

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ АЗИМУТА ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИГНАЛОВ ПЕРВИЧНОЙ И ВТОРИЧНОЙ ЛОКАЦИИ

ОБОД И.И., АСТАПОВ А.Н.

Получено выражение для нижней границы дисперсии оценки азимута по пачке бинарно-квантованных импульсов запросных систем вторичной локации. Приводятся результаты оценки измерения азимута воздушных целей при совместном использовании сигналов первичной и вторичной локации.

В настоящее время в системах управления воздушного движения (УВД) наряду с первичными радиолокационными системами широко используются запросные системы вторичной локации (ВРЛ) [1]. Системы ВРЛ, использующие активный запрос и активный ответ, предназначены для получения бортовой информации летательного аппарата наземными средствами. Системы первичной и вторичной локации в настоящее время могут работать как совместно, так и раздельно. Системы ВРЛ, в связи с использованием активного ответа, характеризуются большим отношением с/ш по сравнению с первичными локаторами. В связи с этим представляет интерес рассмотрение возможности использования сигналов вторичной локации для повышения точности измерения азимута воздушных целей первичными локаторами [2].

Легко видеть, что системы ВРЛ представляют более общий случай из рассматриваемых радиолокационных систем. В связи с этим получим значение нижней границы дисперсии оценки азимута по пачке бинарно-квантованных импульсов запросных систем вторичной радиолокации.

Для определения нижней границы дисперсии оценки азимута по пачке бинарно-квантованных сигналов воспользуемся выражением [1]:

$$\sigma_{\varphi}^2 = 1 / \sum_{i=1}^N (dP_{2i} / d\beta)^2 \{1 / [P_{2i}(1 - P_{2i})]\},$$

где P_{2i} – вероятность обнаружения сигналов.

Предположим, что с выхода приемника системы поступает радиолокационный пакет прямоугольной формы, содержащий N n -импульсных кодов сигнала запросных систем ВРЛ.

Для удобства вычислений представим производную $dP_{2i} / d\beta$ в следующем виде:

$$dP_{2i} / d\beta = (dP_{2i} / dP_{1i})(dP_{1i} / dq_i / d\beta).$$

Значение P_{2i} для n -импульсного интервально-временного кода запросных систем ВРЛ определяется логикой обработки сигналов в дешифраторе, коэффициентом готовности самолетного ответчика и вероятностью подавления ответных сигналов; ее можно записать как

$$P_{2i} = P_0 P_p P_{1i}^n.$$

Величина q_i может быть записана как [1]:

$$q_i = q_0 g(\alpha_i),$$

где $g(\alpha_i)$ – диаграмма направленности антенной системы запросчика ВРЛ.

Аппроксимируем диаграмму направленности антенной системы гауссовой кривой

$$g(\alpha_i) = \exp(-\alpha_i^2)$$

и используем для численных расчетов α_i в следующем виде (при нечетном N):

$$\alpha_i = i\Delta\beta / \varphi, [-(N-1)/2 < i < (N-1)/2],$$

где φ – половина ширины диаграммы направленности антенной системы запросчика ВРЛ, $\Delta\beta$ – угловое расстояние между соседними импульсами.

Используя [1] результаты вычисления производных dP_{1i} / dq_i и $dq_i / d\beta$ находим dP_{2i} / dP_{1i} , что позволяет определить выражение для σ_{φ} :

$$\sigma_{\varphi} = [\varphi^2 \exp(z_0^2 / 2)] / 2n\Delta\beta z_0 q_0 \sqrt{P_p P_0},$$

$$\{2 \sum_{k=1}^{(N-1)/2} P_{1k}^{n-2} \exp(-q_k^2) I_1^2(q_k z_0) k^2 g^2(q_k) / (1 - P_p P_{1k}^n)\}^{1/2}, \quad (1)$$

где $I_1(x)$ – модифицированная функция Бесселя первого порядка.

