

УДК 621.399

П.В. Потелешенко, В.М. Орленко, С.П. Лещенко, И.И. Сачук, Г.С. Залевский, Я.Д. Ширман

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ СПЕКТРА ЧАСТОТ ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА НА ТОЧНОСТЬ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В БОРТОВЫХ РЛС

Представлены результаты исследования влияния ширины спектра зондирующего радиолокационного сигнала на точность измерения угловых координат протяженных воздушных целей бортовыми РЛС, полученные путем имитационного математического моделирования. Математическая модель включает в себя модель рассеивания электромагнитного поля на воздушном объекте, его модели движения, модели широкополосного и узкополосного сигналов, модель системы обработки принятого сигнала, модель кинематического звена объекта управления, на котором находится РЛС.

Ключевые слова: широкополосный сигнал, угловой шум цели, пространственно-временная обработка

Постановка задачи

Точность измерения бортовыми РЛС особенно актуальна при решении радиолокационных, радионавигационных задач и задач управления воздушным движением. Ошибки пеленгации, возникающие при измерении углового положения воздушного протяженного объекта вследствие его угловых шумов, существенно увеличиваются с уменьшением расстояния до объекта локации и увеличением его размеров (рис. 1, [1]). В зоне малых дальностей основной вклад в суммарную ошибку вносят флуктуации координат цели.

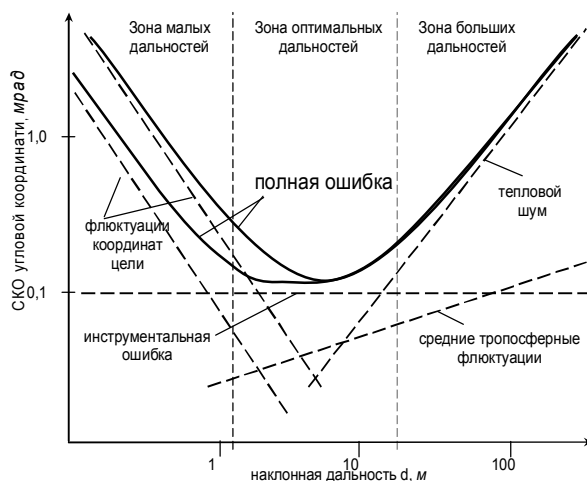


Рис. 1. Влияние различных факторов на среднеквадратическую ошибку измерения угловой координаты

Флуктуации координат цели возникают в результате интерференции отражений от отдельных рассеивающих центров («блестящих точек»). Логично предполагать, что с увеличением разрешающей способности (вследствие увеличения ширины спектра зондирующих сигналов) число интерферирующих блестящих точек (БТ) будет уменьшаться, а следовательно, будут уменьшаться и флуктуации коор-

динат. При разрешении всех БТ объекта флуктуации его координат должны полностью исчезнуть [2]. **Целью статьи** является сравнительный анализ величины флуктуаций измерений угловых координат цели при узкополосном (УП) и широкополосном (ШП) зондировании. Сравнительный анализ проводился путем имитационного математического моделирования.

Математические модели объектов исследования

Модель воздушного объекта. Сложность задачи оценки влияния ширины спектра частот зондирующего сигнала на точность измерения координат бортовыми РЛС не позволяет использовать сложные электродинамические модели вторичного излучения воздушного объекта [3]. Поэтому исследования проводились для более простой математической модели (ММ), основанной на представлении объекта совокупностью блестящих точек, которая довольно часто используется в инженерной практике. Такая ММ объекта описывается вектором $\mathbf{a}_g = |\sigma_1, \dots, \sigma_i, \sigma_N|$ значений эффективных поверхностей рассеивания (ЭПР) N БТ и матрицей координат БТ

$$\mathbf{N}_{tg} = \begin{bmatrix} \xi_1 & \eta_1 & \zeta_1 \\ \dots & \dots & \dots \\ \xi_i & \eta_i & \zeta_i \\ \dots & \dots & \dots \\ \xi_N & \eta_N & \zeta_N \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где ξ_i, η_i, ζ_i — координаты i -й БТ в прямоугольной декартовой системе координат.

При проведении исследований предполагалось, что БТ размещаются в характерных точках рассеивания воздушных объектов (ВО, рис. 2).

Адекватность разработанной модели рассеивания ВО физическим процессам, наблюдаемым при локации реальных объектов оценивалась следующим образом. Законы распределения (ЗР) ЭПР большинства классов ВО на данный момент установлены. Их па-

раметры определены либо по полигонным измерениям, либо путем применения более точных электродинамических моделей [3 – 5].

