

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЭС СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВОЗДУШНОЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ СРЕДСТВАМИ БПЛА В ШИРОКОМ ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ**

*А.В. Поваляев, А.А. Григорьев*

При проведении военных операций, таких как воздушная радиотехническая разведка (РТР), радиоэлектронная борьба (РЭБ) и т. п. целесообразно использовать беспилотные летательные аппараты (БПЛА) [1, 2].

БПЛА очень хорошо подходят для выполнения воздушной РТР по обнаружению, идентификации наземных стационарных, мобильных объектов и определения их координат, а также решения иных военных задач. Это обусловлено рядом преимуществ БПЛА перед обычными летательными аппаратами [1]:

- 1) способность приближаться к заданной цели на минимальное расстояние;
- 2) минимальная вероятность поражения наземными средствами противовоздушной обороны (ПВО) из-за малой уязвимой площади;
- 3) БПЛА практически невидимы для наземных радиолокационных станций (РЛС) из-за малых значений ЭПР (порядка  $0,005 \dots 1 \text{ м}^2$ ).

При проведении воздушной РТР, как правило, решаются две основные задачи:

- 1) определение несущей частоты (рабочей длины волны) источника радиоизлучения;
- 2) определение координат источника радиоизлучения.

В рамках данного доклада основное внимание уделено решению второй задачи.

Для традиционного решения задачи определения координат наземных радиоэлектронных средств (РЭС) управления оружием используют обычно поисковые пеленгаторы по частоте и направлению. Их недостатком является достаточно большие габариты радиоэлектронной аппаратуры, что недопустимо для малогабаритного БПЛА. Поэтому требуется разработка беспослевого радиопеленгатора, работающего в широком частотном диапазоне радиосигналов.

Разработка такого пеленгатора требует проведения ряда исследований его характеристик в широком диапазоне частот в зависимости от влияния различных факторов.

В настоящее время для исследования параметров радиоэлектронных устройств и систем при воздействии различных внешних или внутренних факторов используется компьютерное имитационное моделирование. В основе него лежит замена реальных физических процессов их приближенной математической моделью, моделирующим алгоритмом и соответствующим программным обеспечением.

Сущность компьютерной имитационной модели заключается в воспроизведении процессов функционирования радиоэлектронного устройства или системы при воздействии различных факторов (шумов, нестабильностей параметров внутренних устройств и т. п.) для определения необходимого набора показателей эффективности в зависимости от исходных данных, задающих вариант построения этого устройства или системы.

В основу разработки компьютерной имитационной модели широкополосного беспойскового пеленгатора положена математическая модель такого пеленгатора, описанная в [3].

Имитационная модель позволяет исследовать зависимость точности пеленгования и степени широкополосности беспойсковых пеленгаторов от действия шумов и нестабильностей параметров СВЧ-устройств. На рис. 1 приведена обобщенная схема функционирования имитационной модели.

