

## Современные системы спутниковой навигации

образовательный курс, номер 3477  
по специальности Судовождение  
Ангелина Сергеевна

# Современные системы спутниковой навигации

обучающегося 3 курса, шифр 3477

по специальности Судовождение

Агеева Ивана Сергеевича

# Современные системы спутниковой навигации

обучающегося 3 курса, шифр 3477

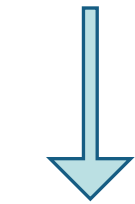
по специальности Судовождение

Агеева Ивана Сергеевича

Космические  
системы



разделяю  
тся на два  
типа



GPS (США).



LORAN



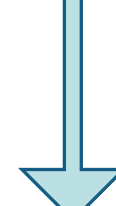
«Чайка»



NAVSAT



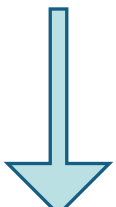
Циклон



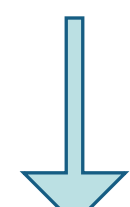
Compass



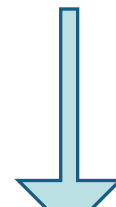
ГЛОНАС  
С (Россия  
)



Бэйдоу



IRNSS.



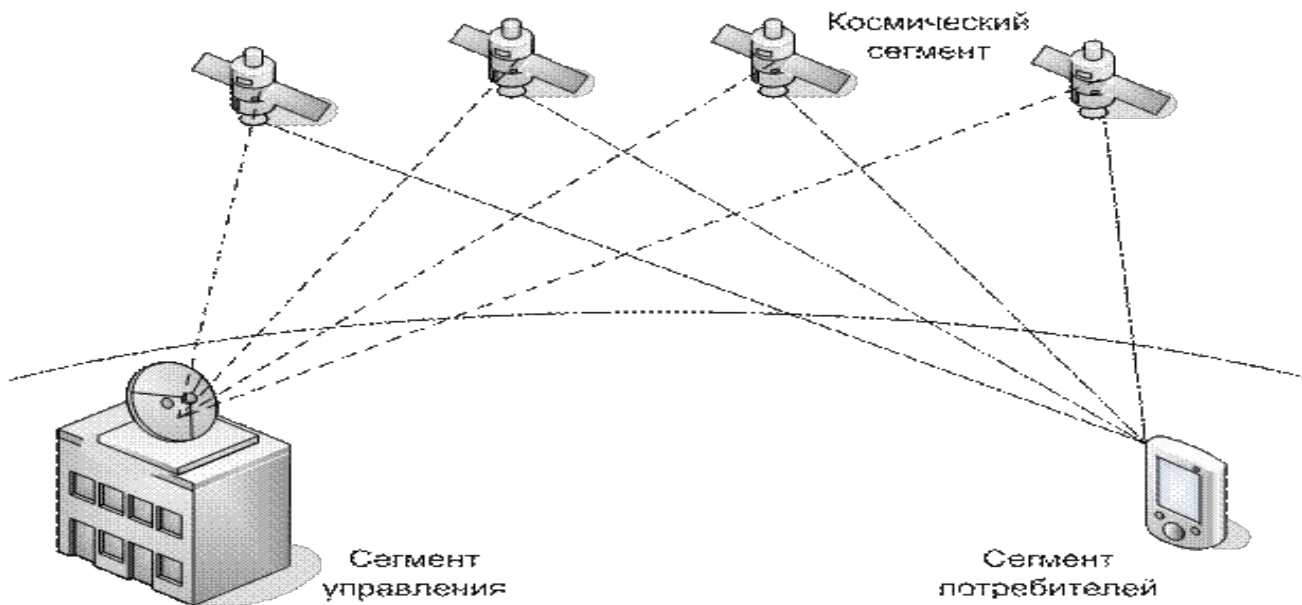
Galileo

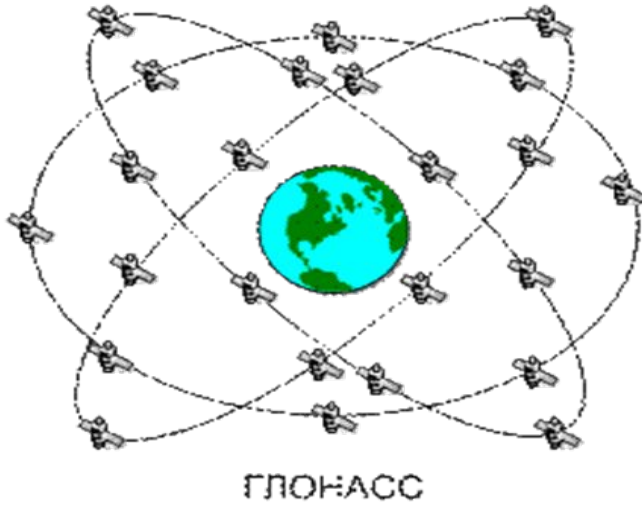
## Спутниковые навигационные системы включают в себя три составные части