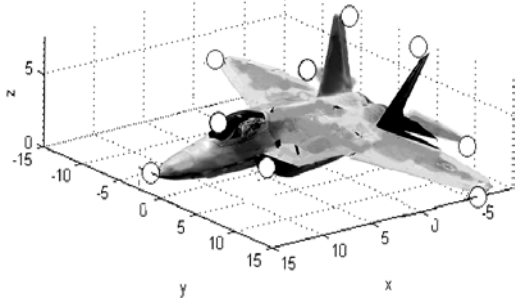


Рис. 2. Электродинамическая модель ВО

Для выбранного ВО с известным заранее ЗР ЭПР (в заданном диапазоне ракурсов, при совмещенном приеме и фиксированной длине волны) предлагаемым методом строится модель рассеяния и путем математического моделирования получается диаграмма обратного вторичного излучения. По этим рассчитанным данным строится гистограмма, по которой методом наименьших квадратов (МНК) определяются ЗР и параметры соответствующей плотности вероятности. Затем с помощью критерия согласия хи-квадрат проверяется достоверность гипотезы о том, что данные, полученные с помощью разработанной ММ, соответствуют известному ЗР с найденными параметрами. Для всех исследуемых типов ВО полученные ЗР достаточно хорошо совпадают с известными [4]. В качестве примера на рис. 3 показана гистограмма распределения ЭПР модели среднеразмерного ВО (рис. 2) при длине волны $\lambda=3$ см, изменении угла места $\epsilon_{ц}$ от 0° до 15° в нижней полуплоскости и азимута $\beta_{ц}$ от 0° до 90° ($\epsilon_{ц}=\beta_{ц}=0^\circ$ – носовой ракурс). На данном рисунке ЭПР пронормирована к своему среднему значению $\bar{\sigma}$ в исследуемом диапазоне ракурсов. Аналитические выражения для трех ЗР, найденные МНК параметры ЗР, сумма квадратов невязок и значения статистики для критерия согласия хи-квадрат приведены в табл. 1, из которой видно, что наиболее точно ЭПР среднеразмерного ВО в исследованном диапазоне изменения ракурсов описывается распределением Вейбулла.

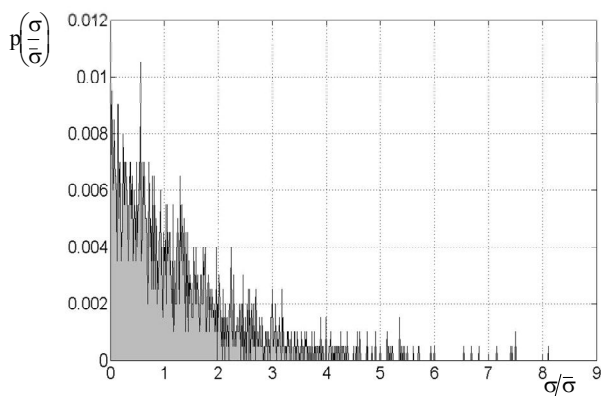


Рис. 3. Гистограмма ЭПР ММ среднеразмерного ВО

Таблица 1

Результаты расчетов

Закон распределения	Параметры закона распределения	Сумма квадратов невязок по МНК	Проверка по χ^2 критерию (порог $\Delta=168,327$)
Вейбулла	$\frac{a_2}{a_1} \left(\frac{\sigma}{a_1}\right)^{a_2-1} e^{-\left(\frac{\sigma}{a_1}\right)^{a_2}}$ $a_1 = 1,046;$ $a_2 = 1,051$	0,115	102,094
Гамма	$\frac{1}{a_1 \Gamma(a_2)} \left(\frac{\sigma}{a_1}\right)^{a_2-1}$ $a_1 = 0,978;$ $a_2 = 1,065$	0,118	105,621
Экспоненциальный	$a \cdot e^{-a\sigma}$ $a = 0,923$	0,136	114,604

При моделировании движения ВО и исследовании алгоритмов обработки радиолокационной информации достаточно рассмотреть движение центра масс ВО – целевой системы координат и три угла поворота этой системы координат относительно декартовой или сферической системы координат бортовой РЛС (рис. 4).

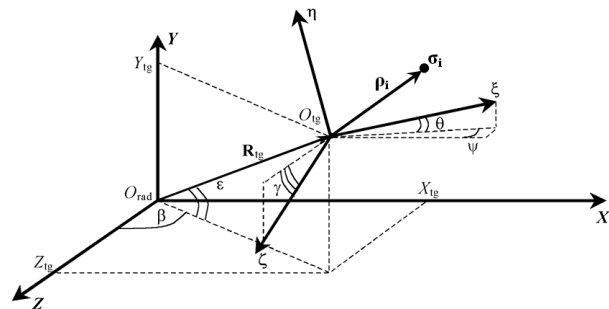


Рис. 4. Системы координат, используемые при моделировании

Для адекватного описания движения ВО необходимо обеспечить «неразрывность» первых трех производных изменяющегося параметра. Рассматривалась аппроксимирующая функция на основе обобщенного гауссовского распределения [5]. Для аппроксимации скорости изменения управляющего параметра $\alpha(t)$, который изменяется от α_n до α_k со средней скоростью $\bar{\alpha}$, функция может быть записана в виде:

$$\dot{\alpha}(t) = (\alpha_k - \alpha_n) \cdot \frac{\mu}{2^{2\mu} \Gamma(1/(2\mu)) \sigma_\alpha} \exp\left(-\frac{(t - m_\alpha)^{2\mu}}{2\sigma_\alpha^2}\right),$$

