

ТЕМА 1. КАРТОГРАФО- ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАДАСТРА И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

ЛЕКЦИЯ 4. ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Генике, А. А. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии / А.А. Генике, Г.Г. Побединский.– М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1999. – 272 с.
2. Назаров. А.С. Координатное обеспечение топографо-геодезических и земельно-кадастровых работ. – Минск. - Учеб. центр по повышению квалификации и перепод. землеустроит. и картографо-геод. службы.–2008. – 83с.
3. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных систем ГЛОНАСС и GPS, ГКИНП (ОНТА)-02-262-02, Москва, ЦНИИГАиК 2002г.

ПЛАН ЛЕКЦИИ:

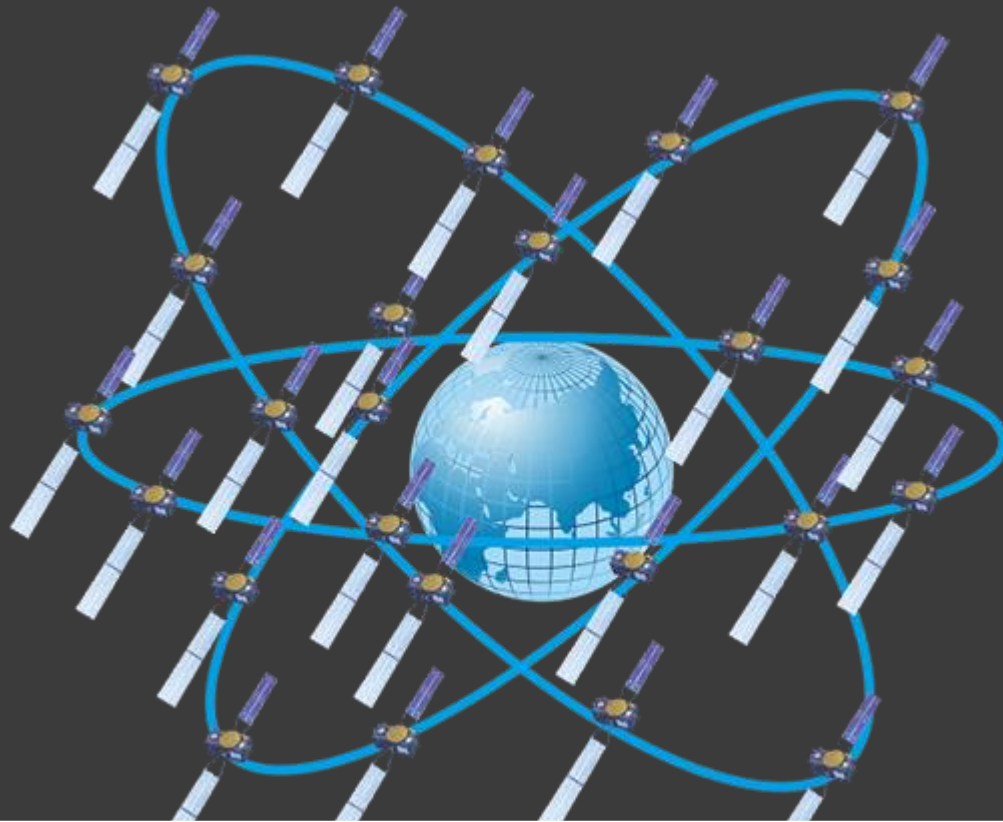
- ① 1. Общие сведения о глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС).
- ② 2. Структура и состав глобальной навигационной спутниковой системы GPS.
- ③ 3. Структура передаваемого сигнала со спутника. Кодовые измерения. Фазовые измерения.

1. Общие сведения о глобальных навигационных спутниковых системах(ГНСС).

- Функционируют две глобальные навигационные спутниковые системы: GPS, разработанная в США.
- NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging Global Positioning System) – навигационная система определения расстояний и времени, глобальная система позиционирования (США).
- ГЛОНАСС – ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система определения местоположения (Россия).

- ◎ Глобальная навигационная спутниковая система ГАЛИЛЕО создается Европейским Союзом для обеспечения независимости стран членов в сфере координатно-временного и навигационного обеспечения.
- ◎ Было принято решение развивать два направления. Первое из них – создание систем функциональных дополнений существующих ГНСС GPS и ГЛОНАСС.

- ◎ Второе направление заключалось в создании собственной ГНСС, предназначенной для гражданского применения и построенной на принципах государственно-частного партнёрства.
- ◎ В 1999 Европейский проект по созданию ГНСС получил условное название ГАЛИЛЕО в честь итальянского астронома Галилео Галилея.



