

# Тема 9.

## СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

# ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА (ГНСС):

## 1. Навигационные системы:

- GPS (NAVSTAR) – США
- ГЛОНАСС – Россия
- Галилео - Евросоюз
- COMPASS (Бэйдоу) – Китай
- QZSS – Япония
- и др.

## 2. Дифференциальные подсистемы:

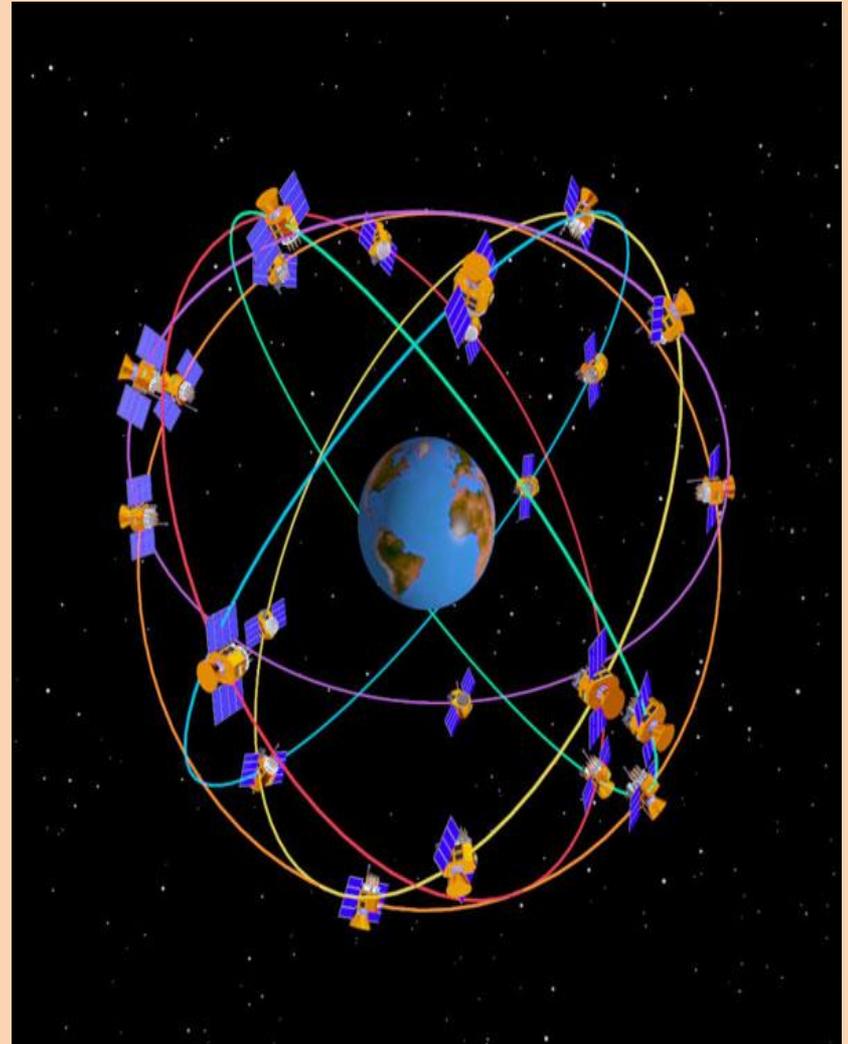
- WAAS – США
- EGNOS – Евросоюз
- MSAS – Япония
- GAGAN - Индия



## 3. Постоянно действующие станции наблюдений

## 4. Оборудование пользователей





**Спутниковая система навигации — комплексная электронно-техническая система, состоящая из совокупности наземного и космического оборудования, предназначенная для определения местоположения (географических координат и высоты) и точного времени, а также параметров движения (скорости и направления движения и т. д.) для наземных, водных и воздушных объектов.**

# **Основные элементы спутниковой системы навигации:**



**Орбитальная группировка, состоящая из нескольких (от 2 до 30) спутников, излучающих специальные радиосигналы;**

**Наземная система управления и контроля (наземный сегмент), включающая блоки измерения текущего положения спутников и передачи на них полученной информации для корректировки информации об орбитах;**