Полученное выражение позволяет оценить нижнюю границу точности оценки азимута по пачке бинарно-квантованных сигналов. Как следует из изложенного выше, полученное выражение (1) позволяет оценить точность измерения азимута для запросных систем ВРЛ. Первичная же локация характеризуется одиночным зондирующим сигналом и отсутствуют вероятности P_0 и P_p . Из этого следует, что при $n=1$ и $P_p = P_0 = 1$ выражение (1) можно записать как

$$\sigma_{\varphi} = [\varphi^2 \exp(z_0^2 / 2)] / 2n\Delta\beta z_0 q_0,$$

$$\{2 \sum_{k=1}^{(N-1)/2} P_{1k}^{n-2} \exp(-q_k^2) I_1^2(q_k z_0) k^2 g^2(q_k) / (1 - P_{1k}^n)\}^{1/2}. \quad (2)$$

Как следует из (2), приведенное выражение соответствует нижней границе точности оценки азимута по бинарно-квантованной пачке импульсов систем первичной локации [1].

Результаты расчетов по выражениям (1) (штриховая) и (2) (сплошная) и оценки азимута воздушной цели при совместном использовании сигналов первичной и вторичной локации (штрих-пунктирная) представлены на рис.1, из которого следует, что совместное использование сигналов первичной и вторичной локации позволяет значительно повысить точность оценки азимута воздушной цели. Выигрыш достигает 1,5 раза при $q=3,4$.

Известно [3], что системы ВРЛ, благодаря использованию активного ответа, характеризуются большим отношением сигнал/шум. Исследуем зависимость точности определения азимута при различных отношениях с/ш в каналах первичной и вторич-

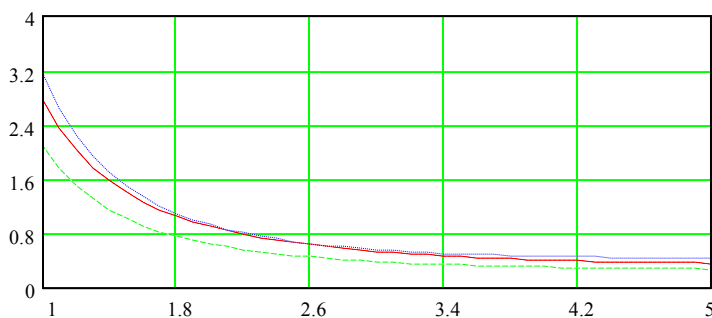


Рис. 1

ной локации. На рис.2 представлены зависимости точности оценки азимута при совместном использо-

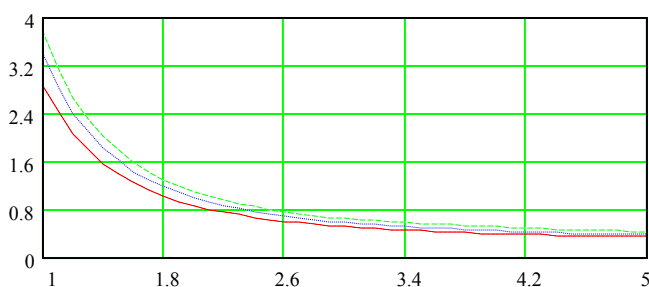


Рис.2

вании сигналов первичной и вторичной локации и различных соотношениях с/ш в каналах (отношение с/ш первичного и вторичного каналов равно 0,9 – сплошная, 0,7 – штриховая и 0,5 – штрихпунктирная). При увеличении разности отношения с/ш в каналах обработки (рис.2) точность оценки азимута уменьшается.

Как следует из (1) и (2), точность оценки азимута как первичными, так и вторичными радиолокационными системами зависит от длины пачки обрабатываемых бинарно-квантованных импульсов. В связи с этим на рис. 3 представлена зависимость точности оценки азимута при совместном использовании сигналов первичной и вто-

ричной локации при различном числе импульсов в пачке обрабатываемых сигналов ($N=5$ – сплошная, $N=7$ – штриховая и $N=9$ – штрихпунктирная).