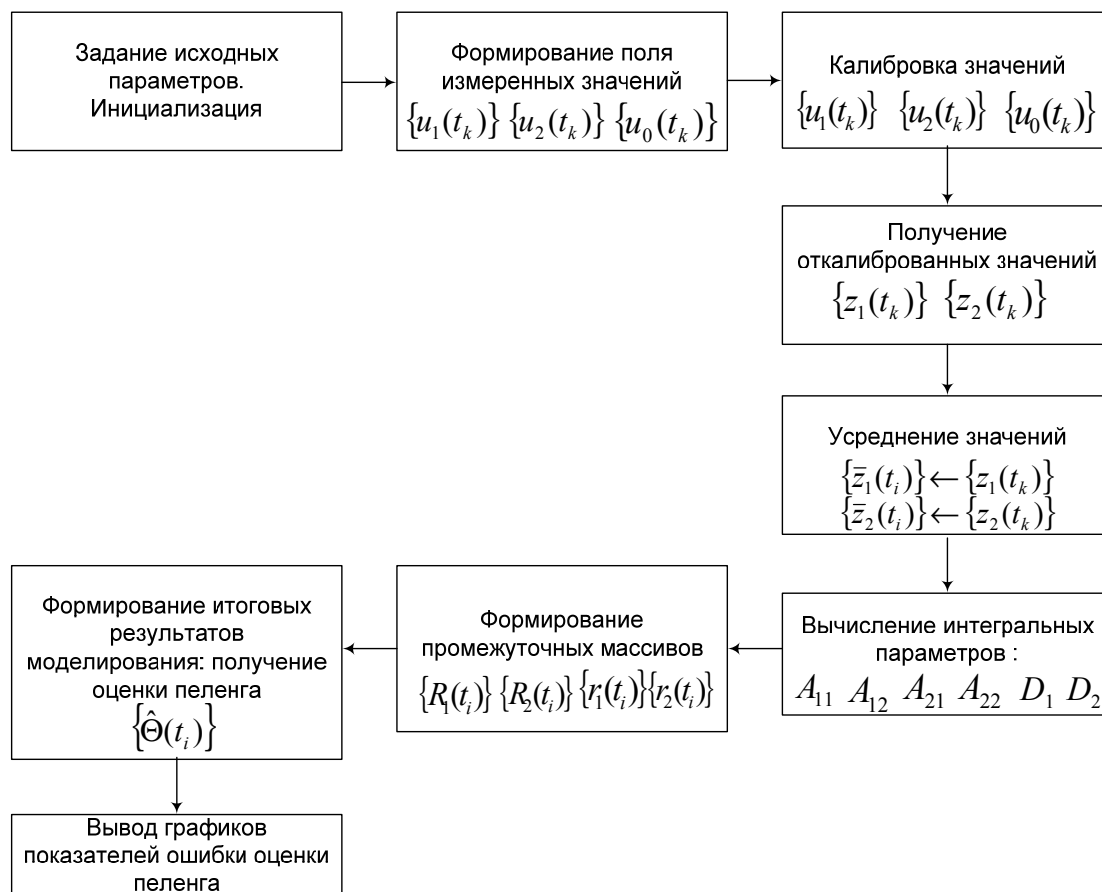


Рис. 1. Общая блок-схема функционирования имитационной модели

Процедура калибровки значений  $u_1(t_k)$ ,  $u_2(t_k)$ ,  $u_0(t_k)$  необходима для того, чтобы скомпенсировать их паразитную зависимость от коэффициентов усиления в СВЧ-трактах, от коэффициентов передачи детекторов и от начальных значений ЛАХ СВЧ-детекторов.

Процедура усреднения значений  $z_1(t_k)$  и  $z_2(t_k)$  выполняется с целью снижения влияния шумов на эти значения.

- Основные этапы обработки сигналов в алгоритме оценки пеленга [3]:
- 1) формирование сигналов  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$ ,  $u_0(t)$  на выходе СВЧ-детекторов;
  - 2) дискретизация сигналов  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$ ,  $u_0(t)$ ;
  - 3) калибровка значений  $u_1(t_k)$ ,  $u_2(t_k)$ ,  $u_0(t_k)$ ;
  - 4) получение откалиброванных значений  $z_1(t_k)$  и  $z_2(t_k)$ ;
  - 5) усреднение значений  $z_1(t_k)$  и  $z_2(t_k)$ ;
  - 6) вычисление интегральных параметров  $A_{11}(\lambda)$ ,  $A_{12}(\lambda)$ ,  $A_{21}(\lambda)$ ,  $A_{22}(\lambda)$ ,  $D_1(\lambda)$ ,  $D_2(\lambda)$ ;
  - 7) формирование оценки пеленга.
- Оценка пеленга осуществляется по алгоритму, приведенному на рис. 2.