космический сегмент, в который входит орбитальная группировка искусственных спутников Земли (иными словами, навигационных космических аппаратов);

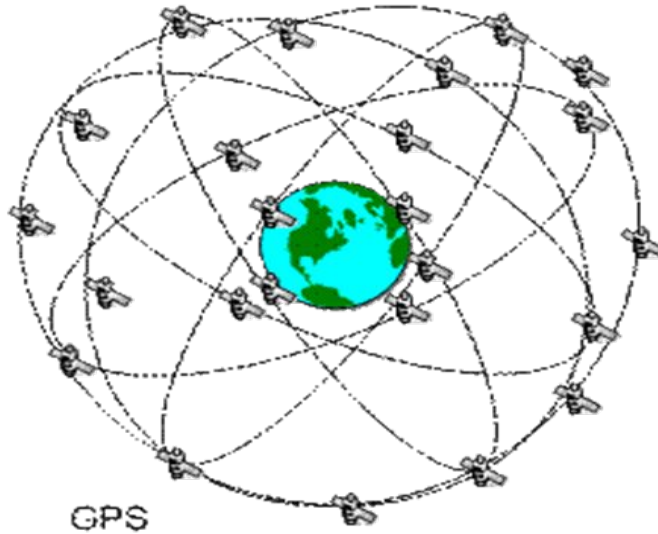
сегмент управления, наземный комплекс управления (НКУ) орбитальной группировкой космических аппаратов;

аппаратура пользователей системы.





Космический сегмент системы ГЛОНАСС состоит из 24 навигационных космических аппаратов (НКА), находящихся на круговых орбитах высотой 19100 км, наклонением  $64,5^\circ$  и периодом обращения 11 ч 15 мин в трех орбитальных плоскостях (рис. 6.11). В каждой орбитальной плоскости размещаются по 8 спутников с равномерным сдвигом по широте  $45^\circ$ .



Космический сегмент навигационной системы GPS состоит из 24 основных НКА и 3 резервных. НКА находятся на шести круговых орбитах высотой около 20000 км, наклонением  $55^\circ$ , равномерно разнесенных по долготе через  $60^\circ$ .

## Сегмент наземного комплекса управления системы ГЛОНАСС выполняет следующие функции:

эфемеридное и частотно-временное обеспечение;

мониторинг радионавигационного поля;

радиотелеметрический мониторинг НКА;

командное и программное радиоуправление НКА.

Для синхронизации шкал времени различных спутников с необходимой точностью на борту НКА используются цезиевые стандарты частоты с относительной нестабильностью порядка  $10^{-13}$  с. На наземном комплексе управления используется водородный стандарт с относительной нестабильностью  $10^{-14}$  с. Кроме того, в состав НКУ входят средства коррекции шкал времени спутников относительно эталонной шкалы с погрешность 3–5 нс.

Наземный сегмент обеспечивает эфемеридное обеспечение спутников. Это означает, что на земле определяются параметры движения спутников и прогнозируются значения этих параметров на заранее определённый промежуток времени. Параметры и их прогноз закладываются в [навигационное сообщение](#), передаваемое спутником наряду с передачей навигационного сигнала. Сюда же входят частотно-временные поправки бортовой шкалы времени спутника относительно системного времени. Измерение и прогноз параметров движения НКА производится в Баллистическом центре системы по результатам траекторных измерений дальности до спутника и его радиальной скорости.

В системе EUROFIX предусмотрена возможность передавать дифференциальные поправки СРНС **НАВСТАР** и информацию о целостности посредством модуляции навигационного сигнала **ЛОРАН-С**. Создание такой системы позволяет улучшить возможность калибровки РНС ЛОРАН-С с помощью дифференциальной подсистемы НАВСТАР.

При непрерывной калибровке РНС ЛОРАН-С (пока космические аппараты находятся в поле зрения потребителя) посредством дифференциальной подсистемы СРНС осуществляется повышение точности определения места по наземным РНС.

Результаты экспериментальных исследований, проведенных в Норвегии, показали, что погрешность определений места по РНС ЛОРАН-С в этом случае составляет менее 5 м ( $P = 0,95$ ) в течение 2-х часов после калибровки с помощью DGPS и менее чем 25 метров в течение 24 часов.

Спутники ГЛОНАСС расположены на трех средневысоких орбитах (высота 19100 км) и имеют период обращения 11 часов 15 минут. Плоскости орбит расположены через  $120^\circ$  и наклонены к экватору под углом  $64.8^\circ$ . На каждой орбите располагается 8 спутников.