ОРБИТАЛЬНАЯ ГРУППИРОВКА

КОЛИЧЕСТВО ШТАТНЫХ КА	27 (+ 3 резерв)
ВЫСОТА ОРБИТЫ	23 222 км
КОЛИЧЕСТВО ПЛОСКОСТЕЙ	3
БОЛЬШАЯ ПОЛУОСЬ	29 640 км
ПЕРИОД	14 ч 4 мин 45 с
НАКЛОНЕНИЕ	56°

Характеристики	КА ГАЛИЛЕО GIOVE-A	КА ГАЛИЛЕО GIOVE-B	КА ГАЛИЛЕО IOV	КА ГАЛИЛЕО FOC
Головной подрядчик	SSTL	EADS Astrium GmbH	EADS Astrium GmbH	ОНВ АГ (контраст на 22 КА)
Срок активного существования	2 года	2 года	12 лет	более 12 лет
Стартовая масса	600 кг	630 кг	700 кг	730 кг
Габариты	1,3 м × 1,8 м × 1,65 м	0,95 м × 0,95 м × 2,4 м	3,02 м × 1,58 м × 1,59 м	2,74 м × 1,58 м × 1,59 м
Мощность солнечной батареи	667 Вт	1100 Вт	1420 Вт	1420 Вт
Сигналы	только на двух частотах (L1+E5 или L1+E6)	L1, E5, E6	L1, E5, E6	L1, E5, E6
БСУ	2 Rb (стабильность 10 нс)	2 Rb (стабильность 10 нс), 2 РНМ (стабильность 1 нс)	2 Rb (стабильность 10 нс), 2 РНМ (стабильность 1 нс)	2 Rb (стабильность 10 нс), 2 РНМ (стабильность 1 нс)

В системе ГАЛИЛЕО используется традиционная геоцентрическая декартова система координат, которая получила название Galileo Terrestrial Reference Frame (GTRF).

Она связана с международной земной системой координат ITRF и определена таким образом, что её расхождение с ITRF не превышает 3 см с вероятностью 0,95.

Для поддержания GTRF создана специальная геодезическая служба ГАЛИЛЕО, которая также обеспечивает участие международного сообщества в определении и поддержании системы координат GTRF.

Шкала времени системы ГАЛИЛЕО (Galileo System Time – GST) – непрерывная атомная шкала времени с постоянным смещением на целое количество секунд относительно международного атомного времени TAI.



Преимущества использования ГНСС по сравнению с традиционными геодезическими методами:

- исключается необходимость располагать определяемые пункты геодезических сетей при условии взаимной видимости между ними;
- расстояния между определяемыми пунктами могут составлять десятки километров;

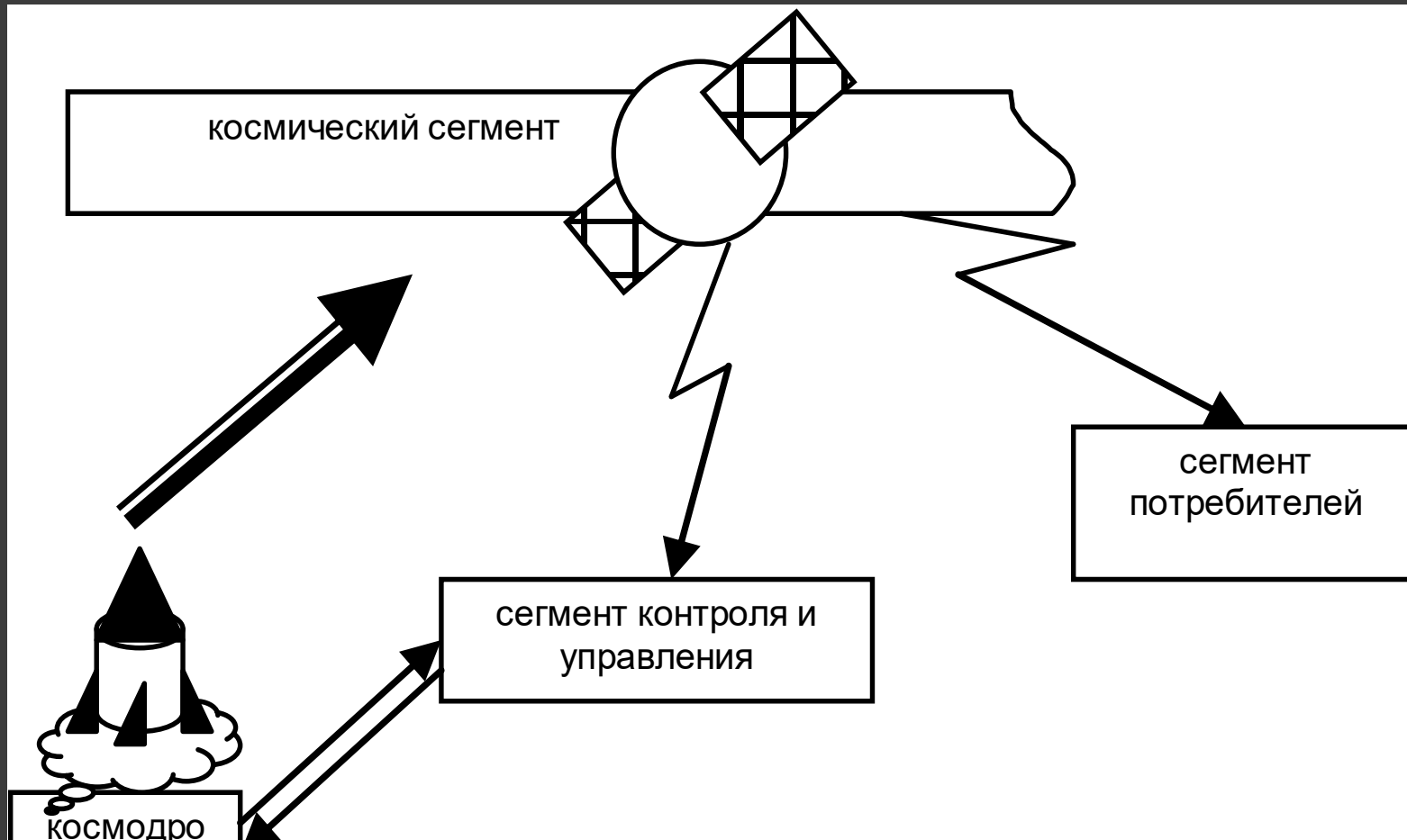
- возможны наблюдения в любую погоду как в дневное, так и в ночное время;
- измерения и обработка результатов почти полностью автоматизированы;
- возможно получение координат геодезических пунктов, поворотных точек границ земельных участков, и др. точек в реальном масштабе времени

