Использование метода коррекции первичных навигационных параметров для обеспечения посадки воздушного судна

Зимарин А.М.
к.т.н., Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

Аннотация

В статье рассматривается возможность обеспечения захода на посадку и посадки воздушного судна, с использованием информации предоставляемой от радиотехнической системы дальней радионавигации, с применением метода коррекции первичных навигационных параметров, позволяющего обеспечивать коррекцию координат воздушного судна.

Ключевые слова: метод коррекции; навигационные параметры; посадка; воздушное судно; радиотехнические системы.

Введение

Военно-воздушные силы в настоящее время оснащены самыми совершенными и сложными техническими комплексами, обеспечивающими выполнение авиацией поставленных задач с высокой эффективностью. Но успех боевых действий авиации определяется не только превосходством над противником в вооружении и летно-тактическими данными воздушного судна (ВС), но и эффективностью применения систем навигации.

В общем случае навигационная система, удовлетворяющая современным требованиям, должна обеспечивать самолетовождение и боевое применение ВС в любое время суток и года, в плохих и сложных метеоусловиях, во всем диапазоне высот боевого применения ВС.

Особое место в обеспечении навигации полетов, среди остальных навигационных систем, занимают радиотехнические системы дальней навигации (РСДН). РСДН предназначены для создания радионавигационного поля (РНП) с целью определения подвижными объектами своего местоположения и передачи сигналов точного времени (рабочая область РСДН).

Применительно к авиации, РСДН могут решать следующие задачи:

- полет по маршруту;
- вывод самолета по месту и времени на цели, рубежи и зоны пуска;
- обеспечение «навигационного бомбометания»;
- ведение воздушной и радиолокационной разведки;
- определение координат вновь выявленных целей;
- вывод в район и обеспечение захода на посадку ВС;
- излучение сигнала в Государственной системе единого времени и эталонных частот (например - «Цепь») и др.

В настоящее время все больше появляется необходимость применения РСДН как для самолетовождения, так и посадки ВС. Посадка, как известно, является сложным и ответственным процессом полета ВС. Актуальность посадки ВС с помощью информации, предоставляемой средствами дальней навигации, для вооруженных сил Российской Федерации, определяется, в соответствии с военной доктриной Российской Федерации, необходимостью дальнейшего повышения мобильности ВВС, расширением их боевых возможностей.

Пилотажно-навигационные комплексы (ПНК) самолетов 4-го и 5-го поколений работают совместно с разностно-дальномерными радионавигационными системами (РНС), в которых измеряется раз-

ность расстояний от ВС до трех передающих наземных станций (НС). Основу разностно-дальномерных НС составляют РСДН.

По принципу измерения временной разности (разности расстояний) все РСДН подразделяются на фазовые («Маршрут», «Омега»), импульсно-фазовые (РСДН-3, РСДН-4, РСДН-10; «Лоран-С», «Лоран-Д»; «Скорпион») и фазово-временные («Марс-75», «Декка»). Обобщенные характеристики отечественных и зарубежных систем РСДН, полученные на основе анализа литературы [1, 2, 5] приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики отечественных и зарубежных РСДН

Основные характеристики систем	РСДН - 3	РСДН - 4	РСДН - 10	Марс - 75	РСДН - 20	Лоран С	Лоран Д	Омега	Скорпион
Д, км	1400-2000	1300-2500	600-1000	700-1200	10 000	1400-2000	500-930	10000	1000
$\sigma_{мпвс}$ км.	0,2-3	0,4-3	0,5-1,5	0,2-1	2,6-7,3	0,2-07	0,1-1,5	2-8,5	0,5-1; диф реж: 0,05-0,1
$S_{раб.з}$, млн.км^2	8	6	1	1	140	46	--	Глоб.	--
кол-во станций	5	5	3-4	3-4	3-5	34	7	8	до 5
$f_{раб}$, кГц	100, 120	100, 120	100, 120	64-92	12-17	100	100	10-14	100
$H_{антен}$, м	350	50-350	30-50	--	275-309	200, 400	90-120	400-450	50-250
$P_и$, кВт	560-630	850	16	--	50-80	75-2000	3-4	10	300-900

В фазовых системах РСДН разность расстояний до ВС измеряется путем измерения разности фаз принимаемых сигналов от наземных станций. Достоинством таких систем является достаточно большое радионавигационное поле, неограниченное количество ВС с которыми они могут работать, а к недостаткам – невысокая точность определения координат.