Каждый спутник излучает информацию о своей точной позиции и информацию о позициях других спутников. Излучение навигационных сигналов спутниками ГЛОНАСС производится на двух несущих частотах: F1 и F2. Режим излучения - непрерывный с псевдошумовой модуляцией. В отличие от GPS, каждый спутник ГЛОНАСС имеет свои значения F1 и F2. Значения частот F1 всех спутников ГЛОНАСС лежат в диапазоне 1602.6-1615.5 МГц и отличаются для разных спутников на величину, кратную 0.5625 МГц. Соответственно значения частот F2 находятся в диапазоне 1246.4-1256.5 МГц и отличаются для разных спутников на величину, кратную 0.4375 МГц.

Навигационные сигналы представляют собой P-код, излучаемый на частотах F1, F2, и C/A-код, излучаемый только на частоте F1. В отличие от GPS, где коды P и C/A для разных спутников разные, в ГЛОНАСС они одинаковы для всех спутников. Таким образом, в отличие от применяемого в GPS кодового метода в ГЛОНАСС реализован *частотный метод различения навигационных сигналов* спутников.

Аппаратура пользователей включает оборудование, необходимое для сопровождения спутников, определения позиции, скорости и времени по данным орбит спутников и измерениям навигационных параметров. Для приема навигационных сигналов имеется 24 частотных канала. В среднем точность определения положения с помощью специальной бортовой аппаратуры ГЛОНАСС составляет 8 метров. Если GPS имеет наилучшую точность в средних широтах, то ГЛОНАСС - в высоких.

ГЛОНАСС дает место в геодезической системе ПЗ90. Разность между положением объекта в ПЗ90 и WGS84 не превышает 15 м, в среднем она составляет 5 м. В настоящее время уточняются для разных районов Земли точные значения поправок для перехода от системы ПЗ90 к WGS84.

Система ГЛОНАСС может использоваться совместно с GPS (GPS and GLONASS Global Navigation Satellite System - GNSS). Это позволяет по сравнению с GPS повысить точность и надежность определений за счет увеличения числа наблюдаемых спутников, улучшения геометрии их расположения в высоких широтах, использования обоих кодов ГЛОНАСС в аппаратуре для массового потребителя, что дает возможность более точно учесть в GPS ионосферную погрешность.



**Спутниковая навигационная система Министерства Обороны США GPS**, называемая также NAVSTAR (Navigation System using Timing and Ranging), состоит из 24 навигационных искусственных спутников Земли (НИСЗ), наземного командно-измерительного комплекса и аппаратуры потребителей. Она является глобальной, всепогодной, навигационной системой, обеспечивающей определение координат объектов с высокой точностью в трехмерном околоземном пространстве.

Спутники GPS расположены на шести средневысоких орбитах (высота 20183 км) и имеют период обращения 12 часов. Плоскости орбит расположены через  $60^\circ$  и наклонены к экватору под углом  $55^\circ$ . На каждой орбите располагается 4 спутника, три основных спутника и один запасной. 18 спутников - это минимальное количество для обеспечения видимости в каждой точке Земли не менее 4-х спутников. Система предназначена для обеспечения навигации воздушных и морских судов и определения времени с высокой точностью. Она может применяться в режиме двухмерной навигации - 2D (определение навигационных параметров объектов на поверхности Земли) и в трехмерном режиме - 3D (измерение навигационных параметров объектов над поверхностью Земли). Для нахождения положения объекта в трехмерном режиме требуется измерить навигационные параметры не менее 4-х НИСЗ, а при двухмерной навигации - не менее 3-х НИСЗ.

В системе используется псевдодальномерный метод определения положения и псевдорadiально-скоростной метод нахождения скорости объекта. Для повышения точности результаты определений сглаживаются с помощью фильтра Калмана.

Система **Galileo** включает 30 спутников и наземные сегменты. Изначально Китай, наравне с другими 28 государствами присоединился к программе GALILEO. Россия вела переговоры по взаимодействию российской системы навигации с европейской GALILEO. Кроме европейских государств к программе GALILEO присоединились Аргентина, Малайзия, Австралия, Япония и Мексика. Планируется, что GALILEO будет передавать десять видов сигналов для предоставления следующих видов услуг: определение местоположения с точностью от 1 до 9 метров, обеспечение информацией служб спасения всех видов транспорта, предоставление услуг государственным службам, скорой помощи, пожарным, полиции, военным специалистам и службам, обеспечивающим жизнедеятельности населения. Еще одна немаловажная деталь - программа GALILEO обеспечит создание около 150 тыс. рабочих мест.

