

## АЛГОРИТМ КОМПЕНСИРОВАНИЯ ОШИБКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

В.А. Маклашов

«Самарский национальный исследовательский университет имени  
академика С.П. Королёва», г. Самара

Одной из задач контроля воздушного пространства является определение местоположения источников радиоизлучения (ИРИ). При этом возникает ошибка.

Проведенный анализ показывает, что причиной ошибки является увеличение расстояния от цели до летательного аппарата (ЛА) на величину  $dL$  (рис. 1), которое тем больше, чем больше высота.

Соответственно изменяется и фаза приходящего сигнала на величину:

$$\Delta\varphi = 360 \cdot dL/\lambda,$$

где  $\lambda$  - длина волны приходящего сигнала.

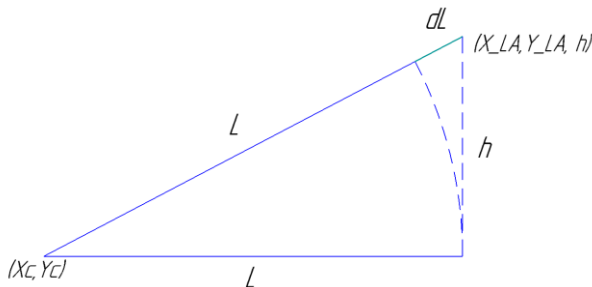


Рисунок 1 – Схема взаимного расположения цели и ЛА

Чтобы уменьшить погрешность был разработан следующий алгоритм компенсации ошибки:

1. Получаем примерные координаты цели ( $X_c$ ,  $Y_c$ ) после выполнения алгоритма «Target Location».
2. Вычисляем приращение расстояния  $dL$  для каждой антенны:

$$dL = \sqrt{(x_{ant} - X_c)^2 + (y_{ant} - Y_c)^2 + h^2} - \sqrt{(x_{ant} - X_c)^2 + (y_{ant} - Y_c)^2};$$

3. Вычисляем дополнительный набег фаз  $\Delta\varphi = 360 \cdot dL/\lambda$ .
4. Для каждой антенны соответственно, вычитаем поправку  $\Delta\varphi$  из фазы приходящего сигнала.

5. Далее вычисляются разности фаз, пеленги и пересчитываются координаты цели. Получив новые координаты цели, повторяем данный алгоритм с первого шага.

Значения координат цели с каждой итерацией будут сходиться к некоторому числу.

Алгоритм поправки пеленга имеет следующую последовательность:

1. После обнаружения цели вычисляется и запоминается пеленг ( $pel0$ ) в первой точке триангуляции, а также сохраняются длина волны ( $\lambda$ ) и разности фаз ( $ph_{012\_in}$ ,  $ph_{023\_in}$ ) принятого сигнала на всех антенных базах, координаты антенн ( $x0i_{ant}$ ,  $y0i_{ant}$ ,  $z0i_{ant}$ ,  $i = 1, 2, 3$ ), курс ( $kurs$ ) и номер приемного модуля (ПМ) ( $Num\_PM0$ ) (курс и номер ПМ сохраняются для вычисления азимута);

2. Определяется пеленг ( $pel$ ) во второй точке триангуляции;

3. Вычисляются приблизительные координаты местоположения цели ( $X_c$ ,  $Y_c$ ) по алгоритму «Target Location».

4. Определяется пеленг в текущем местоположении ЛА:

4.1. Вычисляем приращения расстояний  $dL$  для каждой антенны:

$$dL1 = \sqrt{(x1_{ant} - X_c)^2 + (y1_{ant} - Y_c)^2 + h^2} - \sqrt{(x1_{ant} - X_c)^2 + (y1_{ant} - Y_c)^2};$$

$$dL2 = \sqrt{(x2_{ant} - X_c)^2 + (y2_{ant} - Y_c)^2 + h^2} - \sqrt{(x2_{ant} - X_c)^2 + (y2_{ant} - Y_c)^2};$$

$$dL3 = \sqrt{(x3_{ant} - X_c)^2 + (y3_{ant} - Y_c)^2 + h^2} - \sqrt{(x3_{ant} - X_c)^2 + (y3_{ant} - Y_c)^2}.$$

