УДК 621.396.96

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ВОЗДУШНОГО СУДНА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ОПОРНЫХ ТОЧЕК

А.П.Слепченко[1]

Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации,
664047, г. Иркутск, ул. Коммунаров, 3.

Рассмотрен способ выполнения посадки на аэродром при взаимодействии воздушных судов и наземных пунктов, оборудованных синхронной системой обмена данными. Исследованы точностные характеристики определения координат воздушного судна при посадке, обосновано оптимальное размещение взаимодействующих объектов.
Ил.9. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: бортовые и наземные системы навигации и управления воздушным движением, средства обеспечения информацией систем навигации и УВД, системы управления и организации процессов навигации и УВД.

PRECISING OF AIRCRAFT COORDINATES DETERMINATION UNDER THE OPTIMIZATION OF POSITIONING OF LANDING NAVIGATION SUPPORT POINTS

A.P.Slepchenko

Irkutsk branch of Moscow state technical university of civil aviation
3 Kommunary St., Irkutsk, 664047

The author considers the method of landing on an aerodrome under the interaction of aircrafts and ground points equipped with the synchronous system of data exchange. He studies accuracy characteristics of determination of aircraft coordinates when landing. He proves optimal positioning of interacting objects.
9 figures. 4 sources.

Key words: board and land-based systems of navigation and control of air movement; information support for navigation systems and ATC transponder; systems to control and organize navigation processes and ATC transponder.

Посадка воздушного судна (ВС) на аэродром требует точного, надежного и непрерывного определения координат ВС относительно взлетно-посадочной полосы (ВПП), что обеспечивается применением инструментальных систем посадки. Однако большинство аэродромов, в частности, аэродромы местных воздушных линий, такими системами не оборудованы. Это ограничивает возможности их использования в сложных метеоусловиях, а также при высокой интенсивности воздушного движения. Решение указанной проблемы возможно путем оснащения аэродрома посадки посадочными навигационными опорными точками (НОТ), оборудованными терминалами синхронной системы обмена данными (ССОД) [1].

Исследования показывают, что комплексирование ССОД с автономными средствами навигации (системой счисления пути и барометрическим высотомером) позволяет решать задачу посадки с достаточно высоким качеством. При этом точность навигационного обеспечения в горизонтальной плоскости близка к системе посадки I категории. Однако точность определения высоты при этом является сравнительно низкой вследствие плохой наблюдаемости данной координаты при использовании только наземных НОТ.

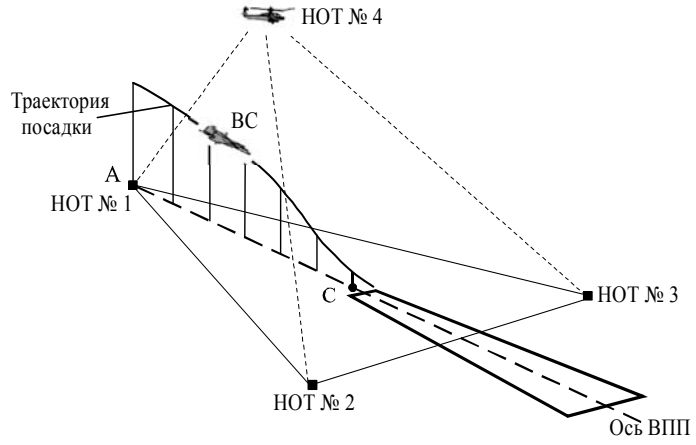


Рис. 1. Размещение НОТ относительно ВПП

[1]Слепченко Алексей Петрович, ведущий инженер кафедры авиационного радиоэлектронного оборудования, тел.: (3952)794543, e-mail: skripnikon@yandex.ru

Slepchenko Alexey Petrovich, a leading engineer of the Chair of Aviation Radio Electronic Equipment, tel.: (3952)794543, e-mail: skripnikon@yandex.ru

Для повышения точности оценки высоты при выполнении посадки предлагается использовать в качестве НОТ ВС, выполняющее полет в зоне аэродрома, с одновременным решением задачи нахождения его оптимального размещения.

Путем имитационного моделирования проведем исследование точности определения координат ВС при решении задачи посадки для ситуации, представленной на рис. 1.

ВС находится в створе ВПП на посадочной траектории. Посадка осуществляется по посадочным стационарным НОТ№1, № 2, № 3 и НОТ№ 4, функция которой возложена на маломаневренное ВС, оборудованное терминалом ССОД.

Размещение стационарных НОТ обеспечивает наилучшие (по критериям минимального геометрического фактора или максимальной «меры наблюдаемости») условия навигационного сеанса в фиксированной точке траектории (точка С – точка принятия решения) [2,3]. В точку А (НОТ №1) ВС выводится по завершении этапа предпосадочного маневрирования и захода на посадку. НОТ№ 4 находится в фиксированной точке над траекторией снижения ВС. На рис. 2, 3, 4 и 5 соответственно представлено изменение ошибок определения горизонтальной координаты *x*, высоты *z*, горизонтального геометрического фактора $K_{ГГ}$ и «меры наблюдаемости» *Г* при перемещении ВС по посадочной траектории.