В 2006 году Индия также приняла решение о создании собственной навигационной системы **IRNSS**. Бюджет программы около 15 млрд. рупий. На геосинхронные орбиты планируется вывести семь спутников. Работы по развертыванию индийской системы ведет государственная компания ISRO. Все аппаратные средства системы будут разрабатываться только индийскими компаниями.

«**Бэйдоу**» эффективно применяется при подготовке прогнозов погоды, предупреждении стихийных бедствий, в области транспорта наземного, воздушного и морского, а также геологоразведке.

Излучение навигационных сигналов спутниками GPS производится на двух частотах:  $F_1=1575,42$  и  $F_2=1227,60$  МГц. Режим излучения -непрерывный с псевдошумовой модуляцией. Навигационные сигналы представляют собой защищенный P-код (precision code), излучаемый на частотах  $F_1$ ,  $F_2$ , и общедоступный C/A-код (coarse and acquisition code), излучаемый только на частоте  $F_1$ .

В GPS для каждого спутника определен свой уникальный C/A-код и уникальный P-код. Такой вид разделения сигналов спутников называется *кодовым*. Он позволяет в приемнике распознавать, какому спутнику принадлежит сигнал, когда несущая частота сигналов всех спутников одинакова.

GPS предоставляет два уровня обслуживания потребителей; точные определения (PPS - Precise Positioning Service) и стандартные определения (SPS - Standard Positioning Service). PPS основывается на точном P-коде, а SPS - на общедоступном C/A-коде. Уровень обслуживания PPS предоставляется военным и федеральным службам США, а SPS - массовому гражданскому потребителю.

Кроме кодов P и C/A спутник регулярно передает сообщение, которое содержит информацию о состоянии спутника, его эфемеридах, системном времени, прогнозе ионосферной задержки, показателях работоспособности.

Бортовая аппаратура GPS состоит из антенны и приемоиндикатора (ПИ). ПИ включает в себя приемник, вычислитель, блоки памяти, устройства управления и индикации. В блоках памяти хранятся необходимые данные, программы решения задач и Управления работой приемоиндикатора. В зависимости от назначения используется два вида бортовой аппаратуры: специальная и для массового потребителя.

*Специальная аппаратура* предназначена для определения кинематических параметров ракет, военных самолетов, кораблей и специальных судов. При нахождении параметров объектов в ней используются P и C/A коды. Эта аппаратура обеспечивает практически непрерывные определения с точностью: местоположения объекта - 5-7 м, скорости - 0.05-0.15 м/с, времени - 5-15 нс.

**Галилео** — совместный проект Европейского союза и Европейского космического агентства, анонсированный в 2002 году. Изначально рассчитывали, что уже в 2010 году в рамках этой системы на средней околоземной орбите будут работать 30 спутников. Но этот план не был реализован. Сейчас предположительной датой начала эксплуатации Galileo считается 2014 год. Однако ожидается, что полнофункциональное использование системы начнется не ранее 2020 года.

В 1976 году СССР запустила аналогичную военную навигационную систему «**Циклон**», а через три года – еще и гражданскую под названием «**Цикада**». Большим недостатком ранних систем спутниковой навигации было то, что пользоваться ими можно было лишь короткое время на протяжении часа. Низкоорбитальные спутники, да еще и в малом количестве, были не способны обеспечить широкое покрытие сигнала.

Все системы являются системами двойного назначения – они могут передавать два вида сигналов: для гражданских объектов и повышенной точности для военных потребителей. Основной принцип работы навигационной системы – полная автономность: система не принимает никаких сигналов от пользователей (беззапросная) и имеет высокую степень помехозащищенности и надежности.

**Compass**-Это следующая ступень развития китайской региональной навигационной системы Beidou, которая была введена в эксплуатацию после запуска 10 спутников в конце 2011 года. Сейчас она обеспечивает покрытие в границах Азии и Тихоокеанского региона, но, как ожидается, к 2020 году система станет глобальной.

Во время Второй мировой войны у флотилий США и Великобритании появился весомый козырь – навигационная система **LORAN**, использующая радиомаяки. По окончании боевых действий технологию в свое распоряжение получили гражданские суда «про-западных» стран. Спустя десятилетие СССР ввела в эксплуатацию свой ответ – навигационная система «**Чайка**», основанная на радиомаяках

На смену наземным радиомаякам пришли спутниковые навигационные системы для военных целей, первая из которых – американская **Transit** (другое название **NAVSAT**) – была запущена в 1964 году. Шесть низкоорбитальных спутников обеспечивали точность определения координат до двух сотен метров

<https://portnews.ru/comments/2422/>

[https://studopedia.ru/8\\_53115\\_kratkaya-harakteristika-sistemi-glonass.html](https://studopedia.ru/8_53115_kratkaya-harakteristika-sistemi-glonass.html)

<https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/gps.php>

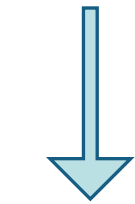
<http://seaman-sea.ru/plavanie/687-radionavigatsionnye-sistemy-dlya-opredeleniya-mesta-sudna.html>

<https://topwar.ru/19529-navigacionnye-sputnikovye-sistemy-mira.html>

Космические  
системы



разделяю  
тся на два  
типа



GPS (США).



