

Повышение обобщенного коэффициента качества ИАО возможно за счет повышения качества ИАО, качества охраны и обороны двух АУД силами и средствами ИАС ИАО (обоснованного распределения сил и средств для охраны и обороны между АУД).

Список литературы

1 **Решетников, П. Б.** Боевая готовность и техническое состояние авиационной техники: учебное пособие / П. Б. Решетников, В. В. Балаев, Р. М. Сафин ; под ред. П. Б. Решетникова. – Монино : ВУНЦ ВВС, 2010. – 280 с.

УДК 621.396.96

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ АНТЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ПРИЕМА СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

А. Л. ТРОФИМЕНКОВ, Д. М. МИЦКЕВИЧ
Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

Современная тенденция развития вооружения диктует необходимость постоянного совершенствования системы навигации. Основным требованием для навигационной системы является высокая точность определения координат объекта. Использование навигационных сигналов с открытыми кодами не позволяет с требуемой точностью определять местоположение объекта. Ошибка определения координат может достигать более 50 м [1, 3].

Одним из путей совершенствования рассматривается возможность применения многобазовой системы приема спутниковых навигационных сигналов. Такая система включает в себя антенную структуру (АС), состоящую из нескольких приемных антенн, расположенных специальным образом с учетом размеров фазометрических баз и их положения. При этом, данная АС не только принимает навигационное сообщение, но и позволяет учитывать разность фаз навигационных сигналов на входах приемников. Для определения АС применяется численный метод оптимизации антенных систем, основанный на полном переборе всех возможных положений антенных элементов при заданном их количестве и габаритном размере. Метод основан на использовании для устранения неоднозначности измерений принципа максимального правдоподобия [2].

Точность определения направления на источник сигнала зависит от размеров наибольшей базы, однако увеличение антенной базы приводит к появлению неоднозначности фазовых измерений. Выбор структуры антенной системы зависит от границ зоны обзора ν . Граница зоны обзора определяет максимальное по абсолютной величине значение направляющего косинуса.

Интервал однозначного измерения направляющего косинуса определяется по формуле

$$\Delta\nu_{\text{одн}} = \frac{\lambda}{l}, \quad (1)$$

где λ – длина волны источника излучения сигнала, l – база антенной структуры.

Задание границ зоны обзора позволяет вычислить минимальную базу, при которой число полных периодов разности фаз $k = 0$ определяется по формуле

$$l_{\text{min}} = \frac{\lambda}{\Delta\nu_{\text{одн}}}, \quad (2)$$

где значение $\Delta\nu_{\text{одн}}$ используется в радианах.

Соответственно, при заданном угловом секторе $\pm 60^\circ$ и длине волны источника сигнала $\lambda = 19,03$ см интервал однозначного измерения направляющего косинуса $\Delta\nu_{\text{одн}} = 1,732$ относительно нормали к антенной структуре, а $l_{\text{min}} = 0,11$ м. Схема разнесения антенн зависит от выбранного вектора взаимно простых чисел \vec{e}_x , который определяет оптимальное расположение элементов антенной системы.

$$e_x = \Delta\nu_{\text{одн}} \vec{n}_x, \quad (3)$$

где вектор фазометрических баз $\vec{n}_x = \frac{l}{\lambda}$,

Например, выбранный оптимальный вектор $\vec{e}_x = (4, 6, 9)$ для 3-базовой антенной структуры позволяет рассчитать длину каждой отдельной базы по формуле

$$l_x = l_{\text{min}} \vec{e}_x, \quad (4)$$

где l_{min} – минимальная база, определяющая сектор однозначного измерения направляющего косинуса.

Размеры баз антенной структуры l_1, l_2, l_3 равны 0,4395; 0,6592; 0,9888 соответственно.

АС представляет собой линейную решетку, которая позволяет определить угловое положение источника излучения сигнала (рисунок 1).

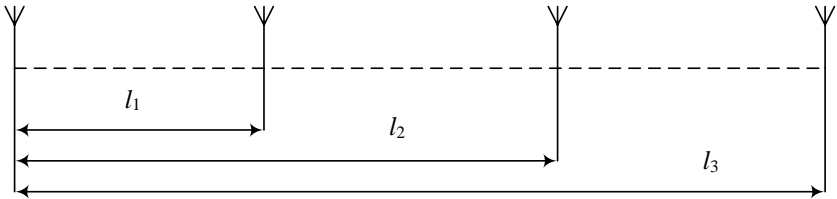


Рисунок 1 – Антенная структура системы приема СНС

Связь между фазами обусловлена только за счет общего антенного элемента, так что коэффициент корреляции между ошибками измерений фаз равен 0,5. Фазовые погрешности за счет внутренних шумов приемных устройств, независимых от канала к каналу, учитываются в корреляционной матрице B_φ :