◎ 2. СТРУКТУРА И СОСТАВ
ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ
СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ GPS

Системы ГЛОНАС и система NAVSTAR GPS имеют схожее общее построение - трехсегментную организацию системы

Выделяют три основных сегмента системы:

- 1. Сегмент контроля и управления**
- 2. Космический сегмент.**
- 3. Сегмент потребителей**



◎ Сегмент контроля и управления

- комплекс наземных средств, который обеспечивает непрерывные наблюдения и контроль над работой всей системы

Включает:

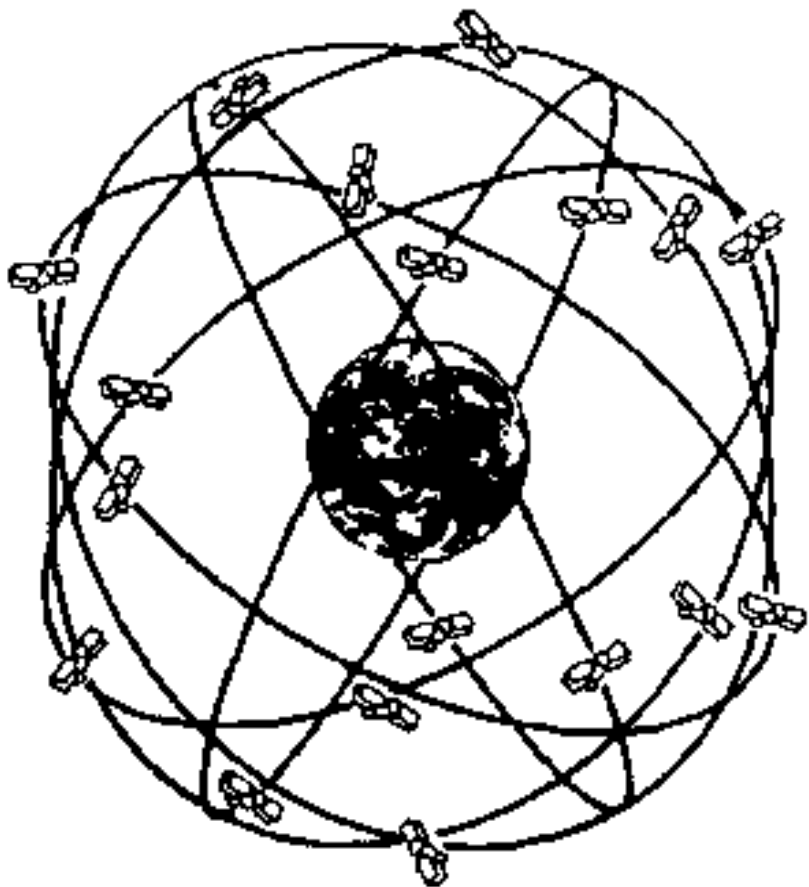
- ◎ центр управления системой
- ◎ контрольные станции (КС);
- ◎ командная станция слежения (КСС).