LORAN



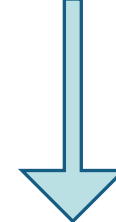
«Чайка»



NAVSAT



Циклон



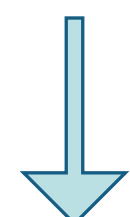
Compass



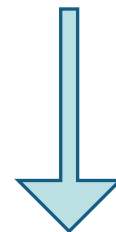
ГЛОНАС  
С (Россия  
)



Бэйдоу



IRNSS.



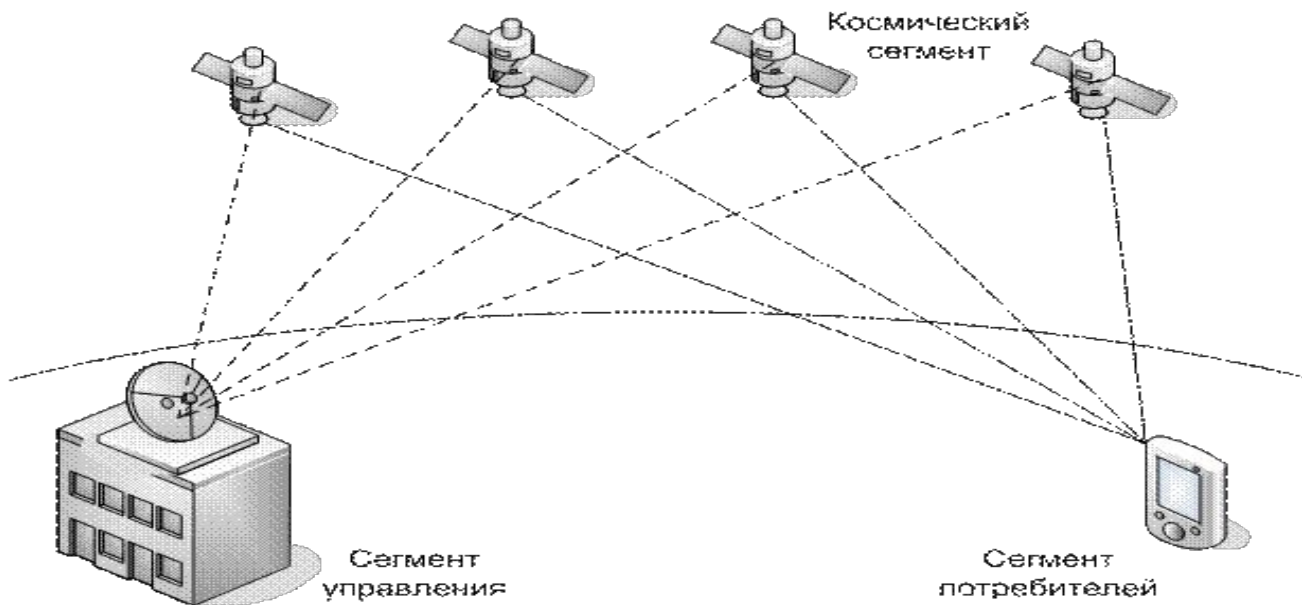
Galileo

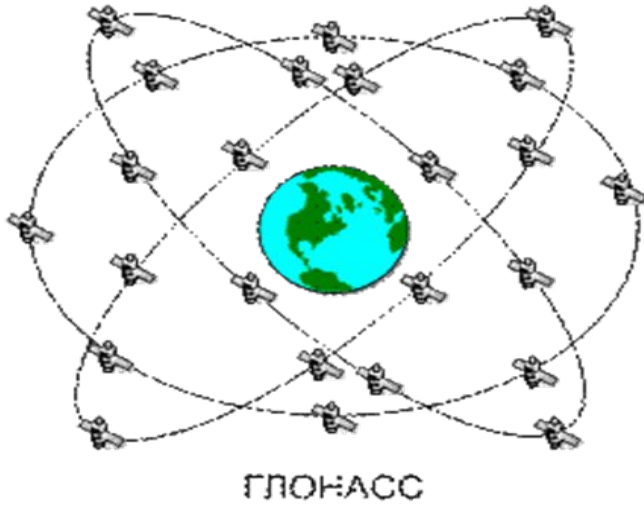
## Спутниковые навигационные системы включают в себя три составные части