$$B_\varphi = \sigma_\varphi^2 R_\varphi, \quad (5)$$

где σ_φ^2 – дисперсия разности фаз, R_φ – нормированная корреляционная матрица, зависящая только от схемы подключения фазометров к выходам приемных устройств и имеет следующий вид [4]:

$$R_\varphi = \begin{pmatrix} a & b & b \\ b & a & b \\ b & b & a \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где $a = 1$, $b = 0,5$.

Получение статической оценки направления на источник излучения основывается на применении метода максимального правдоподобия. По формуле (7) рассчитывается вектор весов, который зависит от структуры антенной системы и корреляционной матрицы ошибок измерений.

$$\vec{q}_v = \frac{B_\varphi^{-1} \vec{n}_x}{\vec{n}_x^T B_\varphi^{(-1)} \vec{n}_x}, \quad (7)$$

где B_φ^{-1} – матрица, обратная корреляционной матрице фазовых ошибок.

Вектор весов позволяет получить оценку направляющих косинусов v^* :

$$v^* = \vec{\Phi}^T \vec{q}_v, \quad (8)$$

где $\vec{\Phi}^T = \vec{\varphi} + \vec{k}$ – полная разность фаз.

Вектор измеренных фаз $\vec{\varphi}$ состоит из совокупности измеренных разностей фаз на каждой базе, где значения должны быть в пределах $[-0,5; 0,5]$. Полные циклы фаз, утраченных при измерениях, составляют вектор \vec{k} .

Совокупность векторов \vec{k}_i , \vec{e}_x позволяет образовать матрицу перехода к новому базису в пространстве измерений. Матрица C используется в квази-оптимальном алгоритме устранения неоднозначности. Ее детерминант по модулю должен быть равен единице, иначе опорная совокупность векторов определена неверно

$$C = (\vec{k}_1, \vec{k}_2, \vec{e}_x), \quad (9)$$

Искомая матрица C имеет вид:

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 4 \\ 3 & 4 & 6 \\ 4 & 3 & 9 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Детерминант данной матрицы равен единице, что указывает на правильность выбора опорной совокупности векторов неоднозначности.

Таким образом, при построении многобазовой системы приема спутниковых навигационных сигналов, выбор оптимальной антенной структуры позволит учитывать разность фаз сигнала на входах навигационных приемников и тем самым увеличит точность определения местоположения объекта.

УДК 355.58:355.691.21

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ ВОИНСКИХ ЭШЕЛОНОВ

А. И. ФЁДОРОВ, Д. Н. ОШМЯНА

Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

Воинские перевозки грузов и личного состава железнодорожным транспортом является важной государственной задачей и осуществляются воинскими эшелонами. Они направлены на своевременное обеспечение войск техникой, горюче-смазочными материалами, продовольствием, медикаментами, боеприпасами, пополнение личным составом частей и подразделений Вооруженных сил государства.

Своего наивысшего развития воинские перевозки достигли в период Великой отечественной войны. В первые месяцы войны воинские эшелоны несли значительные потери от действия немецкой авиации, как на станциях погрузки-выгрузки, так и в пути следования. Так, налет немецкой авиации в июле 1941 года на станцию Вязьма на московском направлении парализовал ее работу практически на две недели [1, с. 187]. Стоявшие там воинские эшелоны долгое время не могли отправиться на запад. Выделяемых сил и средств как для охраны железнодорожных коммуникаций, так и для сопровождения воинских эшелонов на начальном этапе войны было недостаточно, считалось, что воинские эшелоны прикрываются в общей системе ПВО.

В последствии в состав воинского эшелона включалась одна или несколько платформ, оснащенных средствами ПВО (зенитной артиллерией в сочетании с зенитными пулеметами). Кроме того, воинские эшелоны начали сопровождать бронепоезда, усиленные средствами ПВО, и это дало свои результаты. Частенко, встретив мощный отпор, авиация Люфтваффе возвращалась ни с чем.

В настоящее время для сопровождения воинских эшелонов целесообразно выделять до четырех зенитных установок ЗУ-23-2 и до двух отделений стрелков-зенитчиков, вооруженных ПЗРК «Игла».

Зенитные установки ЗУ-23-2 позволяют вести огонь по воздушным целям на дальности до 2500 м. Кроме того, их можно использовать для уни-