где $\sigma_\alpha, m_\alpha, \mu$ - параметры распределения:

$$m_\alpha = \frac{1}{2} \frac{\alpha_k - \alpha_n}{\bar{\alpha}}; \quad \sigma_\alpha = \frac{1}{2.36} \frac{\alpha_k - \alpha_n}{\bar{\alpha}}; \quad \mu = 8.$$

Модель радиолокационного сигнала и системы его обработки. Рассматривался случай 4-х элементной антенной системы (рис. 5), обеспечивающей измерение угловых координат в двух ортогональных плоскостях. При этом отраженный от ВО сигнал на входе k-го элемента антенной решетки представлялся в виде суммы сигналов, отраженных от всех БТ:

$$S_k(t) = \sum_{i=1}^N S_{k,i}(t). \quad (2)$$

$$S_{k,i} = \exp\{-\pi[(1/\tau^2) + jK](t - t_{del\ k,i})^2 + j2\pi f_0(t - t_{del\ k,i})\} - \quad (3)$$

гауссовская комплексная огибающая одиночных радиоимпульсов; τ – продолжительность сигнала на уровне $e^{-\pi/4} \approx 0,46$; $K = \Delta F/\tau$ – скорость изменения частоты; $t_{del\ k,i}$ – время запаздывания сигнала от i -й БТ в k -м канале приема.

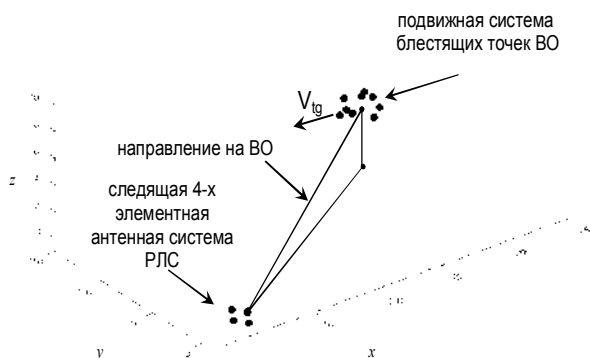


Рис. 5. Визуализация математических моделей процесса сопровождения воздушной цели

При моделировании использовался линейно-частотно модулированный (ЛЧМ) сигнал с шириной спектра $\Delta F=100$ МГц, который при $\Delta F=0$ превращается в простой узкополосный сигнал (УС).

Работа системы сопровождения основана на использовании моноимпульсного суммарно-разностного метода пеленгации. На рис. 6 приведены суммарная диаграмма направленности (пунктирная линия) и дискриминаторная характеристика (сплошная линия) антенной системы бортовой РЛС.

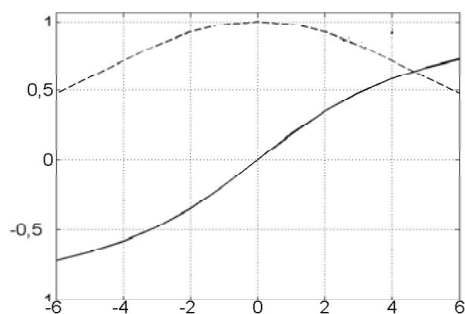


Рис. 6. Дискриминаторная характеристика при фазовом методе пеленгации и диаграмма направленности

ШП зондирование пространственно-распределенного ВО обеспечивает получение дальностного портрета (рис. 7, а). При этом за счет разрешения сигнала по дальности возможно измерение угловой координаты в каждом отдельном элементе разрешения, и каждому элементу разрешения соответствует свое зна-

чение угловой координаты (рис. 7, б). Однако в отсчетах сигнала с малой амплитудой основной вклад в результаты измерения координаты ϵ_i вносит тепловой шум (рис. 7, в). Для устранения этого измерение угловой координаты моделировалось после превышения сигналом порога обнаружения. При этом в отсчетах сигнала с малой амплитудой по-прежнему остается низкая точность измерения угловой координаты. При ШП зондировании оценку угловой координаты ϵ логично формировать как взвешенную сумму результатов измерений угловой координаты в отсчетах дальностных портретов ϵ_i :

$$\epsilon_d = \sum_{i=1}^m \left(\frac{U_i^2}{E} \right) \cdot \epsilon_i, \quad (4)$$

где m – количество отсчетов сигнала, амплитуда которых превысила порог обнаружения; U_i – амплитуда i -го отсчета принятого сигнала; $E = \sum_{i=1}^m U_i^2$ – энергия принятого сигнала.

