РОЛЬ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ В СОВРЕМЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСАХ САМОЛЕТОВ

Пирматов Н.Б., д.т.н., проф.

Ташкентский Государственный технический университет им. И.Каримова

Рискинбаев Ф.Ф., магистрант.

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Аннотация

В статье рассмотрены функциональные и технические характеристики современных спутниковых навигационных систем, а также приведены их достоинства и недостатки. Подробно рассмотрены характеристики системы ГЛОНАСС, выполнен сравнительный анализ двух спутниковых систем - GPS и ГЛОНАСС, приведены сведения по результатам внедрения данных систем на самолеты.

Ключевые слова: *Спутниковые системы, ГЛОНАСС, координаты местоположения, GPS, точность навигации, сигналы спутника, глобальная система.*

Спутниковые навигационные системы - это системы, позволяющие с высокой точностью определять пространственные координаты подвижных и неподвижных объектов на поверхности Земли и в околоземном пространстве, а также осуществлять точную координацию времени.

Спутниковые навигационные системы (СНС) обладают рядом преимуществ перед традиционными навигационными системами навигации:

- высокая точность определения координат;
- большая высота полета спутников позволяет создать глобальную, то есть охватывающую весь земной шар, зону действия при использовании достаточно простых антенных устройств, как на спутнике, так и на самолете;
- нахождение спутника в пределах прямой видимости в любой точке зоны действия его радиотехнических средств позволяет использовать наиболее помехоустойчивые диапазоны радиоволн и передавать сигналы с наименьшими искажениями;
- обеспечивается практически неограниченная пропускная способность СНС;
- обеспечивается относительная простота и дешевизна бортового оборудования СНС на самолете, обусловленная отсутствием передатчика и современными технологиями обработки сигналов;

Отмеченные достоинства СНС позволил решат ряда задач по обеспечению воздушного движения.

Наиболее важными из них являются:

- повышение уровня безопасности полетов;
- повышение точности навигации, особенно в районах со слаборазвитой структурой наземного оборудования навигационных систем и над водными пространствами;
- уменьшение интервалов эшелонирования самолетов и увеличение пропускной способности воздушного пространства;
- спрямление воздушных трасс.

Внедрение в практику гражданской авиации спутниковых навигационных систем явилось поистине революционным событием. В десятки и сотни раз повысилась точность определения координат, определить местоположение самолетов стало возможным в любой точке земного шара, появилась возможность использовать новые методы навигации.

Но роль СНС в мировой авиации гораздо больше, чем роль просто еще одного из видов навигационных систем, пусть даже и очень точного. СНС являются составной и очень важной частью разрабатываемой и внедряемой ICAO в глобальном масштабе системы связи, навигации, наблюдения и организации воздушного движения - CNS/ATM (Communication, Navigation and Surveillance /Air Traffic Management). По масштабу производимых изменений переход к системам CNS/ATM является самой крупной программой, которую когда-либо приходилось решать авиационному сообществу.

Буква N в аббревиатуре CNS/ATM означает навигацию, причем зональную навигацию, основанную на применении СНС. С точки зрения ICAO совершенствование навигации заключается в постепенном внедрении зональной навигации на основе комбинированного использования глобальной навигационной спутниковой системы, автономных инерциальных систем и обычных наземных навигационных средств.

Под глобальной навигационной спутниковой системой GNSS (Global Navigation Satellite System) понимается глобальная система определения местоположения и времени, включающая в себя одно или несколько созвездий спутников (сейчас это GPS и ГЛОНАСС, а в перспективе и Galileo), бортовые приемники и систему контроля целостности, а при необходимости и функциональные дополнения для выполнения требований к планируемым полетам.

CNSS обеспечит навигационное обслуживание во всех регионах земного шара, включая океанические районы, маршруты и районы аэродромов, и на всех этапах полета, включая заход на посадку вплоть до III категории. ICAO считает, что внедрение GNSS в принципе позволит государствам полностью или частично ликвидировать существующую систему наземных навигационных средств (радиомаяков, систем посадки). Правда, к отказу от традиционных средств ICAO призывает относиться осторожно.

