

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ КАЖУЩЕГОСЯ ЦЕНТРА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ЦЕЛИ В ЗЕНИТНЫХ ПУШЕЧНО-РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Е. Н. Буйлов, С. А. Горшков

Кафедра радиолокации и приемо-передающих устройств, Военная академия Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь
E-mail: lerka.by@mail.ru

Проведен анализ особенностей влияния дальностного и угловых шумов цели на точность измерения координат в зенитных пушечно-ракетных комплексах. Рассмотрен способ повышения точности измерения координат кажущегося центра радиолокационного объекта в моноимпульсном радиолокаторе сопровождения.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования и разработка радиолокационных систем сопровождения и измерения связаны с рассмотрением различных источников ошибок: тепловой шум, многопутевое распространение радиоволн, нерегулярность атмосферной рефракции и шум целей. На малых дальностях (единицы километров) основное влияние на точность измерения координат протяженных целей будут вносить амплитудные, угловые, дальностные и скоростные шумы, вызванные интерференцией отражений от различных элементов объекта. При полете в турбулентной атмосфере результат интерференции постоянно меняется из-за изменения ориентации цели относительно локатора и ее формы, обусловленной наличием отклоняющихся (рули, элероны, закрылки и т.п.) и вращающихся (лопасти воздушных винтов или лопатки компрессоров и турбин) поверхностей [1–4].

Шумы протяженной цели в ряде случаев удобно рассматривать как флуктуации положения ее кажущегося центра отражения. Указанные флуктуации становятся особенно ощутимыми в высокоточных радиолокационных системах измерения параметров движения такого объекта. Теоретические аспекты статистического анализа блуждания кажущегося центра по угловым координатам и дальности рассмотрены в [4].

Целью данного доклада является математическое моделирование результатов измерения координат (дальность, азимут и угол места) кажущегося центра цели в зенитных пушечно-ракетных комплексах (ЗПК) и зенитных артиллерийских комплексах (ЗАК) за счет сверхразрешения по дальности.

I. АНАЛИЗ ОШИБОК СТРЕЛБЫ ЗЕНИТНЫМИ АВТОМАТАМИ В ЗЕНИТНЫХ ПУШЕЧНО-РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Стрельба зенитными снарядами в ЗПК неизбежно сопровождается рассеиванием траекторий. Если произвести при одних и тех же условиях обстрел цели, то действительные траектории полета снарядов не совпадут, величины про-

маха будут различны. Рассеивание снарядов зависит от многих причин, которые можно разбить на три группы: разнообразие начальных скоростей снарядов (различие весов зарядов, химических свойств пороха зарядов; температуры зарядов; плотностей заряжения; весов снарядов; размеров ведущего пояска и положения его на снаряде и др.); разнообразие углов бросания и направлений стрельбы (различие установок прицела, уровня и угломера; наводки орудия в горизонтальной и вертикальной плоскостях; углов вылета и боковых смещений орудий при выстреле; мертвых ходов механизмов и др.); разнообразие условий полета снарядов после вылета из канала ствола (различие атмосферных условий; формы, весов, положений центра тяжести снарядов; окраски и смазки наружной поверхности снарядов и др.).

Совокупность ошибок измерения координат цели, приводов наведения и рассеивания снарядов являются составляющими ошибок стрельбы ЗПК и подразделяются на систематические и случайные [5].

Систематическими называются такие ошибки, которые при стрельбе остаются постоянными и изменяются по вполне определенному закону. Эти ошибки компенсируются путем ввода соответствующих поправок. Величины систематических ошибок m_x , m_y , m_z (по дальности, углу места и азимуту, соответственно) определяют положение центра рассеивания точек пересечения действительных траекторий полета снарядов относительно объекта сопровождения на заданной дальности с картинной плоскостью (см. рис. 1).

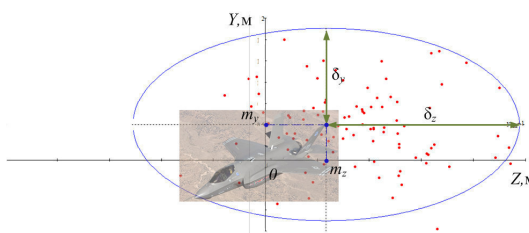


Рис. 1 – Ошибки стрельбы в картинной плоскости

Случайными называются ошибки, которые при каждом выстреле могут принимать различные заранее неизвестные по величине и знаку значения. Эти ошибки вызывают случайные отклонения точек пересечения действительных траекторий полета снарядов для заданной дальности с картинной плоскостью относительно центра рассеивания и характеризуются средними квадратическими отклонениями $\delta_x, \delta_y, \delta_z$ (см. рис. 1).

В настоящее время большой интерес вызывает уменьшение флюктуационных ошибок измерения координат ввиду необходимости повышения точности, например, наведения стрелкового оружия, ракет, определение положения объекта и т.д. Рассмотрим особенности определения флюктуационной ошибки измерения координат протяженных целей.