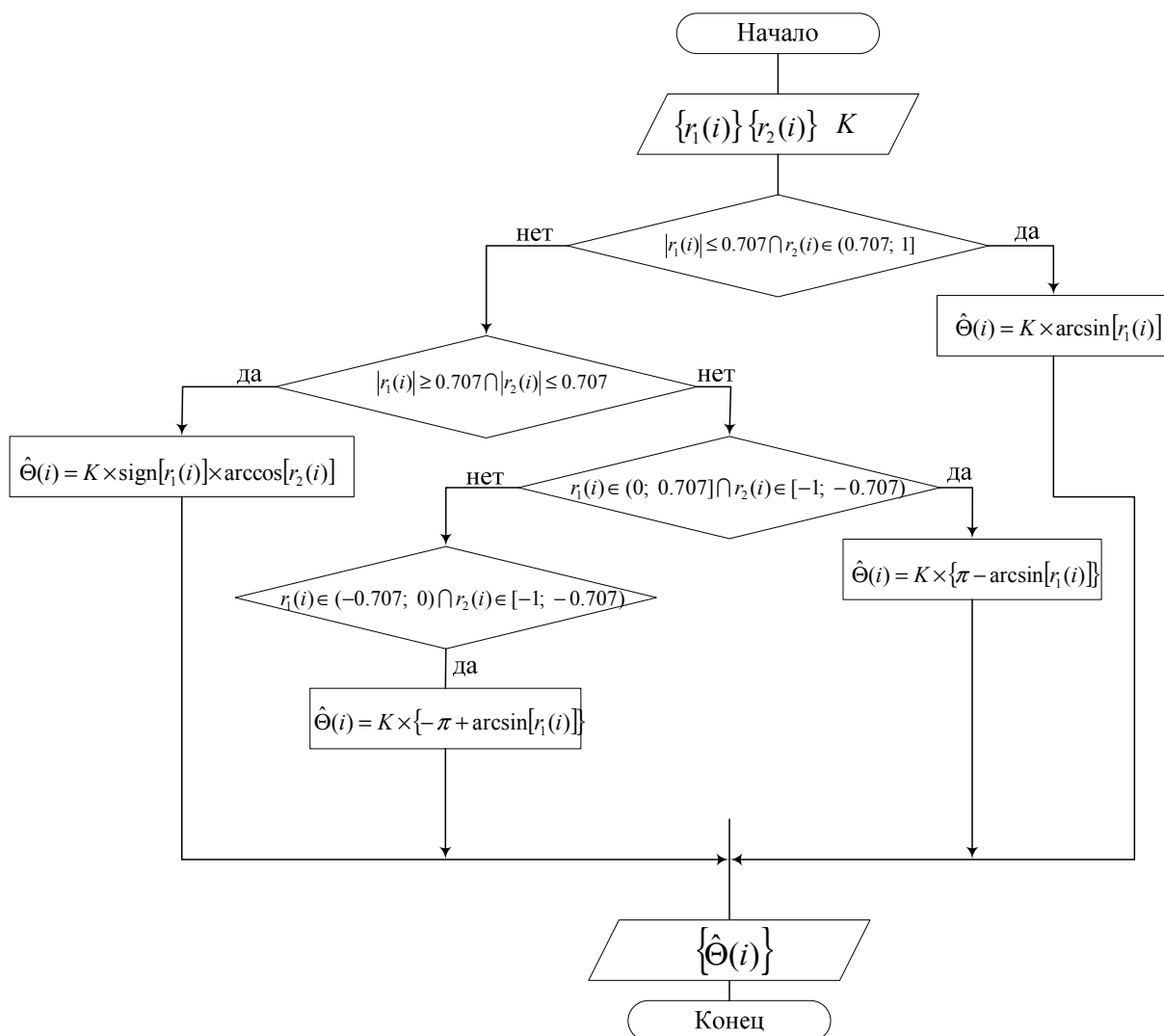


Рис. 2. Общая схема алгоритма оценки пеленга

В процессе моделирования на входе имитационной модели задаются параметры: рабочая длина волны источника радиоизлучения  $\lambda$ , расстояние разнесения антенн пеленгатора  $d$ , технологические параметры  $\{l_1, l_2, l_3, l_4\}$ , истинное значение пеленга  $\Theta_{и} \in [-60^\circ; 60^\circ]$  с дискретой  $0,5^\circ$ .

Однозначное измерение пеленга осуществляется в секторе углов  $\Theta$  :

$$\left[ -0,5 \frac{\lambda}{d}; 0,5 \frac{\lambda}{d} \right]_{\text{рад}} \quad \text{или} \quad \left[ -28,64^\circ \frac{\lambda}{d}; 28,64^\circ \frac{\lambda}{d} \right].$$

В большом секторе углов возникает неоднозначность, и измеренное значение пеленга  $\Theta_{\text{изм}}(t_i)$  будет определяться следующим образом

$$\Theta_{\text{изм}}(t_i) = \hat{\Theta}(t_i)_{\text{рад}} + k \frac{\lambda}{d},$$

где  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

По окончанию моделирования имитационная модель производит расчет ошибки оценки пеленга  $\Delta \hat{\Theta} = \hat{\Theta} - \Theta_{\text{и}}$  и отображает ее в виде графических зависимостей.

Таким образом, предлагаемая компьютерная имитационная модель широкополосного пеленгатора позволит в дальнейшем в удобной и наглядной форме получить результаты юстировки его параметров в зависимости от действующих шумов и нестабильностей параметров СВЧ-устройств.

#### Библиографический список

1. Бурдун, И.Е. Беспилотная авиация: состояние, проблемы и перспективы развития / И.Е. Бурдун, В.В. Ростопчин // Материалы научно-практического семинара «Перспективные интеллектуальные системы робототехники: Потенциал сибирской науки и образования». – Новосибирск, 2009. – 48 с.
2. Евграфов, В. Перспективы использования зарубежными вооруженными силами беспилотных летательных аппаратов для решения задач РЭБ / В. Евграфов // Зарубежное военное обозрение. – 2009. – № 10. – С. 53–58.
3. Карманов, Ю.Т. Математическая модель беспойскового широкополосного фазово-амплитудного пеленгатора / Ю.Т. Карманов, А.В. Поваляев // Цифровые радиоэлектронные системы. – 2011. – Вып. 8. – С. 31–39.