатель эффективности как зона самоприкрытия.

Формулирование цели статьи. Целью статьи является разработка алгоритма расчета реализуемых ЗО и ЗП для группировки ПВО СВ с использованием ГИС на примере зенитного ракетного полка (зрп), вооруженного ЗРК «Оса-АКМ».

Изложение основного материала. Исходными данными для разработанного алгоритма расчета и построения ЗО и ЗП являются:

- 1) базы данных тактико-технических характеристик (ТТХ) ЗРК и РЛС;
- 2) векторная электронная карта рельефа местности, представляющая собой пространственную базу данных изолиний высот;
- 3) географические координаты элементов боевого порядка группировки;
- 4) вектор скорости цели \vec{V}_c ;
- 5) высота полета цели H_c ;
- 6) эффективная отражающая поверхность (ЭОП) цели σ).

Алгоритм построения реализуемых ЗО и ЗП группировки ПВО СВ с использованием ГИС включает ряд этапов.

На *первом* этапе осуществляется запрос данных о входящих в группировку ЗРК и РЛС из соответствующих баз данных ТТХ.

На *втором* этапе производится расчет цифровой модели рельефа местности, в результате чего получается регулярная сетка квадратов с заданными значениями высоты в ее узлах. Для этого методом интерполяции обрабатывается векторная карта рельефа местности. Дискретно расположенные точки, расположенные на изолиниях высот соединяются отрезками, образуя плоские треугольники. Поверхность каждого из тре-

угольников задается координатами его вершин. В результате получается трехмерная модель рельефа местности, состоящая из точек, расположенных на сторонах треугольников. Далее полученная трехмерная модель рельефа еще раз интерполируется. Дискретно расположенные точки, расположенные на сторонах треугольников соединяются отрезками, образуя плоские квадраты. В результате этого получается модель рельефа местности в виде регулярной сетки квадратов, в узлах которой заданы значения высоты. Последовательное применение методов интерполяции повышает точность модели рельефа местности.

На *третьем* этапе выполняется расчет дальности обнаружения цели $D_{обн}$ для каждого типа РЛС, входящих в группировку, в том числе для станций обнаружения целей (СОЦ) боевой машины (БМ), с учетом: рассеивающих характеристик цели, задаваемых ее ЭОП σ и интенсивности помеховой обстановки [7]:

$$D_{обн} = D_1 \cdot K_{сж},$$

где $D_1 = D_{ТТХ} \cdot \sqrt[4]{\frac{\sigma}{\sigma_0}}$ – дальность обнаружения цели с учетом ЭОП цели; $D_{ТТХ}$ – максимальная дальность обнаружения цели по ТТХ; σ_0 – ЭОП цели, для которой получена $D_{ТТХ}$; $K_{сж}$ – коэффициент сжатия ЗО для заданной интенсивности помех (1 – нет помех; 0,9 – помехи слабой интенсивности; 0,7 – 0,85 – помехи средней интенсивности; 0,6 – 0,4 – помехи сильной интенсивности).

На *четвертом* этапе осуществляется построение реализуемых ЗО радиолокационных средств группировки. Построение выполняется путем сканирования рельефа местности. Из точки стояния РЛС строятся отрезки длиной $D_{обн}$. Если отрезок пересекается с поверхностью рельефа, то ЗО на данном азимуте ограничивается точкой этого пересечения. На рис. 1 представлен пример построенной реализуемой ЗО типовой группировки РЛС в соответствии с приведенным алгоритмом.

На *пятом* этапе строятся реализуемые ЗП ЗРК, входящих в группировку. При этом

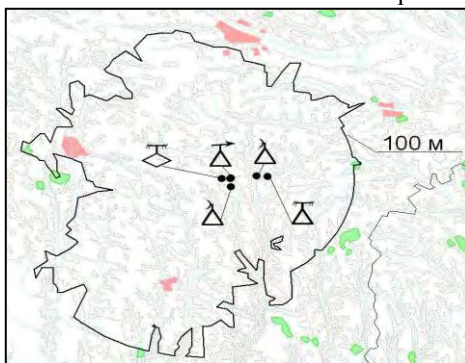


Рис. 1. Реализуемая зона обнаружения для типовой группировки РЛС полка на высоте 100 м