Такой выбор весовых коэффициентов обеспечивает большую степень доверия к результатам измерений в отсчетах с большей амплитудой сигнала и меньшую степень доверия отсчетам, в которых существенно влияние тепловых шумов.

Сформированная согласно (4) оценка угловой координаты ϵ_d использовалась в качестве входной величины для цифрового фильтра сопровождения.

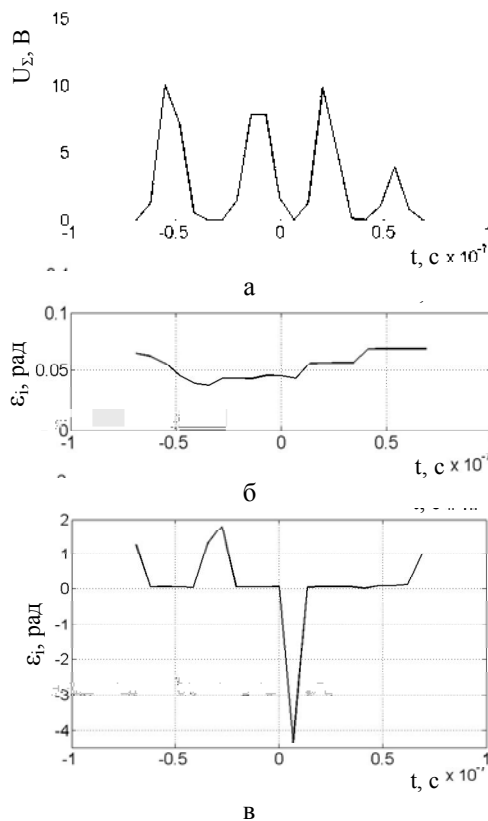


Рис. 7. Дальностный портрет (а) в суммарном канале, результат измерения без теплового шума (б) и с ним (в)

Модель системы сопровождения. В ходе моделирования контура управления объекта управления (ОУ) рассматривалась радиотехническая следящая система (РТСС), состоящая из углового дискриминатора с дискриминационной характеристикой, показанной на рис. 6, и цифрового фильтра, формирующего оценку вектора состояния по критерию минимума среднего квадрата ошибки. РТСС строилась на основе предположения о том, что нормальное ускорение ВО является гауссовым экспоненциально-коррелированным случайным процессом.

При такой модели ВО в вектор состояния x входят угловая координата ε , ее первая и вторая производные, а цифровой фильтр РТСС описывается уравнением оценивания [7]:

$$\hat{x}(nT) = x_e(nT) + K(nT)[\varepsilon_d(nT) - Hx_e(nT)] \quad (5)$$

и уравнением экстраполяции

$$x_e(nT + T) = P\hat{x}(nT),$$

где $P = \begin{pmatrix} 1 & T & 0 \\ 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 1 - T/T_m \end{pmatrix}$ – матрица состояния ВО;

$H = (1 \ 0 \ 0)$ – матрица наблюдений; T_m – средняя время маневрирования ВО.

Матрица коэффициентов усиления K цифрового фильтра рассчитывалась по матрицам дисперсий ошибок экстраполяции D_e и дисперсии ошибок оценивания D в соответствии с выражениями:

$$K(nT) = D_e(nT)H^T [HD_e(nT)H^T + D_f]^{-1},$$

$$D_e(nT + T) = PD(nT)P^T + QD_wQ^T,$$

$$D(nT) = [I - K(nT)H]D_e(nT),$$

где D_f – дисперсия ошибок измерения; D_w – дисперсия шумов возбуждения; $Q = (0 \ 0 \ T/T_m)^T$ – матрица возбуждения;

При каждом обращении к ВО рассчитывались стационарные значения коэффициентов усиления, зависящие только от параметров модели движения ВО и дисперсии шумов наблюдения.