Преимущества использования GNSS в рамках CNS/ATM обусловлены тем, что она обеспечивает:

- высокоцелостностное, высоконадежное, всепогодное навигационное обслуживание на глобальной основе;
- повышенную точность определения местоположения при четырехмерной навигации;
- возможную экономию средств за счет снятия с эксплуатации обычных наземных навигационных средств;
- более эффективное использование аэропортов и ВПП;
- обеспечение улучшенных возможностей захода на посадку;
- возможность сокращения нагрузки на пилота;
- возможность уменьшения воздействия на окружающую среду за счет выбора гибких маршрутов.

В настоящее время требования к качеству навигации предъявляются на основе концепции PBN (Performance Based Navigation - навигации, основанной на характеристиках). В рамках этой концепции рассматривается применение различных навигационных средств, но в качестве основного - именно СНС, поскольку только они способны обеспечить высокие требования к точности, предъявляемые на некоторых этапах полета.

Но роль СНС в системе CNS/ATM заключена не только в букве N, но и частично в букве S. В сочетании с системами передачи данных «воздух-земля» СНС позволяет осуществлять автоматическое зависимое наблюдение в любом районе воздушного пространства. Автоматическое зависимое наблюдение ADS (Automadic Dependent Surveilence) - это метод наблюдения, в соответствии с которым воздушные суда автоматически предоставляют по

линии передачи данных информацию, полученную от бортовых навигационных систем и систем определения местоположения, включая опознавательный индекс воздушного судна, данные о его местоположении в четырех измерениях и, при необходимости, другие данные. Это означает, что информация, полученная на борту самолета с помощью СНС, будет автоматически передаваться на землю. Таким образом, диспетчер непрерывно будет иметь информацию о точном местоположении каждого самолета.

Характеристика ГЛОНАСС

Основным разработчиком системы ГЛОНАСС в целом является НПО прикладной механики (г. Красноярск), а по спутникам - ПО «Полет» (г. Омск). В разработке ГЛОНАСС принимают участие и другие организации и предприятия. Информацию о текущем состоянии системы можно получить на сайте Информационно-аналитического центра Федерального космического агентства www.glonass- ianc.rsa.ru.

Центр управления системой ГЛОНАСС располагается под Краснознаменском (Московская область), а командные станции слежения - вблизи населенных пунктов Санкт-Петербург, Щелково (Московская обл.), Воркута, Енисейск, Улан-Удэ, Якутск, Комсомольск-на-Амуре, Петропавловск-Камчатский. Нестабильность центрального синхронизатора частоты 2-10-15.

Подсистема космических аппаратов системы ГЛОНАСС состоит из 24-х спутников, находящихся на практически круговых орбитах высотой 19100 км с наклонением 64,8° и периодом обращения 11 часов 15 минут. Более высокое наклонение, чем в Navstar GPS, улучшает условия приема сигналов со спутников в полярных районах планеты.

Спутники расположены в трех орбитальных плоскостях. Орбитальные плоскости разнесены по долготе на 120°. В каждой орбитальной плоскости размещаются по 8 спутников с равномерным шагом по аргументу широты 45°. Расположение спутников в каждой плоскости сдвинуто по отношению к соседней плоскости на 15° по аргументу широты. Такая конфигурация спутников позволяет обеспечить непрерывное и глобальное покрытие земной поверхности и околоземного пространства навигационным полем.

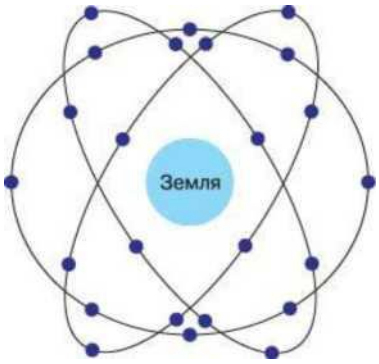

Рис. 1. Орбитальные плоскости ГЛОНАСС

Спутники первого поколения под названием «Глонасс» имели ограни-ченный срок службы. С 2004г. начат запуск спутников нового поколения «Глонасс-М», которые в настоящее время и составляют орбитальную группировку. Эти спутники имеют увеличенный срок службы. В их конструкции используются французские комплектующие, навигационный сигнал для пользователей передается в другими СНС (GPS,

двух диапазонах частот.

