



Особенности СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.

SRNS.RU

Преподаватель:

Шатилов Александр

ShatilovAY@mpei.ru

Информация: <http://srns.ru> -> Курс радионавигации

Литература

1. Шатилов А.Ю. Характеристики радиосигналов глобальных спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Beidou и функциональных дополнений SBAS. Учеб. пособие для вузов. – М.: МЭИ, 2016, 36 с.
2. Интерфейсные контрольные документы систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу. (интернет, по ссылкам на странице курса)
3. Википедия, Навипедия.
4. ГЛОНАСС. Модернизация и перспективы развития/ под ред. А.И.Перова. – М.:Радиотехника, 2020.

Web-страница курса:

<https://www.srns.ru/wiki/Особенности>

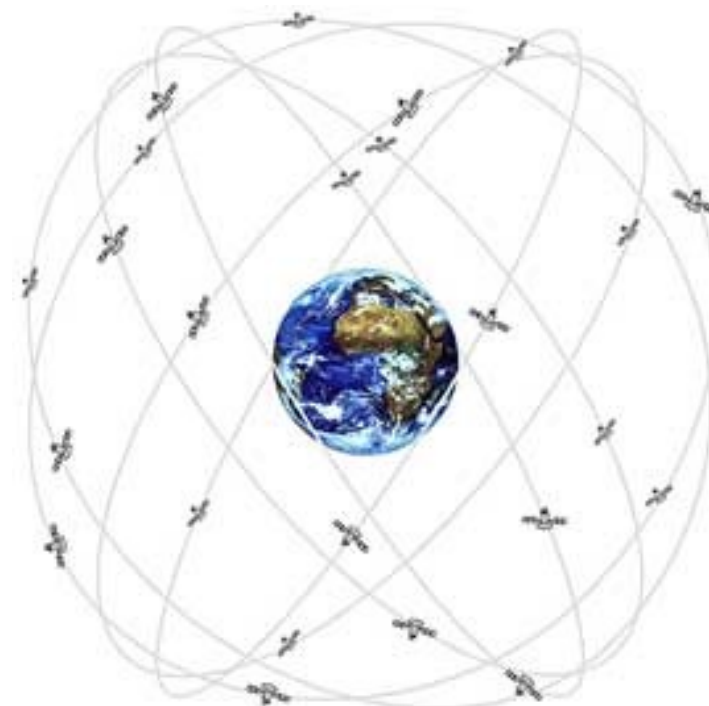
[СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo \(дисциплина\)](#)



Лекция 1.

Особенности построения орбитальных группировок СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу.

- Орбитальной группировкой называют совокупность всех КА СРНС.
- Особенности построения орбитальной группировки – это сведения о количестве НКА, их орбитах и взаимном расположении.





На что влияет построение орбитальной группировки?

- На зону покрытия. В каждой точке земного шара в каждый момент времени должно быть видно не менее 4-х НКА. (Это необходимое условие для навигации.)
- На точность определения координат (геометрический фактор). Сигналы должны идти со всех направлений. Идеальная ситуация – когда приемник находится внутри сферы из спутников.

Орбитальные параметры группировок ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу

Тип орбиты – круговая для всех НКА всех систем.

Система/параметр	ГЛОНАСС	GPS	Galileo	Бэйдоу
Высота орбит НКА	19100 км	20145 км	23230 км	21528 / 35786 км (MEO/GEO, IGSO)
Период обращения спутников	11 ч 16 мин	11 ч 57 мин	14 ч 5 мин	12 ч 53 мин (MEO)
Общее количество НКА	24	32	24 + 6 рез	24 MEO + 3 GEO + 3 IGSO
Количество орбитальных плоскостей	3	6	3	3 (MEO)
Количество НКА в орбитальной плоскости	8	4...6	8 + 2 рез	8 (MEO)
Наклонение орбит	$64,8 \pm 0,3^\circ$	55°	56°	55° (MEO, IGSO)

* MEO – Medium Earth Orbit
IGSO – Inclined GeoSynchronous Orbit
GEO – Geostationary Earth Orbit