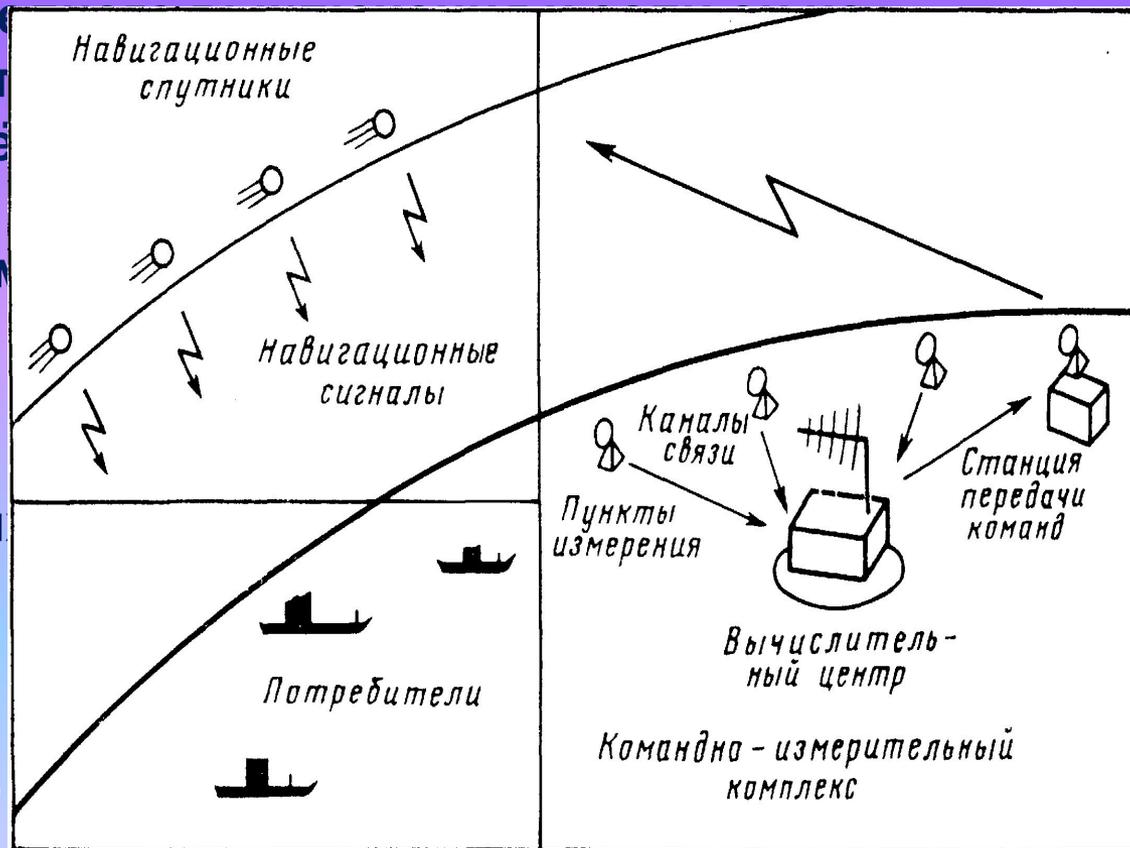
**Аппаратура потребителя спутниковых навигационных систем («спутниковые навигаторы»), используемое для определения координат;**

**Опционально: наземная система радиомаяков, позволяющая значительно повысить точность определения координат.**

**Опционально: информационная радиосистема для передачи пользователям поправок, позволяющих значительно повысить точность определения координат.**



Принцип работы спутниковых систем навигации основан на измерении расстояния от антенны на объекте (координаты которого необходимо получить) до спутников, положение которых известно с большой точностью. Таблица положений всех спутников называется *альманахом*, которым должен располагать любой спутниковый приёмник до начала измерений. Обычно приёмник сохраняет альманах в памяти со времени последнего обновления — мгновенно истощается. Каждый спутник передаёт в своём сигнале весь альманах. Таким образом, зная расстояния до нескольких спутников системы, с помощью обычных геометрических построений, на основе альманаха, можно вычислить положение объекта в пространстве.



# В настоящее время работают или готовятся к развёртыванию следующие системы спутниковой навигации:

## ГЛОНАСС

Принадлежит министерству обороны России. Система, по заявлениям разработчиков наземного оборудования, будет обладать некоторыми техническими преимуществами по сравнению с GPS. После 1996 года спутниковая группировка сокращалась и к 2002 году практически полностью пришла в упадок. Была полностью восстановлена только в конце 2011 года. К 2025 году предполагается глубокая модернизация системы.

Российский спутник системы ГЛОНАСС



## GPS

Принадлежит министерству обороны США. Этот факт, по мнению некоторых государств, является её главным недостатком. Устройства, поддерживающие навигацию по GPS, являются самыми распространёнными в мире. Также известна под более ранним названием NAVSTAR.

Американский спутник системы GPS



## Бэйдоу

Развёртываемая Китаем подсистема GNSS предназначена для использования только в этой стране. Особенность — небольшое количество спутников, находящихся на геостационарной орбите.

На 28 декабря 2012 года выведено на орбиту Земли шестнадцать навигационных спутников, из них по предназначению используется 11.