◎ **Космический сегмент**

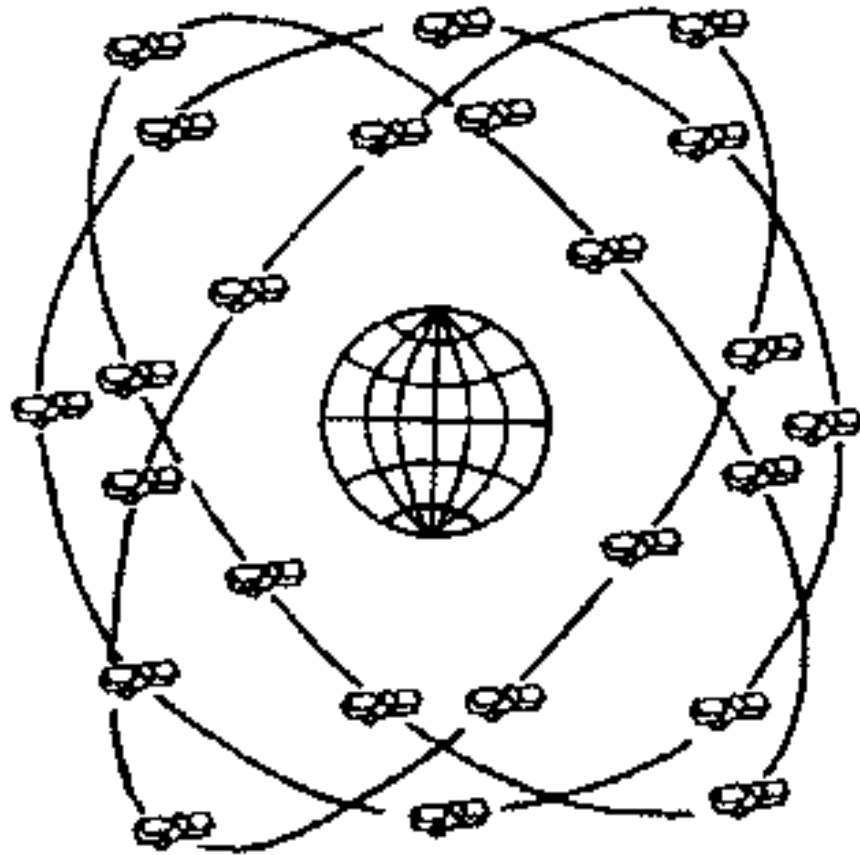
- включает в себя созвездие навигационных искусственных спутников Земли (НИСЗ), вращающихся вокруг Земли на определенных орбитах.

Сегмент потребителей

- Включает всю совокупность спутниковой аппаратуры потребителей, основная задача которой прием и первичная обработка сигналов НИСЗ.



Созвездие НИСЗ
системы GPS



Созвездие НИСЗ
системы ГЛОНАСС

Основные характеристики	ГНСС	
	GPS NAVSTAR	ГЛОНАСС
Число спутников	24	24
Число орбитальных плоскостей	6 орбитальных плоскостей по четыре НИСЗ в каждой.	3 орбитальных плоскости
Высота орбит	20145 км	19100 км
Наклонение орбит	по долготе на 60° на восток	64,8°