производится расчет дальности до дальней границы реализуемой ЗП ЗРК в следующей последовательности:

1. *Расчет массива значений горизонтальных дальностей до дальней границы ЗП с учетом реализуемой дальности обнаружения $D_{\text{обн}}$ цели СОЦ БМ по формулам [8]:*

$$D_d = \frac{d_{\text{пуск}} - \frac{V_{\text{ц}}}{V_p} \sqrt{d_{\text{пуск}}^2 + (H_{\text{ц}}^2 + P_{\text{ц}}^2) \left(1 - \frac{V_{\text{ц}}^2}{V_p^2}\right)}}{1 - \frac{V_{\text{ц}}^2}{V_p^2}}, \quad (1)$$

где $d_{\text{пуск}} = \sqrt{L_{\text{пуск}}^2 + P_{\text{ц}}^2}$ – горизонтальная дальность до дальней границы зоны пуска; $L_{\text{пуск}} = \sqrt{D_{\text{обн}}^2 - (H_{\text{ц}}^2 + P_{\text{ц}}^2)} - V_{\text{ц}} T_{\text{пп}}$ – курсовая дальность до дальней границы зоны пуска; $P_{\text{ц}}$ – курсовой параметр цели; $T_{\text{пп}}$ – время подготовки ракеты к пуску (время от момента захвата цели на автосопровождение до момента пуска ракеты).

2. *Расчет ЗП ЗРК по его ТТХ.* Основой алгоритма расчета ЗП ЗРК по его ТТХ являются соотношения, заложенные в системе пуска счетно-решающего прибора (БМ). ЗП строится в параметрической системе координат [9] и представляет собой тело, образованное вращением вокруг оси пути сложной фигуры, построенной в плоскости наведения. Сечение ЗП горизонтальной плоскостью на некоторой высоте H также является плоской фигурой в прямоугольной системе координат "путь - курсовой параметр", причем симметричной относительно оси пути.

Для расчета ЗП БМ в горизонтальной плоскости на заданной высоте используются следующие исходные данные:

- 1) V_r – горизонтальная составляющая вектора скорости цели;
- 2) высота сечения зоны поражения H .

При этом предполагается, что цель движется прямолинейно и равномерно.

Фигуру, полученную сечением ЗП горизонтальной плоскостью, условно можно разделить на несколько участков. Граница каждого из них может быть описана уравнением не выше второго порядка. На каждом участке проводится расчет координат точек, образующих границу фигуры. В результате чего определяются текущие значения полярного угла α и дальности D .

Алгоритм расчета ЗП ЗРК по его ТТХ имеет особенности в зависимости от того, для какого огневого средства ведется расчет. Для каждого

типа ЗРК необходимо создавать частные алгоритмы и программы, совокупность которых будет составлять динамически подсоединяемую библиотеку (DLL). Авторами статьи разработан один из таких алгоритмов для ЗРК "Оса-АКМ".

3. *Построение ЗП по ТТХ при заданном направлении движения целей.* Из точки стояния БМ строятся отрезки длины D , в направлении определяемом текущим углом α , отложенным от направления обратного направлению вектора скорости цели.

4. *Построение реализуемых ЗП* выполняется путем нахождения координат точек пересечения ЗП, построенной по ТТХ для заданного направления движения целей и ЗП построенной с учетом рельефа местности по расчетным данным (1). В результате получают реализуемые ЗП для каждого ЗРК, входящего в группировку. Пример построения такой ЗП БМ «Оса-АКМ» (для целей, движущихся на высоте $H_{ц} = 100$ м, со скоростью $V_{ц} = 300$ м/с) приведен на рис. 2.

5. *Построение интегральной ЗП группировки.* Выполняется путем объединения реализуемых ЗП всех ЗРК, входящих в группировку. Пример такой интегральной ЗП для зрп, вооруженного ЗРК «Оса-АКМ» ($H_{ц} = 100$ м, $V_{ц} = 300$ м/с) приведен на рис. 3. Заштрихованными участками показаны провалы, возникающие в ЗП за счет влияния рельефа местности на дальность обнаружения низколетящих целей.