космический сегмент, в который входит орбитальная группировка искусственных спутников Земли (иными словами, навигационных космических аппаратов);

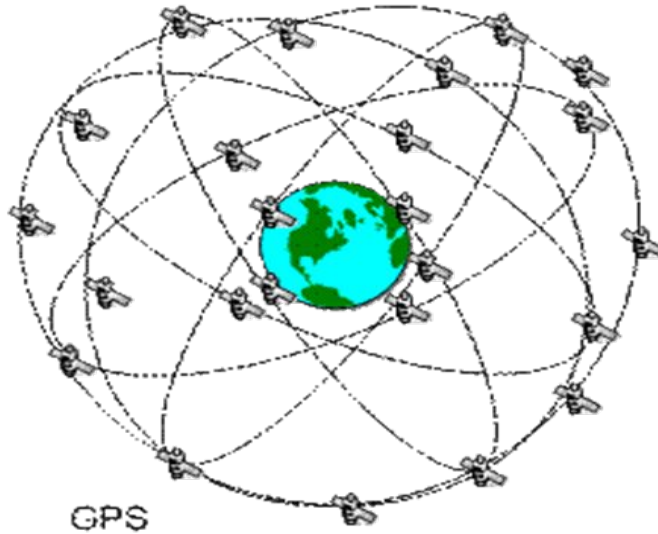
сегмент управления, наземный комплекс управления (НКУ) орбитальной группировкой космических аппаратов;

аппаратура пользователей системы.





Космический сегмент системы ГЛОНАСС состоит из 24 навигационных космических аппаратов (НКА), находящихся на круговых орбитах высотой 19100 км, наклонением  $64,5^\circ$  и периодом обращения 11 ч 15 мин в трех орбитальных плоскостях (рис. 6.11). В каждой орбитальной плоскости размещаются по 8 спутников с равномерным сдвигом по широте  $45^\circ$ .



Космический сегмент навигационной системы GPS состоит из 24 основных НКА и 3 резервных. НКА находятся на шести круговых орбитах высотой около 20000 км, наклонением  $55^\circ$ , равномерно разнесенных по долготе через  $60^\circ$ .

## Сегмент наземного комплекса управления системы ГЛОНАСС выполняет следующие функции:

эфемеридное и частотно-временное обеспечение;

мониторинг радионавигационного поля;

радиотелеметрический мониторинг НКА;

командное и программное радиоуправление НКА.

Для синхронизации шкал времени различных спутников с необходимой точностью на борту НКА используются цезиевые стандарты частоты с относительной нестабильностью порядка  $10^{-13}$  с. На наземном комплексе управления используется водородный стандарт с относительной нестабильностью  $10^{-14}$  с. Кроме того, в состав НКУ входят средства коррекции шкал времени спутников относительно эталонной шкалы с погрешность 3–5 нс.

Наземный сегмент обеспечивает эфемеридное обеспечение спутников. Это означает, что на земле определяются параметры движения спутников и прогнозируются значения этих параметров на заранее определённый промежуток времени. Параметры и их прогноз закладываются в [навигационное сообщение](#), передаваемое спутником наряду с передачей навигационного сигнала. Сюда же входят частотно-временные поправки бортовой шкалы времени спутника относительно системного времени. Измерение и прогноз параметров движения НКА производится в Баллистическом центре системы по результатам траекторных измерений дальности до спутника и его радиальной скорости.

В системе EUROFIX предусмотрена возможность передавать дифференциальные поправки СРНС **НАВСТАР** и информацию о целостности посредством модуляции навигационного сигнала **ЛОРАН-С**. Создание такой системы позволяет улучшить возможность калибровки РНС ЛОРАН-С с помощью дифференциальной подсистемы НАВСТАР.

При непрерывной калибровке РНС ЛОРАН-С (пока космические аппараты находятся в поле зрения потребителя) посредством дифференциальной подсистемы СРНС осуществляется повышение точности определения места по наземным РНС.

Результаты экспериментальных исследований, проведенных в Норвегии, показали, что погрешность определений места по РНС ЛОРАН-С в этом случае составляет менее 5 м ( $P = 0,95$ ) в течение 2-х часов после калибровки с помощью DGPS и менее чем 25 метров в течение 24 часов.



Спутники ГЛОНАСС расположены на трех средневысоких орбитах (высота 19100 км) и имеют период обращения 11 часов 15 минут. Плоскости орбит расположены через  $120^\circ$  и наклонены к экватору под углом  $64.8^\circ$ . На каждой орбите располагается 8 спутников.