**Несущие
частоты**

**2 несущие
частоты:
L1=1575,42
МГц
L2=1227,60
МГц.**

**Используется 2 полосы
частот L_1 и L_2 , но каждый
спутник работает на двух
собственных частотах:**

$$L1 = f_0 * f_{L1} + 0,5625 X k,$$

$$X=18,7 \text{ см}$$

$$L2 = f_0 * f_{L2} + 0,4375 x k,$$

$$x = 24,1 \text{ см}$$

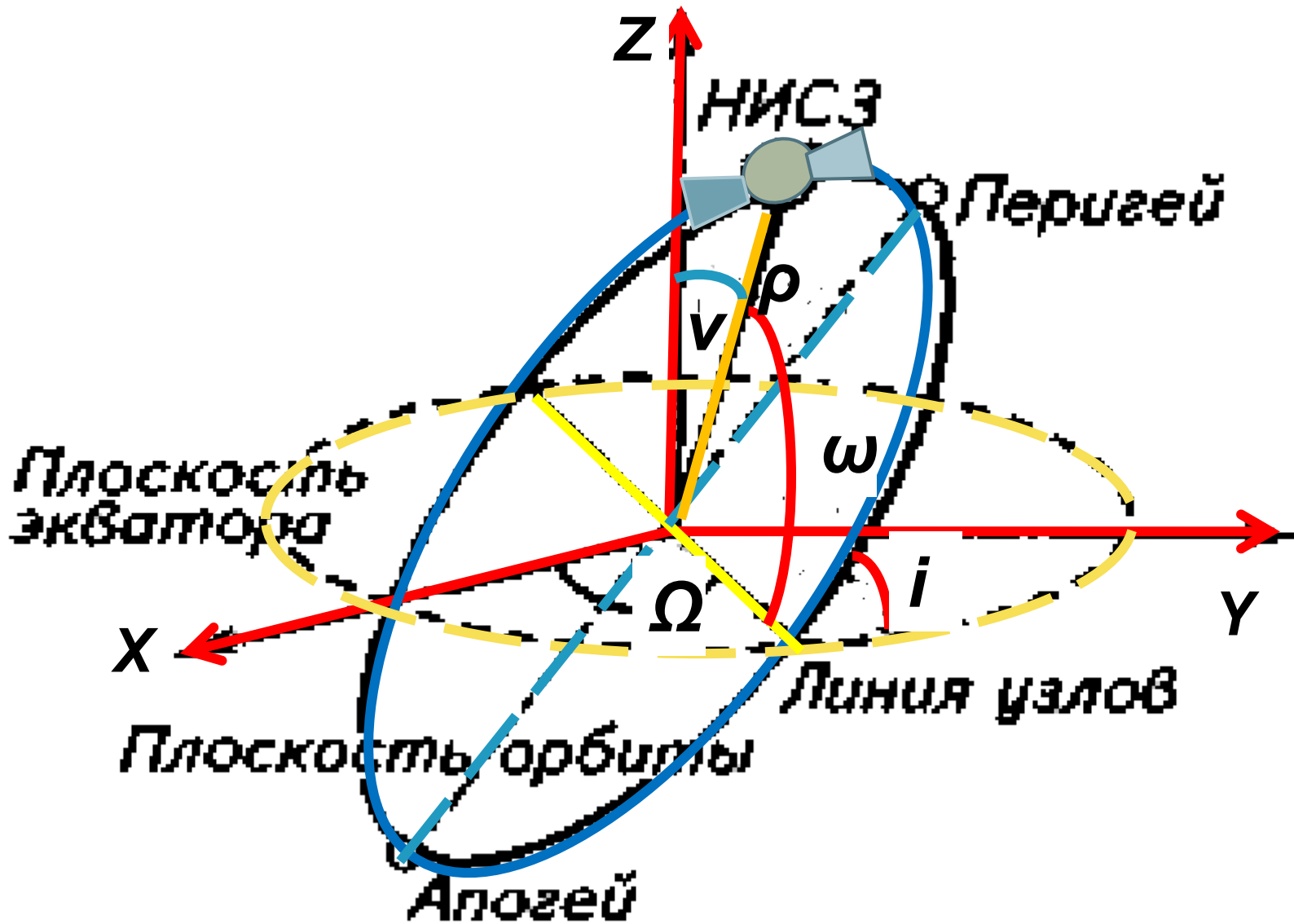
где k – номер спутника.

<p>Модуляция колебаний</p>	<p>модулируется двумя видами кодов: <i>C/A</i>-кодом (код свободного доступа) и <i>P</i>-кодом (код санкционированного доступа), Частота <i>L2</i> –только <i>P</i>-кодом.</p>	<p>модулируется кодами <i>ВТ</i> (высокой точности) и <i>СТ</i>-кодом (код стандартной точности). Частота <i>L2</i> - <i>СТ</i>-кодом</p>
<p>Система координат</p>	<p>Геоцентрическая система координат WGS-84</p>	<p>Геоцентрическая система координат ПЗ–90</p>
<p>Влияние погрешностей эфемерид на точность полож. опред. пунктов</p>	<p>не превышает— 1 м.</p>	<p>не превышает— 9,2 м,</p>

Положение плоскости орбиты НИСЗ относительно экваториальной плоскости характеризуют:

- долгота восходящего узла Ω
- аргумент перигея ω
- угол наклона плоскости орбиты к плоскости экватора i .

Основные элементы орбиты НИСЗ



- Положение навигационного искусственного спутника земли на орбите описывает радиус-вектор который определяют по формуле:


$$\rho = \frac{P}{(1 + e \cos \nu)} \quad (1)$$

$$P = a(1 - e^2) \quad (2)$$

- e – эксцентриситет орбиты
- ν - истинная аномалия

- ◎ **В глобальных навигационных спутниковых системах используют следующее время:**
- ◎ **всемирное (гринвичское среднее солнечное);**
- ◎ **всемирное координированное;**
- ◎ **поясное;**
- ◎ **местное декретное и летнее.**

Сайт информационно-аналитического центра ГЛОНАСС (<https://www.glonass-iac.ru>)





ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
координатно-временного и навигационного обеспечения

ПРИКЛАДНОЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ГЛОНАСС

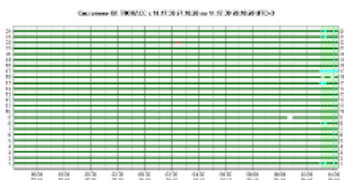
РУС ENG

55° 47' 01" N, 37° 37' 50" E

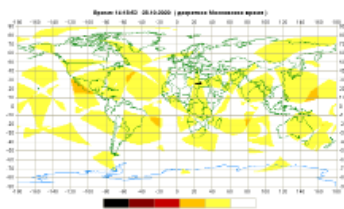



ГЛАВНАЯ
ГЛОНАСС
БЭЙДОУ
GPS
НОВОСТИ
АРХИВ
О НАВИГАЦИИ
МИДЛ
ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ
ОБ ИАЦ
UTC+3: 14:19:37

СОСТОЯНИЕ КА ГЛОНАСС



МГНОВЕННАЯ ДОСТУПНОСТЬ



ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ГНСС



СООБЩЕНИЯ О СОСТОЯНИИ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ ГЛОНАСС

25.10.2020 По сообщению Центра управления системой технические работы с КА Глонасс-М №751 (17 рабочая точка) завершены, с 14:35 (МСК) 23.10.2020г. аппарат используется по целевому назначению

23.10.2020 По сообщению Центра управления системой ГЛОНАСС КА Глонасс-М № 751 (17 рабочая точка) выведен на техническое обслуживание с 04:47 (МСК) 23.10.2020 по 00:00 26.10.2020 (МСК)

02.09.2020 По сообщению Центра управления системой ГЛОНАСС КА Глонасс-К № 702 (9 рабочая точка) будет выведен на плановое техническое обслуживание с 09:00 (МСК) 03.09.20г. до 00:00 (МСК) 25.09.20г.

20.08.2020 По сообщению Центра управления системой ГЛОНАСС КА Глонасс-М №735 (22 рабочая точка) из орбитального резерва переведен в основной состав орбитальной группировки ГЛОНАСС и используется по целевому назначению с 09:00 (МСК) 20.08.2020г.

НОВОСТИ ГНСС

26.10.2020 Ракета-носитель "Союз-2.16" с навигационным спутником "Глонасс-К" штатно стартовала в воскресенье вечером с космодрома Плесецк

13.10.2020 Создание высокоорбитального сегмента ГЛОНАСС начнется в 2021 году

13.10.2020 38 лет запуску на орбиту первого КА серии «Глонасс»

СОСТАВ ГРУППИРОВКИ КНС ГЛОНАСС НА 28.10.2020г.

Всего в составе ОГ ГЛОНАСС	28 КА
Используются по целевому назначению	24 КА
На этапе ввода в систему	1 КА
Временно выведены на техобслуживание	1 КА
На исследовании Главного конструктора	-
Орбитальный резерв	1 КА
На этапе летных испытаний	1 КА

СТАНДАРТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТКРЫТОГО СЕРВИСА (СТЭХОС) ГЛОНАСС

ОФИЦИАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ГЛОНАСС

ВЫСОКОТОЧНАЯ ЭФЕМЕРИДНО-ВРЕМЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ



ГЛАВНАЯ

ГЛОНАСС

БЭЙДОУ

GPS

НОВОСТИ

АРХИВ

О НАВИГАЦИИ

МИДЛ

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

ОБ ИАЦ

UTC+3: 13:29:28

СОСТОЯНИЕ ОГ

XML

ЭФЕМЕРИДЫ

МОНИТОРИНГ

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ УРОВЕНЬ

СОСТАВ ГРУППИРОВКИ КНС GPS НА 28.10.20Г.

Всего в составе ОГ GPS	32 КА
Используются по целевому назначению	31 КА
На этапе ввода в систему	-
Временно выведены на техобслуживание	1 КА
На этапе вывода из системы	-

СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ КНС GPS НА 28.10.20Г. ПО АНАЛИЗУ АЛЬМАНАХА, ПРИНЯТОГО В ИАЦ

№ пл.	№ точки	ПСП	Номер NORAD	Тип КА	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Факт. сущ. (мес)	Примечания
А	1	24	38833	II-F	04.10.12	14.11.12		95.5	
	2	31	29486	II-R-M	25.09.06	13.10.06		168.6	
	3	30	39533	II-F	21.02.14	30.05.14		77.0	
	4	7	32711	II-R-M	15.03.08	24.03.08		151.3	
В	1	16	27663	II-R	29.01.03	18.02.03		212.4	
	2	25	36585	II-F	28.05.10	27.08.10		122.1	
	3	28	26407	II-R	16.07.00	17.08.00		242.5	
	4	12	29601	II-R-M	17.11.06	13.12.06		166.6	
	5	26	40534	II-F	25.03.15	20.04.15		66.3	
	6			34661	II-R-M	24.03.09			
	1	29	32384	II-R-M	20.12.07	02.01.08		154.0	