Как следует из рис. 3, при увеличении длины обрабатываемой пачки импульсов точность оценки азимута при совместном использовании сигналов первичной и вторичной локации возрастает.

Таким образом, совместное использование сигналов первичной и вторичной локации позволяет значительно повысить точность измерения азимута воздушных целей.

Литература: 1. Кузьмин С.З. Цифровая обработка радиолокационной информации. – М.: Сов.радио. – 1967. – 432 с. 2. А.С. № 1810858. Обнаружитель сигналов /Обод И.И., Маркитанов В.А., Астапов А.Н. БИ № 15. – 1993. 3. Давыдов П.С., Жаворонков В.П., Кащеев Г.В. Радиолокационные системы летательных аппаратов. М.: Транспорт. – 1977. – 356 с.

Поступила в редколлегию 14.12.97

Обод Иван Иванович, старший научный сотрудник, канд. техн. наук, докторант кафедры № 34 ХВУ. Научные интересы: синхронные сети разнесенных систем первичной и вторичной локации. Адрес: 310166, Украина, Харьков, ул. Коломенская, 27, кв.1.

Астапов Александр Николаевич, ст. препод. кафедры № 31, ХВУ. Научные интересы: совместное использование систем первичной и вторичной локации. Адрес: 310180, Харьков, ул. Тобольская, 31а, кв.16.

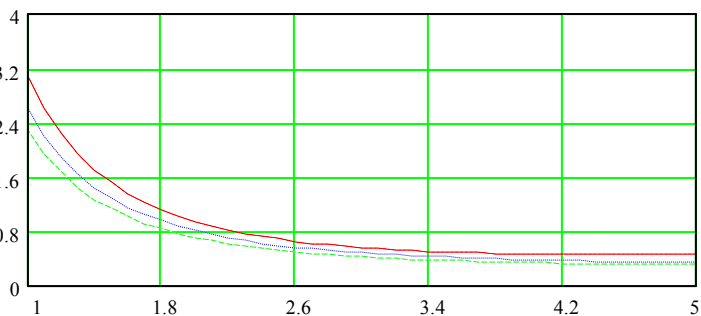


Рис.3

УДК 615.89:537.868.029.64

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ОТ БИОВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И СОПУТСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ

ДЗЮНДЗЮК Б.В., НАУМЕЙКО И.В.

Защита человека и среды от комплекса вредных техногенных факторов предполагает наличие оптимальной по критерию “стоимость-эффективность” технической системы, которая использует модели биовоздействия этих факторов. Предлагается расширить возможность дозного критерия, учтя совместное воздействие микроволн и температуры, а также обобщение критерия “дозы” до “биоэффекта”. Поставлены и решены характерные для систем защиты задачи оптимизации.

В качестве рабочего критерия биовоздействия микроволн до недавнего времени использовалась рекомендованная ГОСТом величина плотности потока энергии P , умноженной на время экспозиции t . Еще в [1] было предложено его очевидное обобщение – дозный критерий $D = \int P(t)dt$, где, однако, не ставилась цель учесть совместное воздействие нескольких факторов. В частности, стандартизована доза микроволн только при нормальной температуре $T=20^\circ\text{C}$, в то время как известно, что при повышении температуры вредное воздействие микроволн усиливается. Ниже предлагается расширить возможность критерия D , учтя совместное воздействие микроволн и температуры, и обобщение критерия “дозы” до “биоэффекта” B [2].

В качестве рабочего критерия биовоздействия микроволн и температуры для проектирования системы защиты в настоящей работе предлагается следующий функционал W , обобщающий D :

$$W(T, P(t), t) = \int_0^t (a_{01}P(t) + a_{11}(T-20)P(t) + a_{20}(T-20)^2)dt. \quad (1)$$