Каждый спутник излучает информацию о своей точной позиции и информацию о позициях других спутников. Излучение навигационных сигналов спутниками ГЛОНАСС производится на двух несущих частотах: F1 и F2. Режим излучения - непрерывный с псевдошумовой модуляцией. В отличие от GPS, каждый спутник ГЛОНАСС имеет свои значения F1 и F2. Значения частот F1 всех спутников ГЛОНАСС лежат в диапазоне 1602.6-1615.5 МГц и отличаются для разных спутников на величину, кратную 0.5625 МГц. Соответственно значения частот F2 находятся в диапазоне 1246.4-1256.5 МГц и отличаются для разных спутников на величину, кратную 0.4375 МГц.

Навигационные сигналы представляют собой P-код, излучаемый на частотах F1, F2, и C/A-код, излучаемый только на частоте F1. В отличие от GPS, где коды P и C/A для разных спутников разные, в ГЛОНАСС они одинаковы для всех спутников. Таким образом, в отличие от применяемого в GPS кодового метода в ГЛОНАСС реализован *частотный метод различения навигационных сигналов* спутников.

Аппаратура пользователей включает оборудование, необходимое для сопровождения спутников, определения позиции, скорости и времени по данным орбит спутников и измерениям навигационных параметров. Для приема навигационных сигналов имеется 24 частотных канала. В среднем точность определения положения с помощью специальной бортовой аппаратуры ГЛОНАСС составляет 8 метров. Если GPS имеет наилучшую точность в средних широтах, то ГЛОНАСС - в высоких.

ГЛОНАСС дает место в геодезической системе ПЗ90. Разность между положением объекта в ПЗ90 и WGS84 не превышает 15 м, в среднем она составляет 5 м. В настоящее время уточняются для разных районов Земли точные значения поправок для перехода от системы ПЗ90 к WGS84.

Система ГЛОНАСС может использоваться совместно с GPS (GPS and GLONASS Global Navigation Satellite System - GNSS). Это позволяет по сравнению с GPS повысить точность и надежность определений за счет увеличения числа наблюдаемых спутников, улучшения геометрии их расположения в высоких широтах, использования обоих кодов ГЛОНАСС в аппаратуре для массового потребителя, что дает возможность более точно учесть в GPS ионосферную погрешность.

**Спутниковая навигационная система Министерства Обороны США GPS**, называемая также NAVSTAR (Navigation System using Timing and Ranging), состоит из 24 навигационных искусственных спутников Земли (НИСЗ), наземного командно-измерительного комплекса и аппаратуры потребителей. Она является глобальной, всепогодной, навигационной системой, обеспечивающей определение координат объектов с высокой точностью в трехмерном околоземном пространстве.

Спутники GPS расположены на шести средневысоких орбитах (высота 20183 км) и имеют период обращения 12 часов. Плоскости орбит расположены через  $60^\circ$  и наклонены к экватору под углом  $55^\circ$ . На каждой орбите располагается 4 спутника, три основных спутника и один запасной. 18 спутников - это минимальное количество для обеспечения видимости в каждой точке Земли не менее 4-х спутников. Система предназначена для обеспечения навигации воздушных и морских судов и определения времени с высокой точностью. Она может применяться в режиме двухмерной навигации - 2D (определение навигационных параметров объектов на поверхности Земли) и в трехмерном режиме - 3D (измерение навигационных параметров объектов над поверхностью Земли). Для нахождения положения объекта в трехмерном режиме требуется измерить навигационные параметры не менее 4-х НИСЗ, а при двухмерной навигации - не менее 3-х НИСЗ.

В системе используется псевдодальномерный метод определения положения и псевдорadiально-скоростной метод нахождения скорости объекта. Для повышения точности результаты определений сглаживаются с помощью фильтра Калмана.

Система **Galileo** включает 30 спутников и наземные сегменты. Изначально Китай, наравне с другими 28 государствами присоединился к программе GALILEO. Россия вела переговоры по взаимодействию российской системы навигации с европейской GALILEO. Кроме европейских государств к программе GALILEO присоединились Аргентина, Малайзия, Австралия, Япония и Мексика. Планируется, что GALILEO будет передавать десять видов сигналов для предоставления следующих видов услуг: определение местоположения с точностью от 1 до 9 метров, обеспечение информацией служб спасения всех видов транспорта, предоставление услуг государственным службам, скорой помощи, пожарным, полиции, военным специалистам и службам, обеспечивающим жизнедеятельности населения. Еще одна немаловажная деталь - программа GALILEO обеспечит создание около 150 тыс. рабочих мест.

В 2006 году Индия также приняла решение о создании собственной навигационной системы **IRNSS**. Бюджет программы около 15 млрд. рупий. На геосинхронные орбиты планируется вывести семь спутников. Работы по развертыванию индийской системы ведет государственная компания ISRO. Все аппаратные средства системы будут разрабатываться только индийскими компаниями.