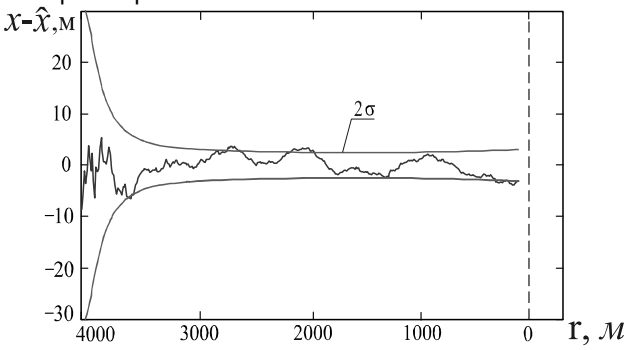


Рис. 2. Ошибка оценки координаты x

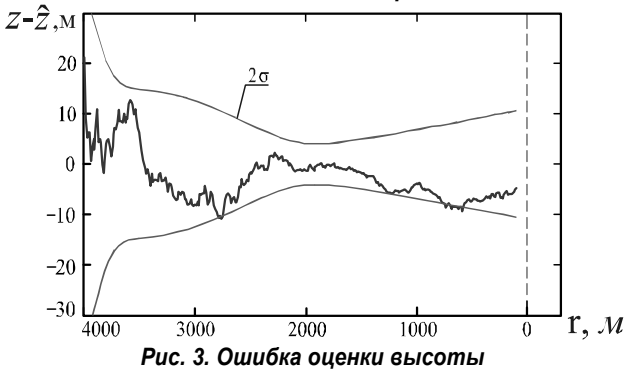


Рис. 3. Ошибка оценки высоты

Из анализа полученных результатов следует, что наблюдаемость координаты высоты увеличилась. Максимальная точность измерения высоты наблюдается, когда НОТ находится в зените относительно ВС. Однако точность определения высоты недостаточна для решения задачи категорированной посадки (среднеквадратическая погрешность определения высоты составляет около 5 м в точке касания ВПП).

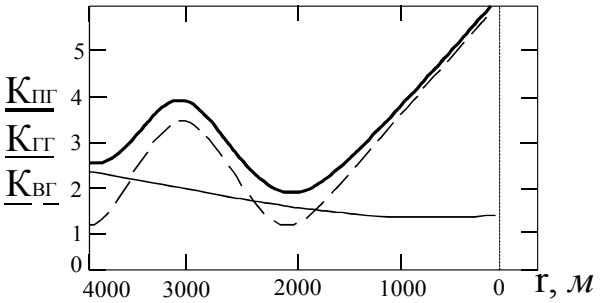


Рис. 4. Геометрический фактор

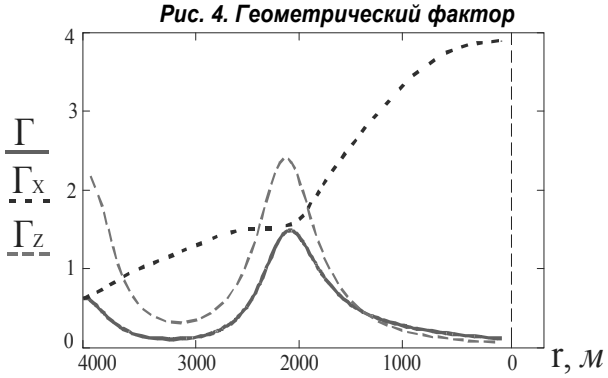


Рис. 5. Мера наблюдаемости

Рассмотрим случай, когда ВС НОТ № 4 совершает маневр на фиксированной высоте с оптимально изменяемой скоростью [4] по траектории, лежащей в плоскости снижения ВС, совершающего посадку. В начальный момент времени ВС-НОТ№ 4 расположена над точкой А. Исходные данные моделирования остались прежними.

На рис. 6 – 9 представлены результаты исследований, характеризующие соответственно ошибки определения высоты *z*, плановой координаты *x*, горизонтального геометрического фактора и «меры наблюдаемости» при перемещения ВС по задаваемой посадочной траектории.