Выражение, определяющее дисперсию флюктуационной ошибки фильтрации задающего воздействия, запишем в следующем виде [6]:

$$\sigma_{fl\alpha}^2 = S_{ekv\alpha} \left(\frac{T}{T_n} \right) \Delta f_{0\alpha}$$

где T – интервал обращения к цели; T_n – время наблюдения; $S_{ekv\alpha}$ – эквивалентная спектральная плотность возмущающего воздействия; $\Delta f_{0\alpha}$ – ширина зубца амплитудной частотной характеристики дискретной системы с ключом, замыкающимся периодически.

Для случая, когда размеры цели значительно меньше разрешающей способности по параметру (точечная цель) можно сказать, что эффективный диапазон блуждания параметра α равен разрешающей способности по измеряемому параметру, то есть $\Delta\alpha_c = \Delta\alpha$. Тогда выражение для эквивалентной спектральной плотности возмущающего воздействия примет вид [6]:

$$S_{ekv\alpha} = \left(\frac{\Delta\alpha^2 3^3}{4\pi\rho^2 \Delta F_{II}} \right) \times \\ \times \left(1 + \left(\frac{\rho}{\sqrt{3}} \right) + \left(\frac{\rho}{3\sqrt{3}} \right) + \left(\frac{\rho^2}{3^2} \right) \left(\frac{\Delta F_{II}}{\Delta F_{LC}} \right) \right),$$

что соответствует максимальному значению координатного шума цели. Здесь ΔF_{II} – ширина зубца амплитудной частотной характеристики когерентного накопителя, ΔF_{LC} – ширина зубца энергетического спектра отраженного сигнала, ρ – отношение сигнал–шум.

В том случае если разрешаются все блестящие точки, т.е. размеры цели много больше разрешающей способности по параметру α (протяженная цель), а значение $\Delta\alpha_c = 0$. Тогда $S_{ekv\alpha}$ определяется выражением [6]:

$$S_{ekv\alpha} = \left(\frac{\Delta\alpha^2 (1 + \rho)}{4\pi\rho^2 \Delta F_{II}} \right),$$

что соответствует минимальному значению координатного шума цели.

На рисунке 2 представлен пример расчета флюктуационной ошибки измерения азимута

кажущегося центра цели при отношении сигнал шум $\rho = 30$ дБ, $\Delta\alpha = 2$ град. и видимом поперечном размере объекта типа F-15 в 13 м для диапазона дальностей $r_c = (0.2 - 4)$ км. Непрерывной линией представлен результат расчета среднеквадратического отклонения (СКО) флюктуационной ошибки измерения азимута при наличии углового шума цели σ_α , а пунктирной – при его отсутствии.

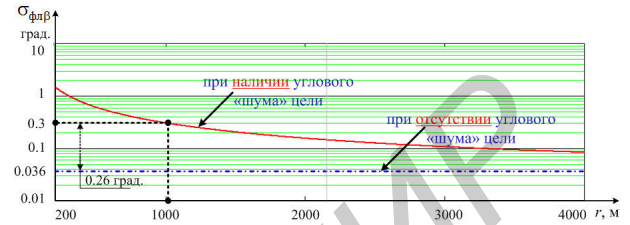


Рис. 2 – Зависимость СКО флюктуационной ошибки измерения азимута кажущегося центра цели от дальности при: а) наличии углового шума цели; б) отсутствии углового шума цели

Из рисунка 2 следует, что наибольшее блуждание кажущегося центра цели наблюдается при наличии координатного шума на небольших дальностях. Например, для дальности в 1000 м, значение СКО флюктуационной ошибки разовой оценки азимута составляет около 0.3 град. (5.2 м в картинной плоскости), из которой 0.26 град. (4.5 м в картинной плоскости) составляет угловой шум цели.

Уменьшение флюктуационной ошибки измерения параметра возможно за счет повышения разрешающей способности либо отношения сигнал шум. Так как дальности стрельбы зенитными автоматами ЗПРК небольшие, то будет иметь высокое значение. В данном докладе будет рассмотрен вопрос уменьшения дальностного и угловых шумов цели за счет повышения разрешающей способности по дальности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фельдман, Ю. И. Теория флюктуаций локационных сигналов, отраженных распределенными целями / Ю. И. Фельдман, И. А. Мандуровский // М.: Радио и связь. – 1998.
2. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. / Я. Д. Ширман [и др.]. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
3. Бартон, Д. Радиолокационные системы. Перевод с английского П. Горохова, О. Козакова, А. Тупицына / Д. Бартон // Военное издательство. – 1967. – 480 с.
4. Островитянов, Р. В., Басалов, Ф. А. Статистическая теория радиолокации протяженных целей / Р. В. Островитянов, Ф. А. Басалов // М.: Радио и связь. – 1982. – 232 с.
5. Колодяжный, В. В., Рай, К. С. Стрельба, боевая работа и управление огнем подразделений, вооруженных ЗПРК 2К22 «Тунгуска» / В. В. Колодяжный, К. С. Рай // Мн.: ВАРБ. – 2002. – 225 с.
6. Охрименко, А. Е. Основы извлечения, обработки и передачи информации. Ч.3. Распознавание-различие сигналов / А. Е. Охрименко // Мн.: ВАРБ. – 1995. – 180 с.