

**ГЛОБАЛЬНЫЕ  
НАВИГАЦИОННЫЕ  
СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ  
(ГНСС)**

# Основные элементы ГНСС

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

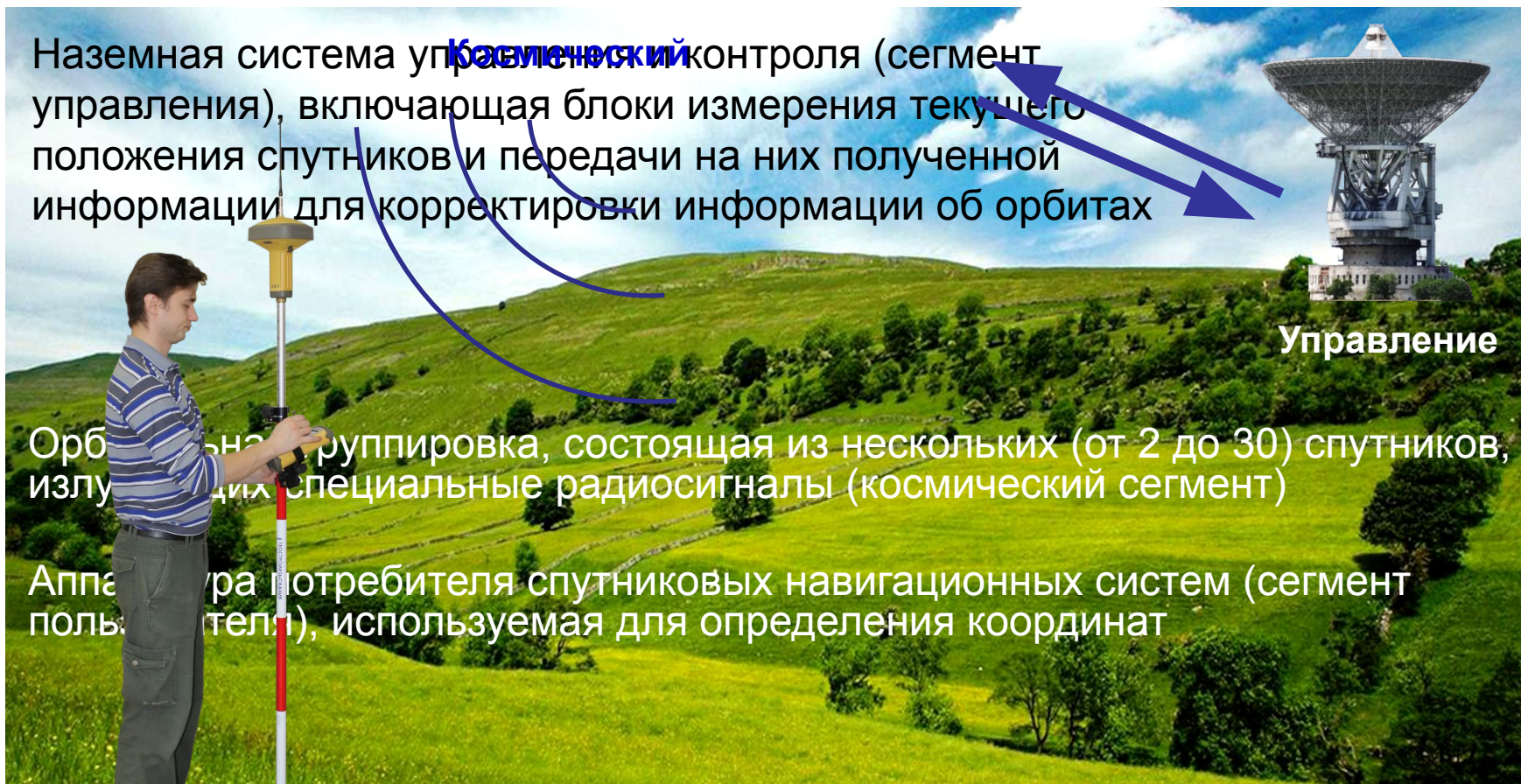


Управление

Орбитная группировка, состоящая из нескольких (от 2 до 30) спутников, излучающих специальные радиосигналы (космический сегмент)