Согласно планам, к 2012 году она сможет покрывать Азиатско-Тихоокеанский регион, а к 2020 году, когда количество спутников будет увеличено до 35, система «Бэйдоу» сможет работать как глобальная. Реализация данной программы началась в 2000 году. Первый спутник вышел на орбиту



Зона покрытия Бэйдоу

## Galileo

Европейская система, находящаяся на этапе создания спутниковой группировки. Планируется полностью развернуть спутниковую группировку к 2020 году.

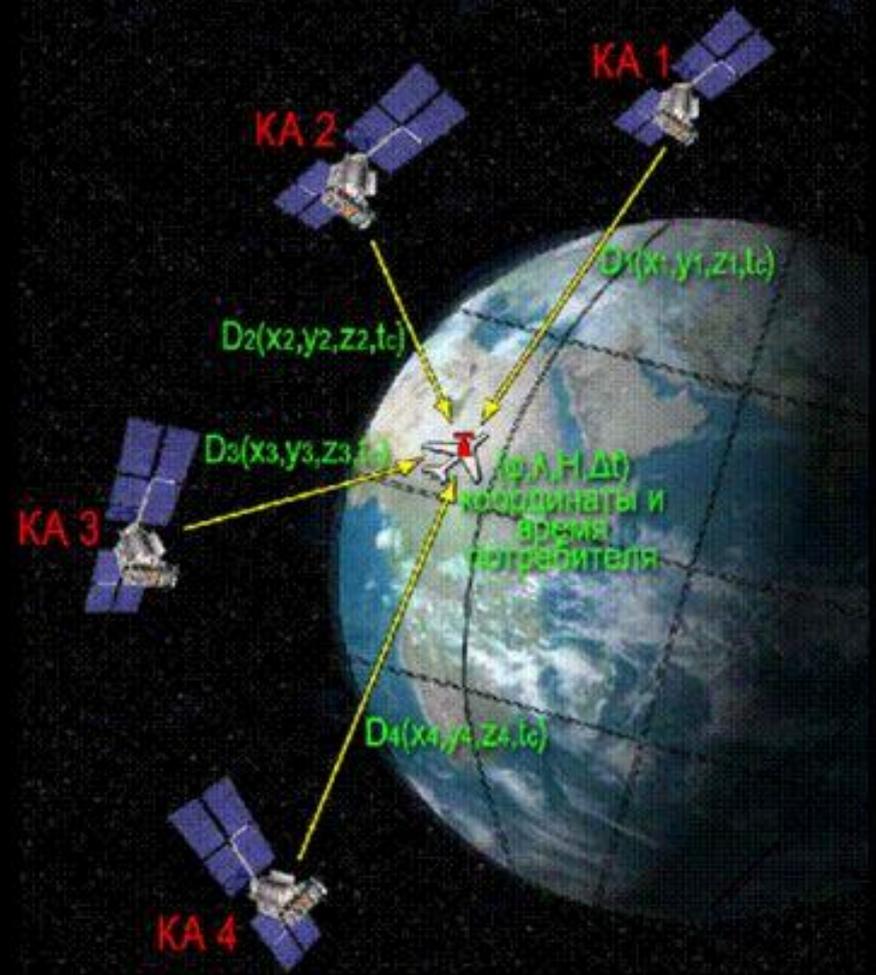
## IRNSS

Индийская навигационная спутниковая система, в состоянии разработки. Предполагается для использования только в Индии. Первый спутник был запущен в 2008 году. Общее количество спутников системы IRNSS - 7.

## QZSS

Первоначально японская QZSS была задумана в 2002 г. как коммерческая система с набором услуг для подвижной связи, вещания и широкого использования для навигации в Японии и соседних районах Юго-Восточной Азии. Первый запуск спутника для QZSS был запланирован на 2008 г. В марте 2006 японское правительство объявило, что первый спутник не будет предназначен для коммерческого использования и будет запущен целиком на бюджетные средства для отработки принятых решений в интересах обеспечения решения навигационных задач. Только после удачного завершения испытаний первого спутника начнётся второй этап и следующие спутники будут в полной мере обеспечивать запланированный ранее объём услуг.

- **Навигационные спутники ГЛОНАСС используются в качестве реперов с известными координатами**
- **Потребитель измеряет дальность до навигационных спутников, принимая навигационные сигналы от них и фиксируя время передачи и приема сигналов. Координаты спутников содержатся в навигационных сигналах**
- **По расстояниям до четырех КА потребитель с помощью навигационной потребительской аппаратуры вычисляет**
  - ↖ **свои координаты**
  - ↖ **расхождение своих часов относительно часов системы ГЛОНАСС, которая синхронизирована с госэталоном**



# Возможности и перспективы системы ГЛОНАСС

**Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС)** — российский аналог американской системы глобального позиционирования (GPS). Она позволяет определять местоположение и скорость движения сухопутных, морских и воздушных объектов *с точностью до 1 метра*