Модель кинематического звена объекта управления. Кинематическое звено принято характеризовать изменением во времени вектора относительной дальности D между ВО и ОУ или двумя парами кинематических уравнений. Одна пара определяет относительное положение центра масс ОУ и ВО в вертикальной плоскости, а вторая пара – в горизонтальной плоскости. В общем случае, необходимо организовать управление ОУ в плоскости тангажа и по крену. Если плоскость тангажа ОУ совпадает с вертикальной плоскостью то можно рассматривать управление в вертикальной плоскости. Тогда взаимное перемещение центра масс ВО и ОУ (точек O_{tg} и O_{rad}), двигающихся в вертикальной плоскости ХОУ (рис. 8) со скоростями V_{tg} и V_{rad} описывается следующей парой кинематических уравнений [6]:

$$\dot{D} = V_{tg} \cos(\varepsilon - \nu_{tg}) - V_{rad} \cos(\varepsilon - \nu_{rad}) \quad (6)$$

$$D\dot{\varepsilon} = V_{rad} \sin(\varepsilon - \nu_{rad}) - V_{tg} \sin(\varepsilon - \nu_{tg}) \quad (7)$$

где ν_{tg} – угол ориентации вектора скорости ВО; ν_{rad} – угол ориентации вектора скорости ОУ; $\dot{\varepsilon}$ – угловая скорость вращения линии, соединяющей ВО и ОУ.

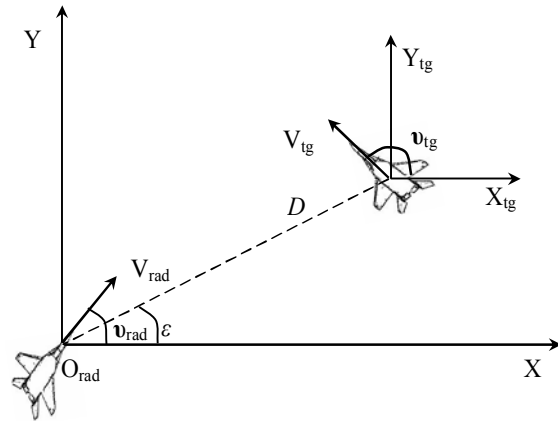


Рис 8. К определению модели кинематического звена

Анализ результатов моделирования

Общие условия моделирования. РЛС находится на борту объекта управления. Поляризационные отличия не рассматриваются. Радиотехнические следящие системы по дальности и скорости рассматриваются идеализированными, т.е. свои ошибки не вносят.

Условия моделирования: линейный размер цели 36 м, 9 блестящих точек (рис. 2); длина волны 3 см; ширина спектра частот сигнала 1 МГц и 100 МГц; отношение сигнал-шум 40 дБ.

Результаты моделирования в статическом режиме. Под статическим понимается режим, в котором ВО неподвижен (дальность до цели 1000 м), а ОУ движется по окружности, центром которой является ВО, и облучает его с разных ракурсов.

На рис. 9, 10 приведены гистограммы распределения оценки углового положения ВО, формируемые в соответствии с (4) для УП и ШП зондирующих сигналов. В ходе исследования центр масс ВО находился на равносигнальном направлении, наблюдается под углом места $\varepsilon_{ц} = 10^\circ \dots 15^\circ$ (нижняя полусфера), а курс ВО $\beta_{ц}$ изменялся от 0° до 90° . При УП зондирующем сигнале оценки углового положения пространственно-распределенного ВО могут в два раза превышать его габаритные размеры, что приводит к ухудшению качества сопровождения ВО бортовой РЛС ОУ и преждевременному срыву слежения. При ШП зондировании ошибки измерения угловой координаты существенно меньше и не выходят за габаритные размеры ВО. Однако, при уменьшении отношения сигнал-шум преимущество ШП сигналов в точности измерения координат ВО снижается [8].

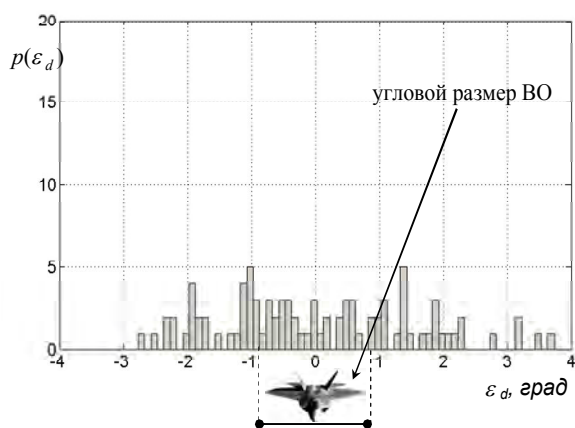


Рис. 9. Гистограмма распределения оценки углового положения ВО при УП зондировании ($\Delta F=1$ МГц) $MO M_\varepsilon = -0,2443^\circ$, $СКО \sigma_\varepsilon = 1,5156^\circ$