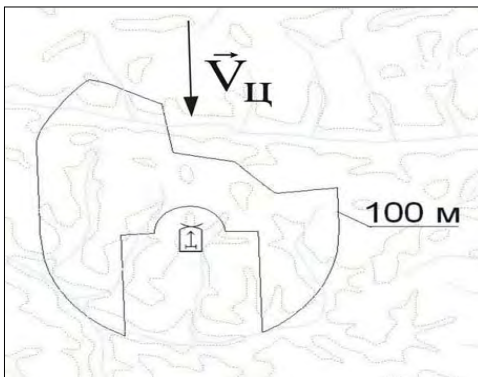


Рис. 2. Реализуемая зона поражения для БМ «Оса-АКМ» на высоте полета цели 100 м

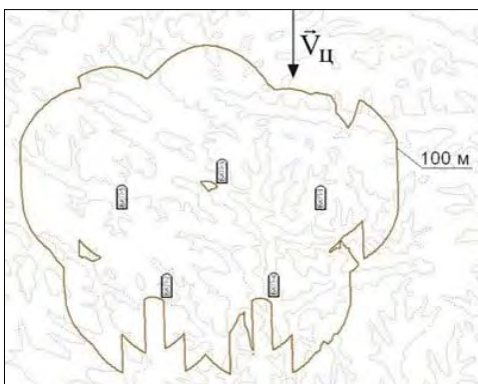


Рис. 3. Реализуемая зона поражения зрп «ОСА-АКМ» для $H_{ц} = 100$ м

Выводы. Таким образом, в статье разработан алгоритм, который позволяет рассчитать параметры реализуемых зон обнаружения и зон поражения группировки с учетом влияния рельефа местности при ожидаемых характеристиках воздушной обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цветков В.Д. Применения ГИС. – М.:ЦНИИГАиК, 1999. – 193 с.
2. Автоматизированные системы управления войск ПВО Сухопутных войск. Часть I. Основы построения автоматизированных систем управления. Учебник. – Киев: ВА ПВО СВ, 1989.
3. Воронин А.А., Свистунов Д.Ю. Метод выбора точек стояния станций контроля воздушного пространства с использованием цифровых карт местности // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 6 (22). – С. 174 – 180.
4. Камалтынов Г.Г., Колодий О.П., Свистунов Д.Ю. Автоматизированное выявление участков рельефа местности, пригодных для размещения позиций радиолокационных средств РТВ // Збірник наукових праць. – Х.: ХВУ. – 2002. – Вип. 1 (39). – С. 95 – 96.
5. Єрмошин М.О. та ін. Геоінформаційна система “MapUkraine” та штабні моделі “ППБ”, “Ешелон” для оцінки ефективності бойових дій зенітних військ: Навчально-методичний посібник. – Х.: ХВУ, 2004.
6. Єрмошин М.О. Дробаха Г.А. Оцінка ефективності бойових дій зенітних ракетних військ: Навчальний посібник. – Х.: ХВУ, 2004.
7. Неупокоев Ф.К. Стрельба зенитными ракетами. – М.: Военное издательство, 1991. – 343 с.
8. Ковтуненко А.П. Шершнев Н.А. Основы теории построения и моделирования функционирования сложных систем вооружения. Системы зенитного управляемого ракетного оружия. – Х.: ВИРТА, 1992. – 233 с.
9. 9К33МЗ БМ 9А33БМЗ Техническое описание ЦК 076 022 Т/с. Кн. 1. Краткое техническое описание боевой машины.

Поступила 10.11.2004

БЕЛЕВЩУК Ярослав Александрович, младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела Объединенного научно-исследовательского института Вооруженных Сил. В 1998 году окончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – обработка информации и управления в системах вооружения.

КОНЕВА Ирина Валерьевна, научный сотрудник научно-исследовательского отдела Объединенного научно-исследовательского института Вооруженных Сил. В 1999 году окончила Харьковский институт радиоэлектроники. Область научных интересов – использование ГИС-технологий в системах управления.

ПОЛЬШИНА Людмила Викторовна, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела Объединенного научно-исследовательского института Вооруженных Сил. В 1991 году окончила Харьковский институт радиоэлектроники. Область научных интересов – использование ГИС-технологий в системах управления.