Импульсно-фазовый метод основан на определении временной разности прохождения (грубое определение) и фазе огибающей (точное определение) радиоимпульсов. Недостатки этих систем такие же, как и в фазовых системах.

В фазово-временных РСДН излучается сложный многочастотный сигнал, состоящий из 23 посылок на разных несущих частотах, что позволяет однозначно измерять навигационные параметры (НП) [3,4].

Разностно-дальномерные РСДН совместно с ПНК предназначены для непрерывной коррекции координат и решения, на этой основе, практически всех навигационных задач при полетах одиночных ВС и групп тактического назначения.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что РСДН позволяют определять местоположение ВС, относительно заданной радионавигационной точки (РНТ) с высокой точностью. Такой РНТ может быть точка приземления, координаты аэродрома.

Для определения возможности обеспечения захода на посадку и посадки ВС, с использованием информации от РСДН, рассмотрим более подробно метод коррекции первичных навигационных параметров, позволяющий обеспечивать коррекцию координат ВС.

Суть метода состоит в том, чтобы сообщить потребителям (ВС) набор поправок к измеренным, по всем наземным станциям (НС) координатам, которые могут быть использованы потребителями. При этом сам потребитель определяет наиболее лучшую для него совокупность НС.

На корректирующей станции (КС) вычисляются поправки к измеренным навигационным параметрам по всем НС. Для этого на КС измеряют разности расстояний до всех пар НС и одновременно по эталонным координатам КС и НС находят их расчетные значения, которые принимают за истинные разности расстояний. Разности измеренных и расчетных значений разности расстояний (дифференциальных поправок) пере-

даются в составе корректирующей информации (КИ) на бортовой приемоиндикатор (БПИ). По скорректированным в БПИ координатам решаются навигационные задачи (определение координат ВС).

Алгоритм, реализующий данный метод в аналитическом виде, можно записать:

$$\Delta Д_i = \Delta Д_{КСЭ_i} - \Delta Д_{КС_i}, \quad (1)$$

$$\Delta Д_{ВС_i} = \Delta Д_{ВС} - \Delta Д_i, \quad (2)$$

$$[\Delta Д_{ВС1}, \Delta Д_{ВС_2}] \to X_{ВС},$$

где: $\Delta Д_{КС_i}$ и $\Delta Д_{ВС_i}$ – оценочные значения разности расстояний, измеренные на КС и DC;

$\Delta Д_{КСЭ_i}$ – эталонные разности расстояний для КС;

$\Delta Д_i$ – поправки к разности расстояний.

Следует заметить, что нахождение поправок к НП на КС по всем НС требует дополнительных аппаратурных и временных затрат. Одновременно с этим исчезает существенный недостаток – ограниченная дальность действия.

Структурная схема, реализующая метод коррекции первичных НП, представлена на рис. 1.