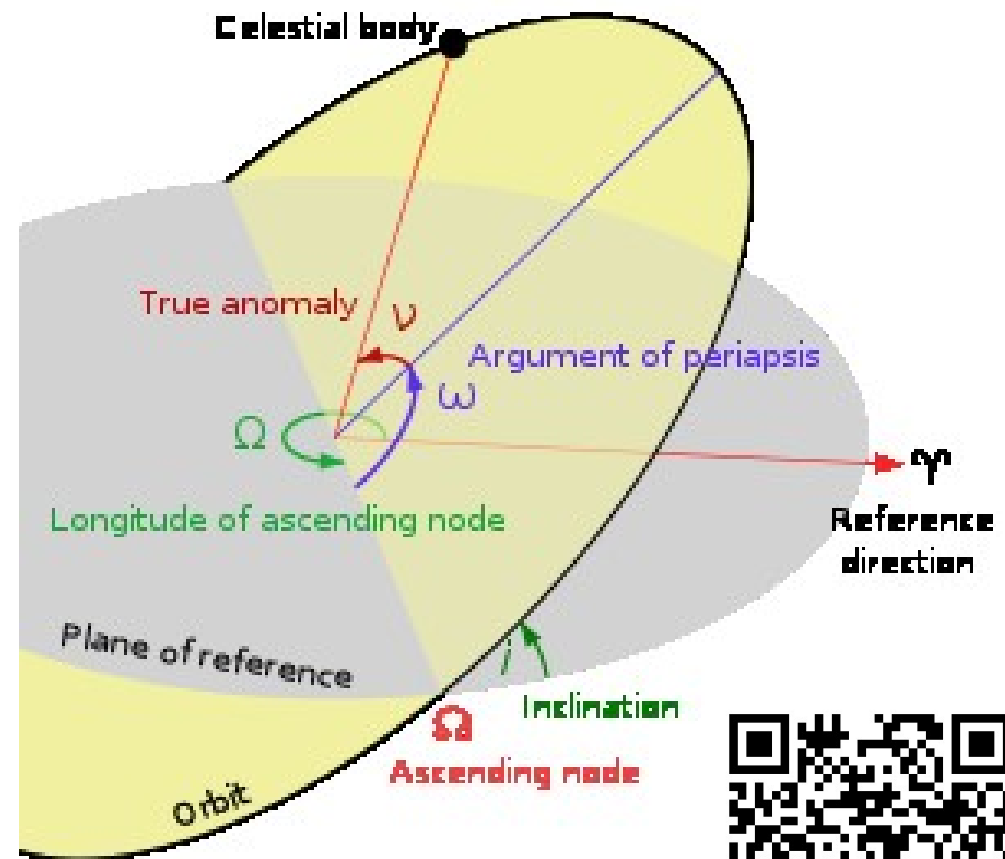
Распределение НКА ГЛОНАСС по орбитальным плоскостям



*В техническом жаргоне «Номер НКА» - это номер рабочей точки

Параметры орбиты НКА (элементы Кеплера)

- Большая полуось (A), или драконический период ($T_{др}$)
- Эксцентриситет (ε)
- Наклонение (i)
- Долгота восходящего узла (Ω)
- Аргумент перигея (ω)
- Истинная аномалия (v)



https://ru.wikipedia.org/wiki/Кеплеровы_элементы_орбиты

Параметры орбиты НКА (элементы Кеплера)

- Большая полуось (A) – половина максимального размера эллипса в длину.
- Драконический период ($T_{др}$) - промежуток времени между двумя последовательными прохождениями небесного тела через один и тот же узел орбиты.

- Эксцентриситет (ε) – характеристика «сжатости» эллипса орбиты $\varepsilon = \sqrt{1 - b^2 / a^2}$

Наклонение (i) - это угол между плоскостью его орбиты и плоскостью земного экватора

- Восходящий узел орбиты – точка в экваториальной плоскости, в которой небесное тело переходит из южного полушария в северное
- Долгота восходящего узла (Ω) – угол в плоскости экватора между направлением от центра Земли в точку весеннего равноденствия и направлением от центра Земли к восходящему узлу орбиты
- Аргумент перигея (ω) – угол между линией узлов и линией аписид
- Линия узлов – линия, соединяющая восходящий и нисходящий узлы орбиты
- Линия аписид – линия, соединяющая апогей и перигей орбиты
- Истинная аномалия (v) - угол между радиус-вектором небесного тела и направлением на перигей

Альманах системы

Альманах системы содержит информацию об орбитальных параметрах всех НКА (для грубого расчета положения НКА), а также служебную информацию о исправности НКА и смещении БШВ относительно ШВС.

Альманах обновляется с периодичностью 0,5 дн. ... 1 мес.

Источники альманаха:

- радионавигационный сигнал (каждый НКА передает альманах для каждого НКА);
- интернет.