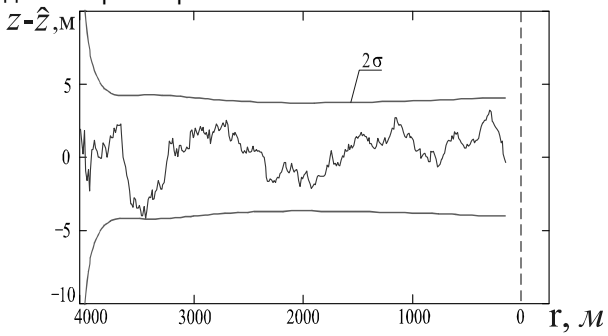


Рис. 6. Ошибка оценки высоты

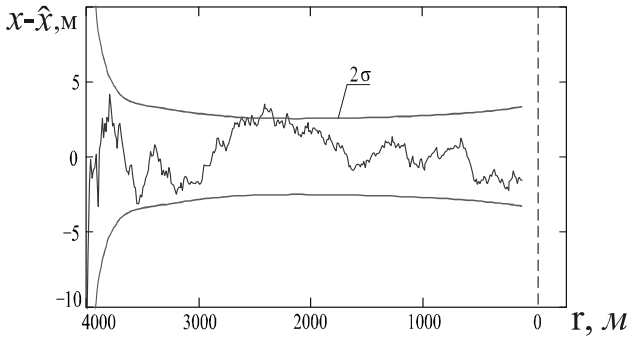


Рис. 7. Ошибка оценки координаты x

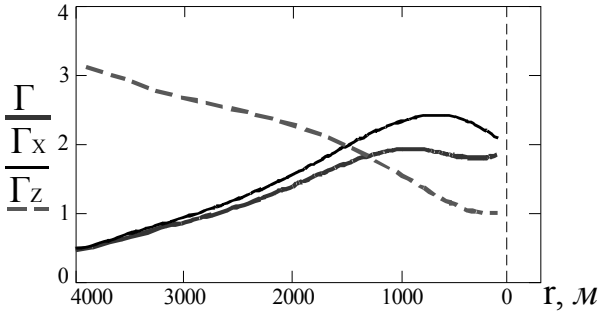


Рис. 8. Мера наблюдаемости

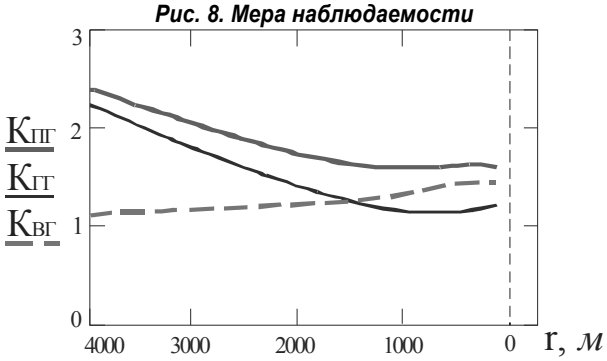


Рис. 9. Геометрический фактор

Из представленных результатов следует, что рассмотренный вариант применения системы ССОД (оптимальное перемещение ВС-НОТ№4) позволяет достичь наилучшей точности определения координат ВС относительно ВПП. Среднеквадратическая ошибка определения высоты в данном случае сопоставима с точностью определения плановых координат и составляет около 2,5 м. При этом наблюдаемость данной координаты и вертикальный геометрический фактор имеют хорошие показатели на протяжении всей траектории снижения ВС, вплоть до точки касания ВПП.

Библиографический список

1. Скрыпник О.Н., Ерохин В.В. Возможности использования воздушных судов как источников навигационной информации в локальном навигационно-временном поле // Научный вестник МГТУ ГА, серия Навигация и УВД. 2008. №136.
2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования/ под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова; изд. 3-е перераб. М.: Радиотехника, 2005.
3. Карапетян Р.М. Алгоритмы оценки качества и синтеза линейных систем управления. Рига, 1989.
4. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С. Оптимальное управление системами. М.: Радио и связь, 1982.

УДК 528.8.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ СЕТИ ДВУХЧАСТОТНЫХ GPS-ПРИЕМНИКОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ

К.В.Черкашин[1]
Иркутский государственный университет путей сообщения,
664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

Рассмотрены основные этапы обработки спутниковых данных формата RINEX. В качестве примера приведены результаты анализа сигналов навигационных ИСЗ во время подземного ядерного взрыва в Северной Корее 25 мая 2009 г. и сейсмических событий в Японии 13 июня 2008 г.
Ил.1. Библиогр. 5 назв.
Ключевые слова: Rinex; GPS; TEC; обработка больших массивов данных; автоматизация действий; ионосфера; диагностика.

APPLICATION OF DATA OF DOUBLE-FREQUENCY GPS-RECEIVER NETWORK FOR THE IONOSPHERE CONDITION DIAGNOSTICS

K.V.Cherkashin
Irkutsk State University of Railway Engineering
15 Chernyshevskii St., Irkutsk, 664074

The author considers the main stages of satellite data processing of RINEX format. As an example he presents the results of artificial Earth satellites navigation signal analysis during the underground nuclear explosion in the North Korea in May,25 2009 and seismic events in Japan in June,13 2008.
1 figure. 5 sources.
Key words: Rinex; GPS; TEC; processing of big data arrays; automation of operations; ionosphere; diagnostics.

Для анализа сигналов системы GPS необходимо прежде получить данные от какой-либо региональной или международной сети GPS-приемников. Данные суточных наблюдений GPS-приемников за всеми видимыми спутниками записываются с общепринятым интервалом 30 с в файлы стандартного формата RINEX [1], которые содержат измерения псевдодальности P1 и P2 на частотах f_1 и f_2, фазы сигналов L1, L2 и некоторые другие параметры.

Первичная обработка подразумевает извлечение (вычисление) необходимых параметров из исходных RINEX-файлов. Для этого используется программа

[1]Черкашин Константин Валерьевич, аспирант, тел.: 89027667711, e-mail: c33c@mail.ru
Cherkashin Konstantin Valerjevich, a postgraduate, tel.: 89027667711, e-mail: c33c@mail.ru