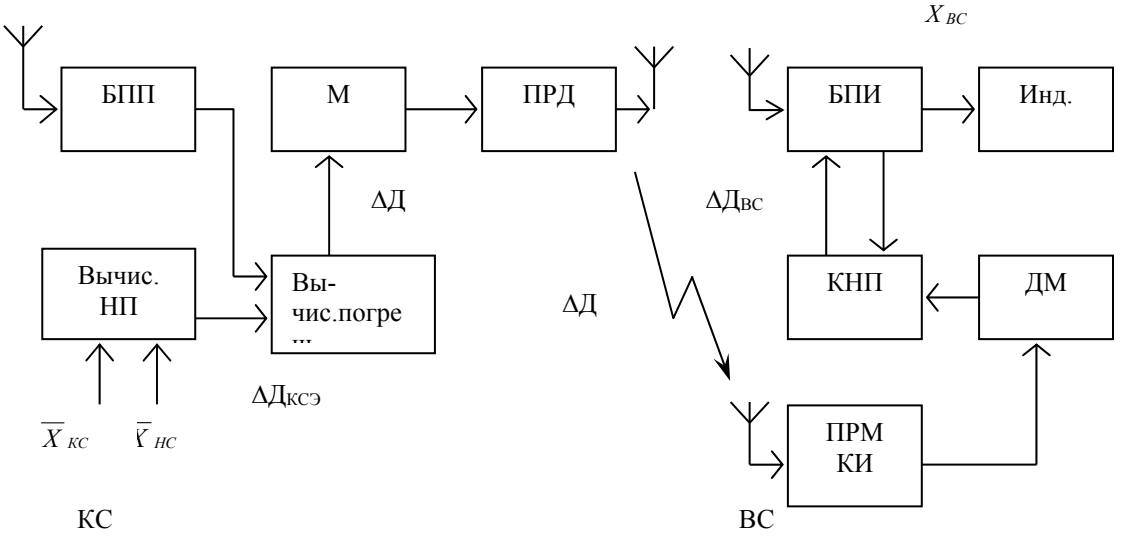

Рис. 1. Структурная схема, реализующая метод коррекции первичных НП

При реализации этого метода для коррекции НП используется информация о дальности от НС до КС и до ВС. Сигналы от НС поступают на КС и на борт ВС. В блоке БПП параметры сигнала преобразуются в параметр дальности, представленный в цифровом виде. Затем он поступает в вычислитель погрешностей, куда на второй вход поступает вычисленное эталонное значение дальности до КС от НС. Вычисленная погрешность преобразуется в радиосигнал модулятором и передатчиком, и излучается в пространство.

Сигналы НС и КС принимаются на борту ВС, соответственно БПИ, в котором измеряется истинная дальность от НС, и ПРМ КИ. Далее значение дальности от БПИ поступает на корректор НП (КНП), куда так же поступает уже принятый и демодулированный сигнал от КС. В корректоре навигационного параметра вводится поправка по дальности к истинным значениям, полученным с помощью БПИ. Затем через БПИ уточненные значения дальности поступают на индикаторное или управляющее устройство. Для повышения эффективности метода коррекции первичных НП, при определений НС, от которых будет приниматься информация, преимущество отдается станциям с наилучшим отношением сигнал/шум и с наибольшей стабильностью НП.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного анализа метода коррекции первичных навигационных параметров можно сделать вывод о целесообразности использования данного метода для обеспечения захода на посадку и посадки ВС, а также необходимости взаимодействия бортового навигационного оборудования ВС при использовании РСДН, в сочетании с созданием специальных КС.

Для повышения точности определения координат ВС с помощью средств РСДН следует применять разработанный вариант построения системы посадки, который подразумевает наличие корректирующей станции, имеющей точные координаты своего местоположения. При помощи бортовой аппаратуры (БПИ) выделяется случайная погрешность, вызванная изменением скорости распространения радиоволн вдоль трассы. Передача корректирующих поправок на борт ВС позволяет обеспечить более точное определение его координат.

Литература

1. Цифровые радионавигационные устройства. Под. ред. В.Б. Смолиева: М.: Сов. радио. 1986.

2. Владинов В.Л., Ковалев В.В., Хмуров Н.Н. Средства и системы радионавигационного обеспеченья летательных аппаратов. М.: Воениздат. 1990.

3. Сазонов Н.А., Абраров А.Т., Куницкий Г.А. и др. Основы авиационной радионавигации. Тамбов: ВВАИУ. 1987.

4. Бады О.А., Касаев В.Н. Стохастические модели РСДН. Научно методические материалы по измерениям, математические модели. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского. 1987.

5. Щербинин В.Н. Расчет рабочих зон и определение местоположения объектов в радионавигационных системах. Тамбов: ВВАИИ. 1999.

Для цитирования:

Зимарин А.М. Использование метода коррекции первичных навигационных параметров для обеспечения посадки воздушного судна // i-methods. 2014. Т. 6. № 4. С. 5–8.

The use of the method of correction of primary navigation parameters to ensure the landing of aircraft

Zimarin A. M.

Ph.D., Military educational scientific center air force "air force Academy n. a. Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin", Voronezh

Abstract

The article discusses the capability approach and landing aircraft using the information provided from radio navigation system far, using the method of correction of primary navigation parameters, allowing correction of the coordinates of the aircraft.

Keywords: correction method; navigation parameters; landing; aircraft; radio engineering systems.

References

1. Digital radio navigation device. Under. edited by V. B. Smoleeva: Sov. radio. 1986.

2. Mladinov L.V., Kovalev V.V., Harav N. N. Means and systems of radio navigation of aircraft components. Moscow: Voenizdat. 1990.

3. Sazonov N.I., Abrarov A.T., Kunitsky G.A. Basics of aviation radio-navigation. Tambov: military aviation. 1987.

4. Bada A. O., Kasaev B. N. Stochastic models RSDN. Scientific-methodical materials on measurements, mathematical models. M.: Zhukovsky Academy. N. E. Zhukovsky. 1987.

5. Shcherbinin, V. N. Calculation of work zones and locating objects in radio navigation systems. Tambov: WAII. 1999.

For citation:

Zimarin A.M. The use of the method of correction of primary navigation parameters to ensure the landing of aircraft // i-methods. 2014. Vol. 6. No. 4. Pp. 5–8.