«**Бэйдоу**» эффективно применяется при подготовке прогнозов погоды, предупреждении стихийных бедствий, в области транспорта наземного, воздушного и морского, а также геологоразведке.

Излучение навигационных сигналов спутниками GPS производится на двух частотах:  $F_1=1575,42$  и  $F_2=1227,60$  МГц. Режим излучения -непрерывный с псевдошумовой модуляцией. Навигационные сигналы представляют собой защищенный P-код (precision code), излучаемый на частотах  $F_1$ ,  $F_2$ , и общедоступный C/A-код (coarse and acquisition code), излучаемый только на частоте  $F_1$ .

В GPS для каждого спутника определен свой уникальный C/A-код и уникальный P-код. Такой вид разделения сигналов спутников называется *кодовым*. Он позволяет в приемнике распознавать, какому спутнику принадлежит сигнал, когда несущая частота сигналов всех спутников одинакова.

GPS предоставляет два уровня обслуживания потребителей; точные определения (PPS - Precise Positioning Service) и стандартные определения (SPS - Standard Positioning Service). PPS основывается на точном P-коде, а SPS - на общедоступном C/A-коде. Уровень обслуживания PPS предоставляется военным и федеральным службам США, а SPS - массовому гражданскому потребителю.

Кроме кодов P и C/A спутник регулярно передает сообщение, которое содержит информацию о состоянии спутника, его эфемеридах, системном времени, прогнозе ионосферной задержки, показателях работоспособности.

Бортовая аппаратура GPS состоит из антенны и приемоиндикатора (ПИ). ПИ включает в себя приемник, вычислитель, блоки памяти, устройства управления и индикации. В блоках памяти хранятся необходимые данные, программы решения задач и Управления работой приемоиндикатора. В зависимости от назначения используется два вида бортовой аппаратуры: специальная и для массового потребителя.

*Специальная аппаратура* предназначена для определения кинематических параметров ракет, военных самолетов, кораблей и специальных судов. При нахождении параметров объектов в ней используются P и C/A коды. Эта аппаратура обеспечивает практически непрерывные определения с точностью: местоположения объекта - 5-7 м, скорости - 0.05-0.15 м/с, времени - 5-15 нс.

**Галилео** — совместный проект Европейского союза и Европейского космического агентства, анонсированный в 2002 году. Изначально рассчитывали, что уже в 2010 году в рамках этой системы на средней околоземной орбите будут работать 30 спутников. Но этот план не был реализован. Сейчас предположительной датой начала эксплуатации Galileo считается 2014 год. Однако ожидается, что полнофункциональное использование системы начнется не ранее 2020 года.

В 1976 году СССР запустила аналогичную военную навигационную систему «**Циклон**», а через три года – еще и гражданскую под названием «**Цикада**». Большим недостатком ранних систем спутниковой навигации было то, что пользоваться ими можно было лишь короткое время на протяжении часа. Низкоорбитальные спутники, да еще и в малом количестве, были не способны обеспечить широкое покрытие сигнала.

Все системы являются системами двойного назначения – они могут передавать два вида сигналов: для гражданских объектов и повышенной точности для военных потребителей. Основной принцип работы навигационной системы – полная автономность: система не принимает никаких сигналов от пользователей (беззапросная) и имеет высокую степень помехозащищенности и надежности.

**Compass**-Это следующая ступень развития китайской региональной навигационной системы Beidou, которая была введена в эксплуатацию после запуска 10 спутников в конце 2011 года. Сейчас она обеспечивает покрытие в границах Азии и Тихоокеанского региона, но, как ожидается, к 2020 году система станет глобальной.

Во время Второй мировой войны у флотилий США и Великобритании появился весомый козырь – навигационная система **LORAN**, использующая радиомаяки. По окончании боевых действий технологию в свое распоряжение получили гражданские суда «про-западных» стран. Спустя десятилетие СССР ввела в эксплуатацию свой ответ – навигационная система «**Чайка**», основанная на радиомаяках

На смену наземным радиомаякам пришли спутниковые навигационные системы для военных целей, первая из которых – американская **Transit** (другое название **NAVSAT**) – была запущена в 1964 году. Шесть низкоорбитальных спутников обеспечивали точность определения координат до двух сотен метров

<https://portnews.ru/comments/2422/>

[https://studopedia.ru/8\\_53115\\_kratkaya-harakteristika-sistemi-  
glonass.html](https://studopedia.ru/8_53115_kratkaya-harakteristika-sistemi-<br/>glonass.html)

<https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/gps.php>

<http://seaman-sea.ru/plavanie/687-radionavigatsionnye-sistemy-dlya-opredeleniya-mesta-sudna.html>

<https://topwar.ru/19529-navigacionnye-sputnikovye-sistemy-mira.html>