

# **Подход к повышению точностных характеристик импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации**

А. Г. Ивануткин, e-mail: mazurova83@mail.ru<sup>1</sup>

А. С. Демьяненко, e-mail: GlebAlexandrovichDem@gmail<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)»

***Аннотация.** В статье предлагается разработка модели и специального программного обеспечения, позволяющих определять значения дифференциальных поправок в целях повышения точности измерения собственных координат с применением импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации.*

***Ключевые слова:** импульсно-фазовые системы дальней навигации, повышение точностных характеристик, дифференциальные поправки, глобальные навигационные спутниковые системы .*

## **Введение**

Как показывает специфика применения пилотируемых и беспилотных воздушных судов при решении различных задач в ходе локальных войн и вооруженных конфликтов последнего времени, эффективность реализации их возможностей, в подавляющем случае зависит от точности определения собственных местоположений авиационными комплексами, на всех этапах выполняемых полетов. Для решения задач радионавигации, в основном применяются глобальные навигационные спутниковые системы и радиотехнические системы ближней навигации. Однако, применение данных систем в специфических условиях боевых действий имеет ряд существенных недостатков. В основном они обусловлены недостаточной помехозащищенностью данных систем.

## **Суть применения моделирующих систем в интересах повышения точностных характеристик радиотехнических систем дальней навигации**

Рассмотрим более подробно недостатки применяемых радионавигационных систем.

К недостаткам глобальных радионавигационных спутниковых систем можно отнести следующие:

- высокий уровень уязвимости от многих видов помех (солнечная активность, сигналы телекоммуникационных систем, преднамеренный помехи и др.);

- приему сигналов спутников могут мешать сильно пересеченный рельеф местности, высокие здания и сооружения;

- возможность имитации ложных сигналов, подмены радионавигационных сигналов, приводящих к некорректной работе спутниковой навигационной системы (неверному определению координат);

- необходимость применения систем функциональных дополнений, обеспечивающих требуемую точность определения координат по спутниковым радионавигационным системам.

К недостаткам радиотехнических систем ближней навигации можно отнести:

- ограниченную зону действия радиомаяков систем ближней радионавигации, зависящую от высот полетов пилотируемых и беспилотных воздушных судов;

- работу отечественных радиотехнических систем ближней навигации в диапазонах частот, не в полной мере отвечающим требованиям Международного регламента радиосвязи.

Решение задачи навигационного обеспечения применения авиационных комплексов в сложной помеховой обстановке возможно путем применения разностно-дальномерных импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации (ИФРНС).

Данные системы обладают следующими достоинствами:

- высокая помехоустойчивость за счет большой энергетики сигналов и применяемого частотного диапазона;

- надежное определение местоположения в городских условиях и лесистой местности вследствие существенно более низких, чем в глобальных навигационных спутниковых системах рабочих частот;

- возможность передачи оперативной информации;

- большие зоны действия;

- возможность использования на всех высотах полета воздушных судов;

- неограниченная пропускная способность;

- скрытность определения навигационных параметров ввиду отсутствия на борту воздушного судна передающей радиоаппаратуры [1].

Основным недостатком развернутых и эксплуатируемых на сегодняшний день радиотехнических систем дальней навигации является недостаточная точность определения координат в основных режимах работы.

Исключением не является также самая современная информационная система координатно – временного обеспечения (ИСКВО) «Скорпион».

Сравнительные точностные характеристики импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней радионавигации приведены в таблице [2].

Таблица

*Характеристики импульсно - фазовых радиотехнических систем дальней навигации*

Наименование характеристик	ИФРНС			
	Европейская	Восточная	Северная	ИСКВО «Скорпион»
Вид базирования	стационарные			мобильная
Рабочая частота, кГц	100	100	100	100
Площадь рабочей зоны, млн. кв. км	6.5	5.5	1.7	0.9
Точность определения координат, км	0.5 – 1.5	0,4 - 3	0.5 – 2	0.15 – 0.8

Точность определения координат ( $G_t$ ) с применением радиотехнических систем дальней радионавигации зависит от следующих ошибок [1]:

ошибок обусловленных условиями распространения радиоволн ( $G_{vp}$ );

из ошибок, обусловленных действиями атмосферных и внутренних шумов бортового приемоиндикатора ( $G_{ин}$ );

из инструментальных ошибок бортового приемоиндикатора ( $G_{ин}$ );

из ошибок синхронизации шкал времени ведомых станций ( $G_c$ ).

Суммарная среднеквадратическая ошибка определяется выражением [1]:

$$G_t = G_{vp} + G_{ин} + G_{ин} + G_c$$

Для устранения среднеквадратической ошибки определения координат с применением радиотехнических систем дальней радионавигации могут использоваться следующие способы [2]:

1. Интерполяционные способы. В этом случае поправки вычисляются заранее для ограниченного числа пунктов рабочей зоны радиотехнической системы дальней навигации. Для получения поправки в любой точке рабочей зоны применяются формулы линейной или квадратичной интерполяции.

2. Способ вычисления поправок с использованием карты проводимости.

3. Дифференциальный способ, предполагающий определение поправок к нестабильности скорости распространения радиоволн и передачу их потребителям. Дифференциальный режим повышения точности определения координат, получил наибольшее распространение. Благодаря одновременной работе как по глобальной навигационной спутниковой системе, так по радиотехнической системе дальней навигации, появляется возможность коррекции систематической ошибки, используя точные координаты, полученные по глобальной навигационной спутниковой системе.

Результаты исследований вопросов реализации дифференциальных режимов работы, разностно-дальномерных импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации, позволяет сделать вывод о том, что точность определения координат может быть повышена в 4-6 раз [2].

Однако, при имеющихся достоинствах дифференциального режима повышения точности определения координат воздушных судов, его явным недостатком является необходимость использования функциональных дополнений с построением каналов связи от корректирующих станций до потребителей, что в сложной помеховой обстановке прогнозируемых боевых действий может быть затруднительным или невозможным.

Авторами предлагается разработка и применение математической модели, позволяющей заблаговременно определять значения дифференциальных поправок, применительно к местности предполагаемых полетов пилотируемых и беспилотных воздушных судов. Предлагается разработка специального программного обеспечения на автоматизированных рабочих местах должностных лиц органов управления связью и радиотехническим обеспечением, позволяющего осуществлять расчет корректирующих поправок к нестабильности скорости распространения радиоволн, с учетом

характеристик подстилающей поверхности и времени. Результатом моделирования является массив поправок. Этот массив должен вводиться в бортовое радиоэлектронное оборудование воздушного судна и использоваться для корректировки измерения собственных координат с применением разностно-дальномерных импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации, в соответствии с известными алгоритмами.

### **Заключение**

В статье приведены достоинства и недостатки, применяемых радионавигационных систем. Предложено использование математического моделирования, для заблаговременного определения массивов дифференциальных поправок, в интересах повышения точности определения координат с использованием разностно-дальномерных импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации.

### **Список литературы**

1. Прусов, М.Н. Оборудование и эксплуатация мобильной радионавигационной станции дальней радионавигации: учебное пособие / М.Н. Прусов; – М.: Воениздат, 1990. – С. 21 - 35.
2. Пичугин, С.М. Повышение точности определения навигационных параметров импульсно-фазовой радионавигационной системы за счет использования данных от СРНС / С.М. Пичугин, П.В. Трошин // Научный вестник МГТУ ГА. Сер. 3, Радиофизика и радиотехника. – 2010. – № 152. – С. 126-127.
3. Резниченко, Л.В. Радиотехнические системы дальней навигации: учебник / Л.В. Резниченко; – М.: Воениздат, 1975. – 219 с.