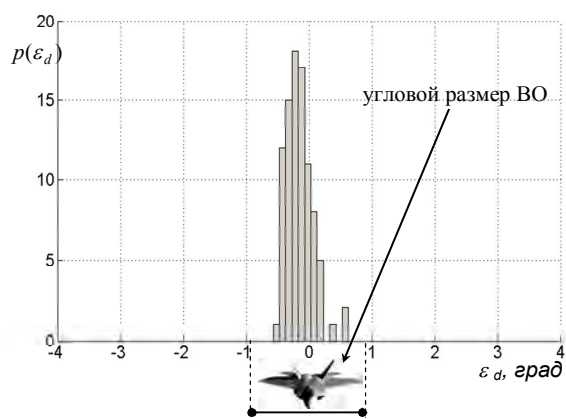


Рис. 10. Гистограмма распределения оценки углового положения ВО при ШП зондировании ($\Delta F=100$ МГц) $MO M_\varepsilon = -0,0516^\circ$, $СКО \sigma_\varepsilon = 0,3163^\circ$

Результаты моделирования наведения ОУ на ВО. При моделировании сопровождения ВО, его начальная ориентация относительно бортовой РЛС ОУ измерялась в пределах $0...15^\circ$ по курсу, и начальный угол места – $15...25^\circ$. Начальная дальность $D=4000$ м (отношение сигнал шум $q=40$ дБ), скорость ВО $V_{tg}=700$ м/с. На дальности 2000 м ВО начинает маневр с максимальной перегрузкой 6g.

Скорость ОУ $V_{rad}=750$ м/с, максимальные перегрузки – 6g. Время формирования команд управления ОУ меньше периода обращения к ВО ($T=0,1$ с). Рассматривались зондирующие сигналы с полосой 1 и 100 МГц. Наведение ОУ на ВО осуществлялось по методу пропорциональной навигации.

Сформированные в соответствии с (4) оценки угловой координаты ε_d подавались на цифровой фильтр. Рассчитанная им оценка угловой координаты использовалась для выработки команд управления ОУ, а экстраполированное значение угловой координаты – для доворота бортовой РЛС ОУ на момент следующего радиоконтакта с ВО.

На рис. 11 показаны характер изменения углового положения ВО относительно бортовой РЛС ОУ в

ходе наведения ОУ на ВО (сплошная линия), результаты его измерения в соответствии с (4) (точки), экстраполированные значения (пунктирная линия) и оценки (штриховая линия) при УП (а) и ШП (б) зондировании. Следует отметить, что при реализации метода пропорциональной навигации угол места ВО остается практически постоянным на больших дальностях, а на малых дальностях он может стремительно изменяться, вызывая значительные ошибки сопровождения. Поэтому в ближней зоне полета точность информации имеет существенное значение.

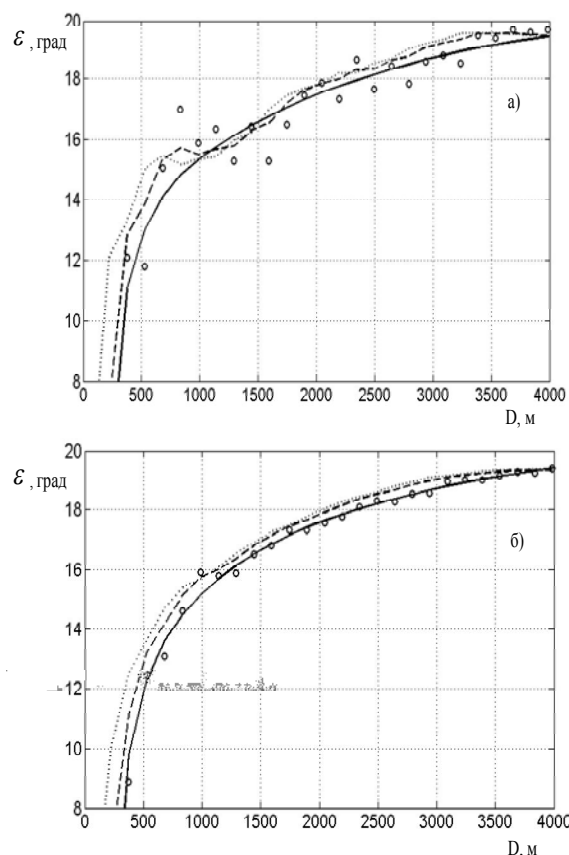


Рис. 11. Характер изменения углового положения ВО относительно бортовой РЛС ОУ

Рис. 11 соответствуют ошибки слежения $\theta = \varepsilon_d - \varepsilon_e$ (ε_e – экстраполированное значение угловой координаты) за угловым положением ВО при УП (а) и ШП (б) зондировании. Истинное значение ошибок слежения $\theta = \varepsilon - \varepsilon_e$ – проведено на рис. 12 сплошной линией. Отличие ошибок слежения от их истинных значений обусловлено угловыми шумами цели, под влиянием которых на дальности 3300 м при УП зондировании наблюдается значительный выброс (рис. 12 а).