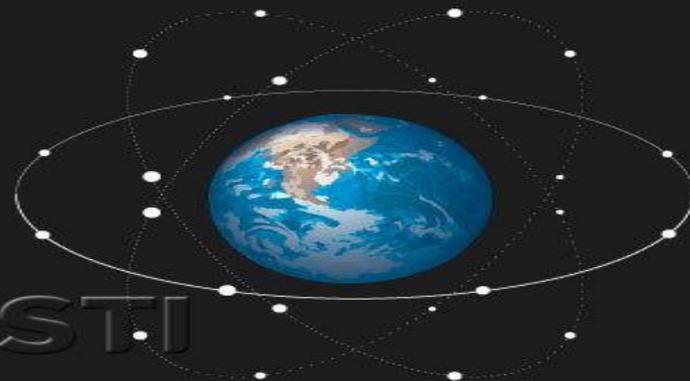
- Октябрь 1982 Советским Союзом на орбиту выведен первый спутник ГЛОНАСС
- Сентябрь 1993 Система была официально принята в эксплуатацию
- Август 2001 Принята федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система»
- 27 декабря 2007 Впервые поступили в продажу бытовые спутниковые навигаторы Glospace (для ГЛОНАСС и GPS)



- 14 декабря 2009 13:38 мск С космодрома «Байконур» проведен запуск трех спутников с тремя спутниками «Глонасс-М»
- В 2010 году планируется запуск девяти новых спутников**

Полная орбитальная группировка системы — 24 спутника, движущиеся над поверхностью Земли в трех орбитальных плоскостях с наклоном  $64,8^\circ$  и высотой 19 100 км.

При 24 действующих спутниках обеспечивается почти непрерывная навигация по всей территории Земного шара, а при 18 — на территории России



## Состав группировки КНС ГЛОНАСС (на 14 декабря 2009):

Всего в составе	19
Используются по целевому назначению	16
Временно выведены на техобслуживание	2
На этапе вывода из системы	1

## В России навигационную аппаратуру выпускают:

ОАО «МКБ Компас»	ОАО «РИРВ»
ЗАО «КБ „НАВИС“»	ФГУП «НИИ КП»
ФГУП «НИИМА „Прогресс“»	



Глобальная навигационная система ГЛОНАСС

Комплекс  
Фундаментальн.  
средств

Комплекс  
апостериорного  
ЭВО

Космический  
комплекс  
ГЛОНАСС

Комплекс  
функциональных  
дополнений

Комплекс  
гражданской НАП  
(гос.-рег. сегмент)

Комплекс  
определения  
ПВЗ

Комплекс  
формирования  
UTC (SU)

Комплекс  
формирования  
СГП

Орбитальная  
группировка  
ГЛОНАСС

Ракетно-  
космические  
комплексы

НКУ  
(в т.ч. СС)

СДКМ

СС НП

Ведомств.  
ФД

Спец.  
комплексы

**Системное время *GPS (TGPS)*** — это Всемирное координированное время (*UTC*), отнесённое к началу 1980 года.

Поправки *TGPS* к *UTC* регистрируются с высокой точностью и передаются в виде постоянной величины в навигационном сообщении, а также публикуются в специальных бюллетенях.

**Системное время ГЛОНАСС** также периодически подстраивается под Всемирное координированное время.

В бортовую шкалу времени каждого из спутников вводится пересчётный коэффициент, зависящий от высоты орбиты и учитывающий релятивистские эффекты: движение спутника относительно наземных часов; разность гравитационных потенциалов на орбите и на поверхности Земли.

Так, для системы ГЛОНАСС он равен  $1-4,36 \cdot 10^{-10}$  (релятивистская поправка на 37,7 мкс в



Кроме навигации, координаты, получаемые благодаря спутниковым системам, используются в следующих отраслях:

**Геодезия:** с помощью систем навигации определяются точные координаты точек

**Картография:** системы навигации используются в гражданской и военной картографии

**Навигация:** с применением систем навигации осуществляется как морская, так и дорожная навигация

**Спутниковый мониторинг транспорта:** с помощью систем навигации ведётся мониторинг за положением, скоростью автомобилей, контроль за их движением

**Сотовая связь:** первые мобильные телефоны с GPS появились в 90-х годах. В некоторых странах (например, США) это используется для оперативного определения местонахождения человека, звонящего 911. В России в 2010 году начата реализация аналогичного проекта — Эра-ГЛОНАСС.

**Тектоника, Тектоника плит:** с помощью систем навигации ведутся наблюдения движений и колебаний плит

**Активный отдых:** существуют различные игры, где применяются системы навигации, например, Геокэшинг и др.

**Геотегинг:** информация, например фотографии «привязываются» к координатам благодаря встроенным или внешним GPS-приёмникам