За счет этого существенно повысился точность навигационных определений. есть этих спутниках доступа с кодовым использовать сигналы множественного разделением, что сделал спутника совместимым с Galileo, Compass).

Таблица № 1

Характеристики спутников ГЛОНАСС

Спутник	Глонасс	Глонасс-М	Глонасс-К
Вес на орбите, кг	1415	1415	850
Мощность, Вт	1000	1400	нет данных
Срок службы, лет	3	7	10

Спутник представляет собой цилиндрический термоконтейнер с солнечными батареями. В его состав входят навигационный передатчик, хронизатор (часы), управляющий комплекс, средства заправки и обеспечения параметров среды, системы стабилизации, ориентации, коррекции, электропитания, терморегулирования.

Рис. 2. Спутник «Глонасс М»

В отличие от Navstar GPS, в ГЛОНАСС спутники работают на разных частотах. Рассмотрим структуру сигналов, передаваемых спутниками «Глонасс-М».

Каждый спутник передает навигационные радиосигналы на собственных частотах в двух частотных поддиапазонах, обозначаемых L1 и L2.

Частоты излучения каждого спутника могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$f1$ = (1602+ k 562,5) МГц - для поддиапазона L1,

$f2$ = (1246+ k 437,5) МГц - для поддиапазона L2.

Каждому спутнику назначен свой номер частоты k. В настоящее время для вновь запускаемых спутников назначаются частоты, соответствующие k в пределах от -7 до +6. Правда, спутники, находящиеся в диаметрально противоположных концах одной и той же орбиты, могут излучать на одной и той же частоте. Ведь они «не мешают» друг другу, поскольку наблюдатель на земле может принимать сигналы только от одного из них.

В каждом поддиапазоне спутники излучают сигналы двух типов: высокой точности и стандартной точности.

Сигналы высокой точности могут использоваться только специальными потребителями по разрешению министерства обороны Российской Федерации.

Сигнал стандартной точности состоит из:

- псевдослучайного дальномерного двоичного кода;
- навигационного сообщения;
- вспомогательного меандрового колебания.

Вообще, слово «меандр» происходит от названия реки и означает вид геометрического орнамента, а меандровое колебание представляет собой бесконечное периодическое колебание прямоугольной (а не синусоидальной) формы, в котором длительность импульсов и пауз между ними одинакова.

Таблица № 2

Основные характеристики GPS и ГЛОНАСС

Параметры	GPS	ГЛОНАСС
Штатное количество спутников	24	24
Количество орбитных плоскостей	6	3
Высота орбит, км	20200	19100
Период обращения, час.мин	11.56	11.15
Наклонение орбит, град	55	64,8
Несущие частоты (L1) МГц	1575,42	1602
(L2) МГц	1227,60	1246
Разделение сигналов	кодовое	частотное
Источник питания	солнечная батарея и аккумулятор	
Зона действия	глобальная	
Число одновременных пользователей	не ограничено	
Используемая система координат	WGS-84	ПЗ-90.02

Дальномерный код является псевдослучайной двоичной последовательностью, которая, в отличие от GPS, является одинаковой для всех спутников.

Она формируется с помощью 9-значного регистра сдвига (выходом является значение в 7 ячейке регистра). Данная последовательность имеет дину 511 бит («импульсов» и пауз между ними) и повторяется каждую миллисекунду. Это означает, что код передается со скоростью 511 Кбит/с.

В ближайшей перспективе будут одновременно работать три глобальных навигационных спутниковых системы: GPS, ГЛОНАСС и GALILEO.

Учитывая высокую точность счисления информации, местоположения и навигации самолетов применение спутниковых навигационных систем в современных самолетах происходит все активнее. В настоящее время в практической деятельности гражданской авиации используются только GPS и ГЛОНАСС.

Литература

1. Спутниковая радионавигация. ОНЧ-радионавигационные системы. http\\www.krugosvet.ru.articles
2. В.В. Карасев «Современные спутниковые радионавигационные системы», учебное пособие.- Владивосток: ДГТРУ, 2014г.
3. Электронный журнал. Инженерное образование. № 10, 2017г. http\\www.techno.edu.ru
4. www.civilavia.info/documents
5. www.aireo.ucoz.ru
6. www.aviation.ru
7. www.avionics.com