По 100 реализациям оценены статистические характеристики (математическое ожидание (MO) m_ε и среднеквадратическое отклонение ($СКО$) σ_ε) отклонения ошибок слежения по угловой координате от их истинных значений для различных значений дальности между ВО и ОУ (рис. 13).

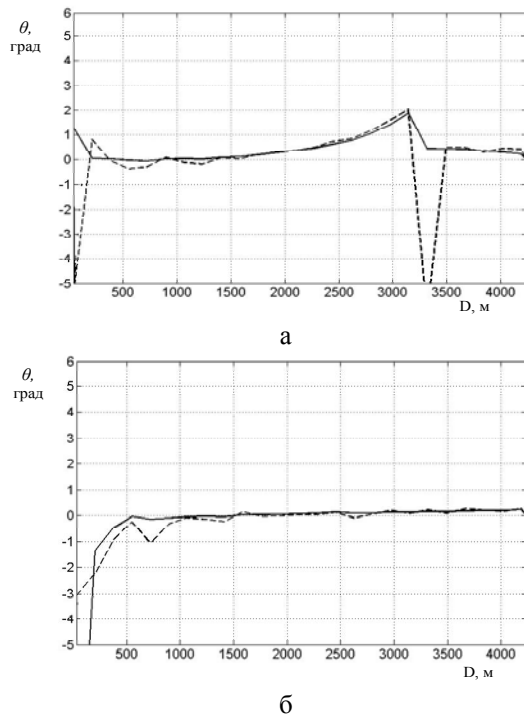


Рис. 12. Ошибки слежения по угловой координате и их истинные значения при УП (а) и ШП (б) зондировании

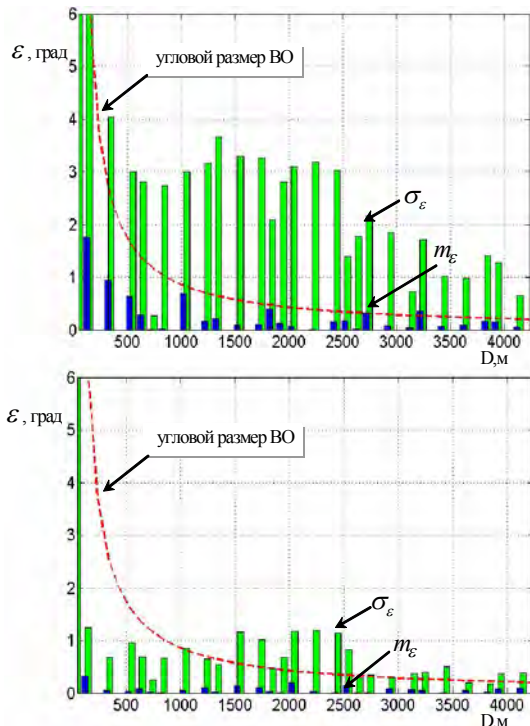


Рис. 13. Математическое ожидание и СКО отклонения ошибок слежения от их истинных значений для различных дальностей ВО при УП (а) и ШП (б) зондировании

Согласно результатам моделирования при УП зондирующем сигнале систематическая составляющая практически не выходит за габариты ВО (штриховая линия), хотя в некоторых случаях приближается к ее краю, а СКО значительно превышает угловые размеры ВО, особенно при приближении к нему.

При ШП зондирующем сигнале наблюдаются значительное (в 6,7 раза) уменьшение систематической составляющей и приближение ее к геометрическому центру ВО. Также наблюдается значительное (в 4 раза) уменьшение СКО, величина которого не превышает угловые размеры ВО, за исключением участка интенсивного маневрирования ($D = 1500-2500$).

Одной из причин срыва слежения является также превышение сигналом динамического диапазона приемного устройства. На рис. 14 приведены максимальные (по реализациям) значения амплитуд отраженного от ВО сигнала для различных дальностей при УП и ШП зондировании.

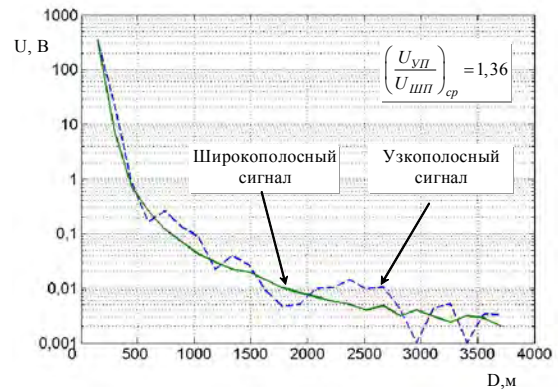


Рис. 14. Зависимость амплитуды принятого сигнала от дальности до ВО при УП и ШП зондировании

В среднем амплитуды сигнала при ШП зондировании значительно (в 1,36 раза) меньше, чем при УП сигнале. Это означает, что при ШП зондировании вероятность срыва слежения за счет превышения эхосигналом динамического диапазона приемного устройства меньше, в сравнении с УП зондированием.