СОСТОЯНИЕ ОГ

ЭФЕМЕРИДЫ

МОНИТОРИНГ

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ УРОВЕНЬ

ЭФЕМЕРИДЫ ПО ДАННЫМ АЛЬМАНАХА GPS

PRN	Date	t	e	i	dΩ/dt	A	LΩ	ω	m	af0	af1
01	25.10.20	503808	0,01010	56,28241	-4,29573E-7	26560,17274	18,17199	47,42540	52,84771	8,11577E-4	-3,63798E-12
02	25.10.20	503808	0,01997	55,07289	-4,41360E-7	26558,56728	13,61996	-91,08966	64,58991	-5,35965E-4	-3,63798E-12
03	25.10.20	503808	0,00327	55,38909	-4,62314E-7	26560,18784	77,71615	51,39243	-15,30258	-3,40462E-4	-1,09139E-11
04	25.10.20	503808	0,00088	55,01487	-4,47253E-7	26559,26180	139,59973	-172,14068	146,28169	-1,50681E-4	-3,63798E-12
05	25.10.20	503808	0,00609	54,64064	-4,70172E-7	26560,54518	75,76522	51,02089	-142,64543	-2,47955E-5	0,00000E0
06	25.10.20	503808	0,00191	56,25460	-4,30227E-7	26559,61913	17,69951	-66,29723	76,55005	-3,36647E-4	-3,63798E-12
07	25.10.20	503808	0,01423	54,59876	-4,47908E-7	26559,49331	-161,74255	-135,29923	14,10623	-4,04358E-4	-7,27596E-12
08	25.10.20	503808	0,00565	55,51165	-4,51837E-7	26560,57034	-43,20333	-3,98495	-175,16226	-5,34058E-5	0,00000E0
09	25.10.20	503808	0,00194	54,59876	-4,54456E-7	26559,33729	136,78360	100,88614	-157,68902	-3,07083E-4	-3,63798E-12
10	25.10.20	503808	0,00607	55,38394	-4,62314E-7	26559,66443	77,54569	-152,48328	-61,13823	-4,93050E-4	-1,09139E-11

29	25.10.20	503808	0,00152	56,44652	-4,40050E-7	26560,50491	-38,22041	130,20925	178,72346	-2,26021E-4	-7,27596E-12
30	25.10.20	503808	0,00476	53,75487	-4,57076E-7	26558,83402	-160,57952	-161,29962	13,95568	-3,27110E-4	-7,27596E-12
31	25.10.20	503808	0,00981	54,84973	-4,45289E-7	26560,02176	-160,81478	10,62380	-6,56624	-7,82013E-5	-3,63798E-12
32	25.10.20	503808	0,00421	54,83153	-4,53147E-7	26559,04036	137,30511	-140,94322	-141,43921	3,62396E-4	3,63798E-12

PRN - номер псевдопоследовательности аппарата GPS

Date - базовая дата (UTC)

t - время от базовой даты (сек.)

e - эксцентриситет

i - наклонение (град.)

dΩ/dt - скорость изменения восходящего узла орбиты Ω(град./сек.)

A- большая полуось (км.)

LΩ - долгота восходящего узла (град.) на 00ч.00мин.00сек. базовой даты

ω - аргумент перигея (град.)

m- средняя аномалия (град.)

af0 - поправка к бортовым часам (сек.)

af1 - скорость изменения af0 (сек./сек.)