ГЛОНАСС, GPS: <ftp://ftp.glonass-iac.ru/MCC/ALMANAC/>

GPS (USCG): <http://www.navcen.uscg.gov/>

Galileo (ESA): <http://www.gsc-europa.eu/system-status/almanac-data>

Beidou (China): <https://glonass-iac.ru/beidou/ephemeris/>

Параметры альманахов

ГЛОНАСС

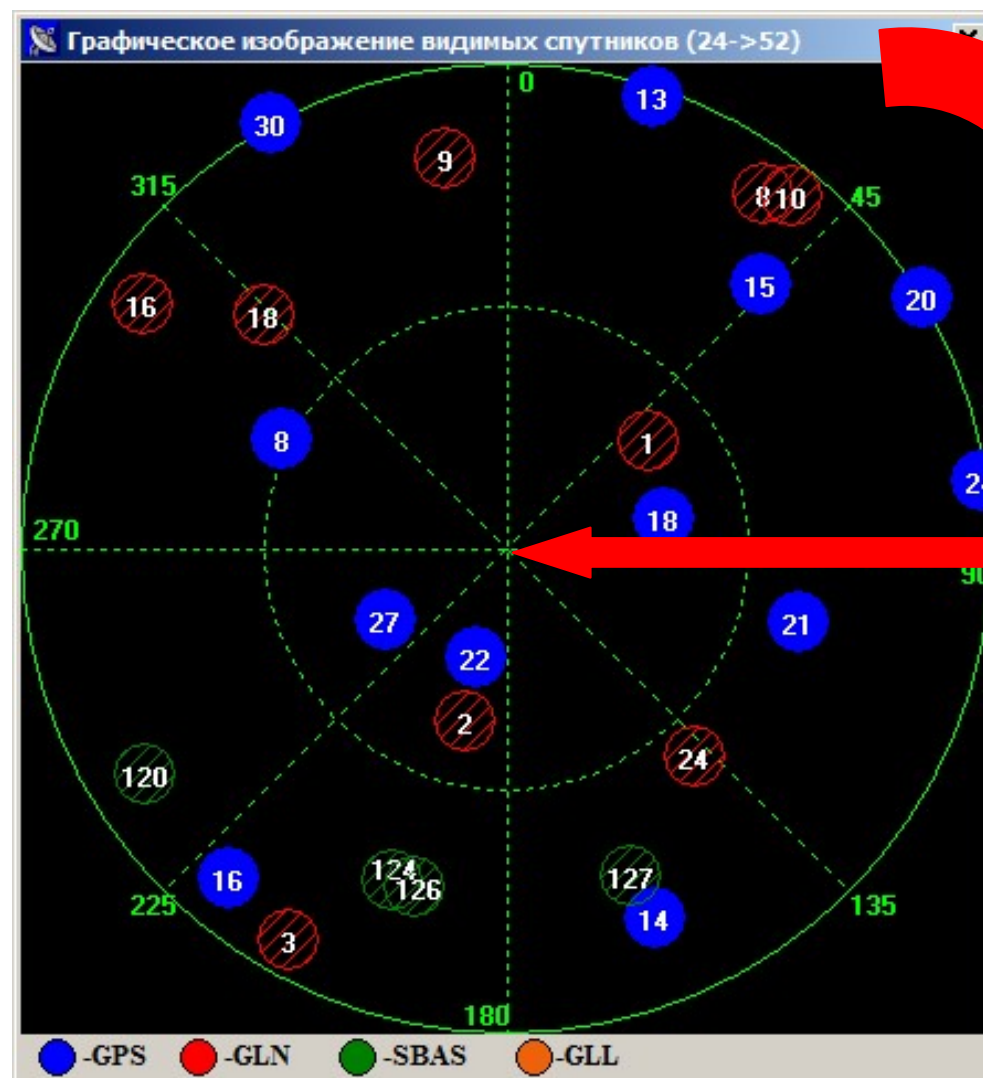
- номер КА (рабочая точка)
- номер частотного слота (-7 - 24);
- опорное время альманаха;
- время прохождения первого восходящего узла орбиты;
- долгота восходящего узла;
- поправка к среднему наклонению орбиты;
- аргумент перигея;
- эксцентриситет;
- поправка к драконическому периоду;
- поправка к скорости изменения драконического периода;
- поправки БШВ;
- признак исправности.

-GPS, Galileo, Бэйдоу

- номер КА (рабочая точка, № ПСП дальномерного кода)
- опорное время альманаха;
- средняя аномалия;
- долгота восходящего узла;
- наклонение орбиты;
- аргумент перигея;
- эксцентриситет;
- корень из большой полуоси орбиты;
- скорость изменения долготы восходящего узла;
- поправки БШВ;
- признак исправности.

Sky View

НАП по данным альманаха рассчитывает положение спутников на небосклоне (азимут – угол места), а клиентская программа их отображает.