Выводы

Приведены модели воздушного объекта, радиолокационного сигнала и системы его обработки, системы сопровождения и кинематического звена объекта управления. Разработаны методы пространственно-временной обработки зондирующих широкополосных сигналов, которые обеспечивают повышение точности измерения угловых координат воздушного объекта. Получены гистограммы распределения оценок углового положения ВО, формируемых в РТСС до входа цифрового фильтра. Показано, что при ШП зондировании в отличие от УП среднее квадратическое отклонение не превышает габаритные размеры ВО. Показано, что применение ШП зондирующих сигналов позволяет уменьшить влияние угловых шумов цели за счет уменьшения разрешаемого объема и, соответственно, уменьшения интерференции блестящих точек, которые попадают в этот объем. Проанализирован процесс наведения ОУ на ВО при ШП и УП зондировании. Показана большая точность экстраполяции и оценивания углового положения ВО относительно равносигнального направления бортовой РЛС ОУ при

ШП зондировании. Показано, что при ШП зондировании имеет место уменьшение вероятности срыва слежения за счет значительного уменьшения систематической составляющей и СКО отклонения ошибок слежения от их истинных значений и уменьшения (в среднем) максимальных значений амплитуд сигналов, отраженных от ВО и поступающих на вход приемного бортовой РЛС ОУ.

Список литературы

1. Бартон Д. Справочник по радиолокационным измерениям / Д. Бартон, Г. Вард. Пер. с англ. под ред. М.М. Вейсбейна. – М.: Сов. радио, 1976. – 392 с.
2. Ширман Я.Д. Использование широкополосных зондирующих сигналов в задаче наведения зенитных управляемых ракет / Я.Д. Ширман, П.В. Потелешенко, И.И. Сачук, В.М. Орленко // Збірник наукових праць Харк. ун-та Пов. Сил. – Х.: ХУПС, 2008. – Вип. 2 (17). – С. 55-60.
3. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами: монография /

О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.В. Кукобко и др. // Под ред. О.И. Сухаревского. – Х.: ХУПС, 2009. – 468 с.

4. Computer simulation of aerial target radar scattering recognition. Detection and tracking / Yakov D. Shirman editor. Boston, London: Artech House, 2002. – 294 p.

5. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е перераб. и доп. / Под. ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.

6. Кринецкий Е.И. Системы самонаведения / Е.И. Кринецкий. – М.: Машиностроение, 1970. – 236 с.

7. Сейдж Э. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении / Сейдж Э., Мелс Дж.: пер. с англ. – М.: Связь, 1976. – 496 с.

8. Лещенко С.П. Возможности широкополосных РЛС по измерению координат и сопровождению воздушных целей / С.П. Лещенко // Збірник наукових праць ХВУ. – Х.: ХВУ, 2002. – Вип. 1 (39). – С. 90-92.

Поступила в редколлегию 21.05.2010

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. Г.В. Хкдов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ВПЛИВ ШИРИНИ СПЕКТРУ ЧАСТОТ ЗОНДУВАЛЬНОГО СИГНАЛУ НА ТОЧНІСТЬ КУТОВИХ ВИМІРЮВАНЬ В БОРТОВИХ РЛС

П.В. Потелешенко, В.М. Орленко, С.П. Лещенко, І.І. Сачук, Г.С. Залевський, Я.Д. Ширман

Представлені результати дослідження впливу ширини спектру зондувального радіолокаційного сигналу на точність вимірювання кутових координат протяжних повітряних цілей бортовими РЛС, отримані шляхом імітаційного математичного моделювання. Математична модель включає в себе модель розсіювання електромагнітного поля на повітряному об'єкті, його моделі руху, моделі широкопasmового та вузькопasmового сигналів, модель системи обробки прийнятого сигналу, модель кинематичної ланки об'єкта керування, на якому знаходиться РЛС.

Ключові слова: широкопasmовий сигнал, кутівий шум цілі, просторово-часова обробка.

INFLUENCE OF RADAR SIGNAL BANDWIDTH ON THE ANGLE MEASUREMENT OCCURRENCE OF AIRBORNE RADAR

P.V. Poteleschenko, V.M. Orlenko, S.P. Leschenko, I.I. Sachuk, G.S. Zalevskiy, Ya.D. Shirman

Influence of radar signal bandwidth on the angle measurement air space distributed target occurrence of airborne radar are in the article. It is making with help mathematic models: radar scattering model of moving air target, wideband and narrowband signals model, signal processing, model of kinematics unit of control

Keywords: wideband signals, angle glint of target, time-space processing.