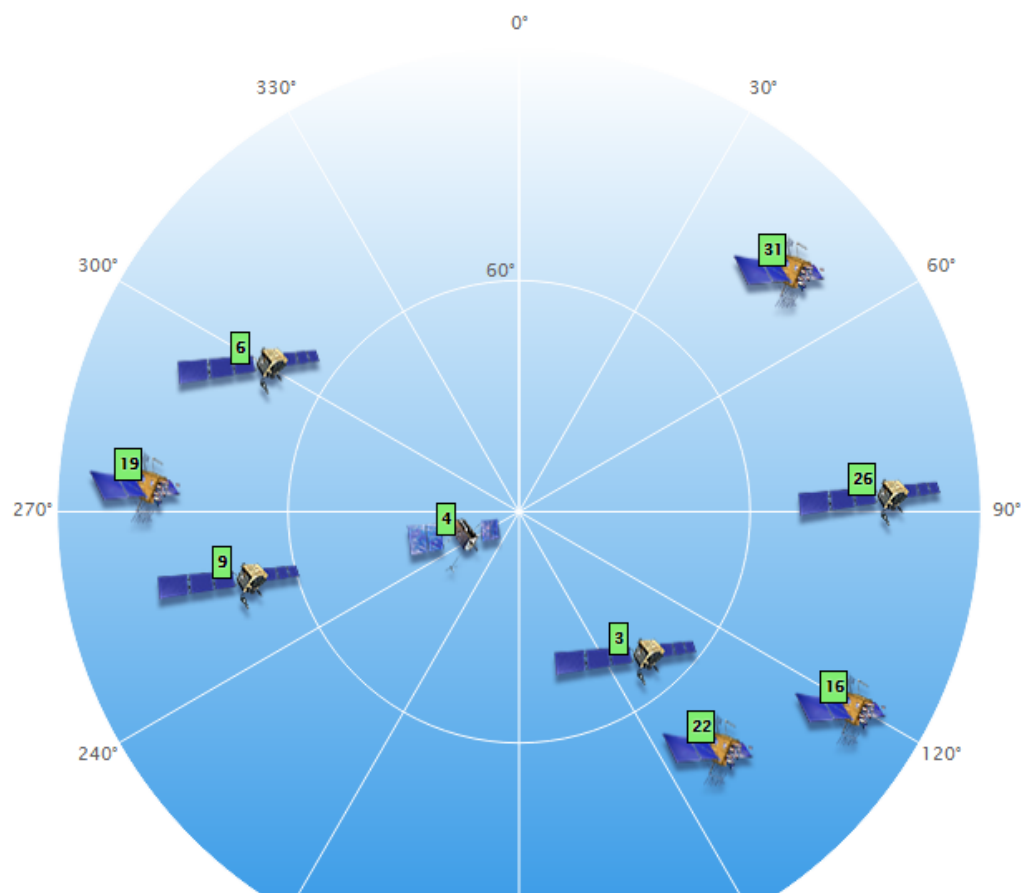
[СОСТОЯНИЕ ОГ](#)[ЭФЕМЕРИДЫ](#)[МОНИТОРИНГ](#)[ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК](#)[ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ УРОВЕНЬ](#)

МОНИТОРИНГ ПО ДАННЫМ ПУНКТА СЛЕЖЕНИЯ ИАЦ КВНО

55.9° С.Ш и 37.8° В.Д.

Эпоха оценки 28.10.2020 14:22:30

Видимое созвездие GPS



- Информацию о текущем состоянии и предстоящим регламентным работам с ГНСС GPS можно получить на сайте Навигационно центра Береговой охраны США (U.S. Coast Guard Navigation Center) (<http://www.navcen.uscg.gov>)
- Информацию о системе GALILEO можно получить на сайте Европейского космического агенста (http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/What_is_Galile)
- Официальную информацию о группировке BEIDOU (Китай) можно получить на официальном сайте системы (<http://en.beidou.gov.cn/>)

- ③ Структура передаваемого сигнала со спутника.
- ③ Кодовые измерения.
- ③ Фазовые измерения.

Кодовый метод определения дальностей

В этом случае используются специальные дальномерные коды.

Они представляют собой импульсы, чередующиеся в определенной последовательности. Их обозначают символами 0 и 1. Таким образом, код — это некоторая периодически повторяющаяся комбинация 0 и 1.

На спутнике и в приемнике синхронно генерируют одинаковые коды.

Код в приемнике представляет собой копию кода спутника. Принятый в приемнике код спутника запаздывает по отношению к местному на время, пропорциональное пройденному им расстоянию. Поэтому пришедший и местный коды не коррелируют.

Время распространения сигнала, следовательно, и дальность от приемника до спутника определяют задержкой местного кода до обнаружения сильной его корреляции с кодом, принятым со спутника.

Фазовый метод определения дальностей

Фазовым методом выполняют наиболее точные измерения. Для этого используют несущие волны L1 и L2. Инструментальная погрешность метода не превышает 1 — 2 мм. Метод основан на том, что фаза синусоидального колебания изменяется пропорционально времени.

В приемнике фаза принятой со спутника волны отличается от фазы местных колебаний на величину, пропорциональную расстоянию от спутника до приемника. При фазовом методе измерений возникает сложная проблема разрешения неоднозначности (многозначности).

На пути от спутника к приемнику изменению расстояния в одну длину волны соответствует изменение фазы волны в один цикл (период). Поэтому результат измерения разности фаз прошедшего и местного колебаний должен был бы состоять из некоторого целого числа циклов и дробной их части.

Неоднозначность фазовых измерений обусловлена тем, что отсутствует возможность счета целого числа (N) уложений длины волны в измеряемом расстоянии. Нужны дополнительные усилия, чтобы получить однозначные значения дальностей.

Навигационное сообщение передается на несущих волнах L1 и L2. Структура распределения данных в навигационных сообщениях различна в GPS и в ГЛОНАСС. Так, в GPS метки времени повторяются каждые 6 с, все сообщение длится 12,5 мин, а в ГЛОНАСС — метки времени следуют каждые 2 с, все сообщение — 2,5 мин.