Азимут

Угол места

Информационные ресурсы по состоянию группировок



ГЛОНАСС: <https://www.glonass-iac.ru/>



ГЛОНАСС, GPS: <http://www.sdcm.ru/>



GPS: <http://www.navcen.uscg.gov/>



Galileo: <http://www.gsc-europa.eu/>



BeiDou:
<http://en.beidou.gov.cn/>

Непрерывная модернизация СРНС - ГЛОНАСС

Устаревшие НКА		Перспективные НКА	
			
ГЛОНАСС	ГЛОНАСС-М	ГЛОНАСС-К	ГЛОНАСС-К2

0

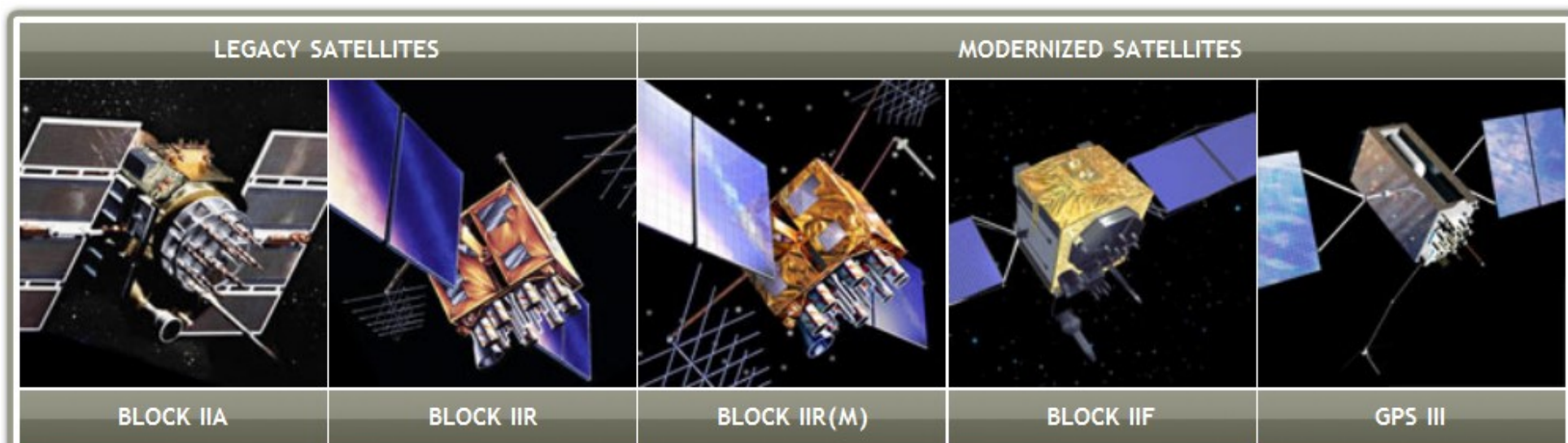
13

8

2

(на февраль 2025 г.)

Непрерывная модернизация СРНС - GPS



0

6

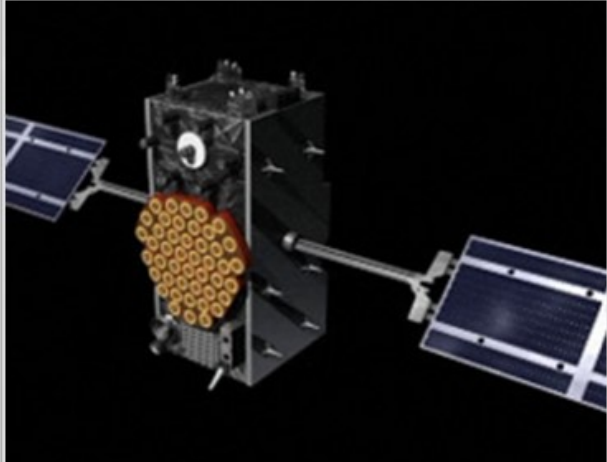
7

11

7

(на февраль 2025 г.)

Непрерывная модернизация СРНС - Galileo

Устаревшие НКА		Перспективные НКА
		
GIOVE (2005-2008)	IOV (2011-2012)	FOC (с 2014)

0

2

24

(на февраль 2025 г.)

Непрерывная модернизация 北斗卫星导航系统 (Бэйдоу)



BeiDou-1 (2000-2003 г.г.)
- 3 GEO

BeiDou-2 (2004-2012 г.г.)
- 5 GEO + 5 IGSO + 4 MEO

BeiDou-3 (2009г + ...)
- 3 GEO + 3 IGSO + 24 MEO

На февраль 2025 г.:

- 7 GEO (5 BeiDou-2 + 2 BeiDou-3)**
- 10 IGSO (7 BeiDou-2 + 3 BeiDou-3)**
- 27 MEO (3 BeiDou-2 + 24 BeiDou-3)**