4.2. Вычисляем дополнительный набег фаз:

$$\Delta\varphi1 = 360 \cdot dL1 / \lambda;$$

$$\Delta\varphi2 = 360 \cdot dL2 / \lambda;$$

$$\Delta\varphi3 = 360 \cdot dL3 / \lambda.$$

4.3. Вычисляем разности набегов:

$$\Delta\varphi12 = \Delta\varphi1 - \Delta\varphi2;$$

$$\Delta\varphi23 = \Delta\varphi2 - \Delta\varphi3.$$

4.4. Вычитаем разности набегов из текущих разностей фаз:

$$\rho_h12 = \rho_h12_{in} - \Delta\varphi12;$$

$$\rho_h23 = \rho_h23_{in} - \Delta\varphi23.$$

4.5. По разностям фаз  $ph12$ ,  $ph23$  вычисляем пеленг в текущем местоположении ЛА по алгоритму «Target Peleng».

5. Выполняем пункты 4.1–4.5 для первой точки триангуляции, используя сохранённые входные данные: разности фаз ( $ph_{012\_in}$ ,  $ph_{023\_in}$ ), координаты антенн ( $x0i_{ant}$ ,  $y0i_{ant}$ ,  $z0i_{ant}$ ,  $i = 1, 2, 3$ ). Таким образом получаем скорректированный пеленг в первой точке триангуляции;

6. Имея два скорректированных пеленга, повторяем пункты 3–6.

Проведено моделирование в среде MATLAB. Моделирование алгоритма поправки на тестовой модели позволило уменьшить

погрешность определения пеленга с 4,9 до 0,1 градуса. Ошибка азимута на цель уменьшилась с 15 до 0,3 градуса. Погрешность определения местоположения уменьшалась с 3 км до нескольких десятков метров. Путем моделирования доказана состоятельность алгоритма коррекции пеленга. В результате моделирования было установлено, что погрешность определения пеленга и координат ИРИ с использованием алгоритма коррекции уменьшается примерно в 50 раз. Полученные данные дают возможность разработать функциональное программное обеспечение радиотехнических систем.

Маклашов Владимир Анатольевич, аспирант каф. КТЭСиУ, mg37@ramllr.ru

УДК 621.396

## ФОРСИРОВАННЫЕ ИСПЫТАНИЯ РЭС

Д.В. Столбинский, П.П. Бем, Н.В. Захаренко

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Для определения соответствия РЭС высоким требованиям надежности необходимо проведение испытаний больших объемов выборок. При этом время испытаний и затраты на них увеличиваются.

Перечисленные затруднения являются причиной поиска таких методов, которые позволили бы сократить продолжительность объема выборки испытаний. Ускоренные испытания имеют цель выявить изменение параметров элементов и сборочных единиц РЭС при сокращении длительности испытаний за счет интенсификации режимов работы и условий эксплуатации РЭС.

В общем случае величину, показывающую во сколько раз уменьшается значение показателей долговечности или срока сохраняемости при испытаниях, относительно заданных значений показателей долговечности или срока сохраняемости в эксплуатации, называют коэффициентом ускорения испытаний [1]:

$$K_y = \frac{t_n}{t_y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_n},$$

где  $t_n$ ,  $t_y$  – время испытания в нормальном и ускоренном режимах соответственно;  $\lambda_y$ ,  $\lambda_n$  – интенсивности отказов в указанных режимах.

Ускорение испытаний РЭС обычно достигается ужесточением воздействующих факторов (температуры, влажности, электрических механических и др. нагрузок).

Основной научной проблемой теории испытаний, в том числе и ускоренных, является разработка и исследование моделей объектов и процессов их старения и изнашивания. Наиболее часто в качестве модели