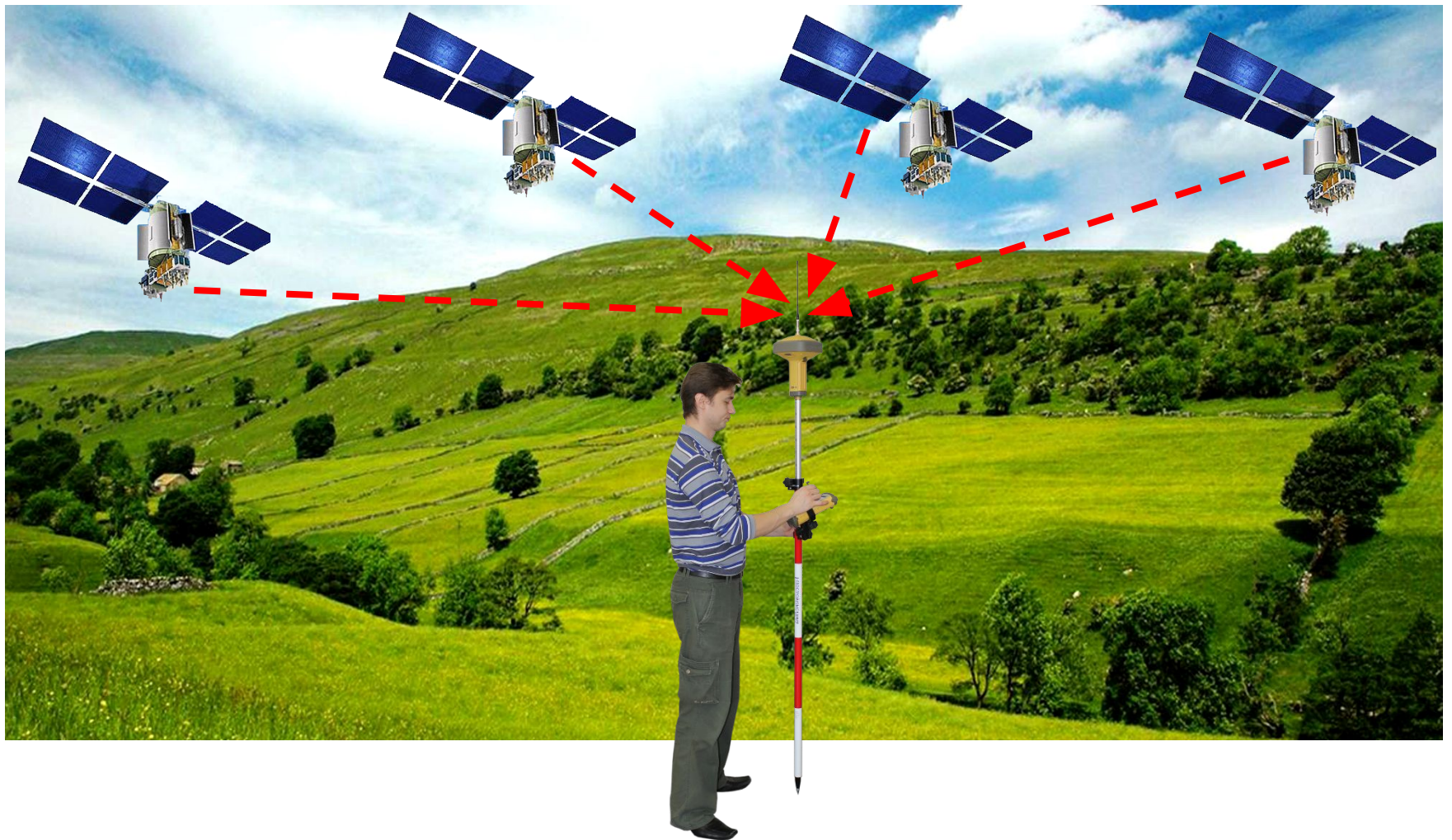
Аппаратура потребителя спутниковых навигационных систем (сегмент пользователя), используемая для определения координат

Пользователь



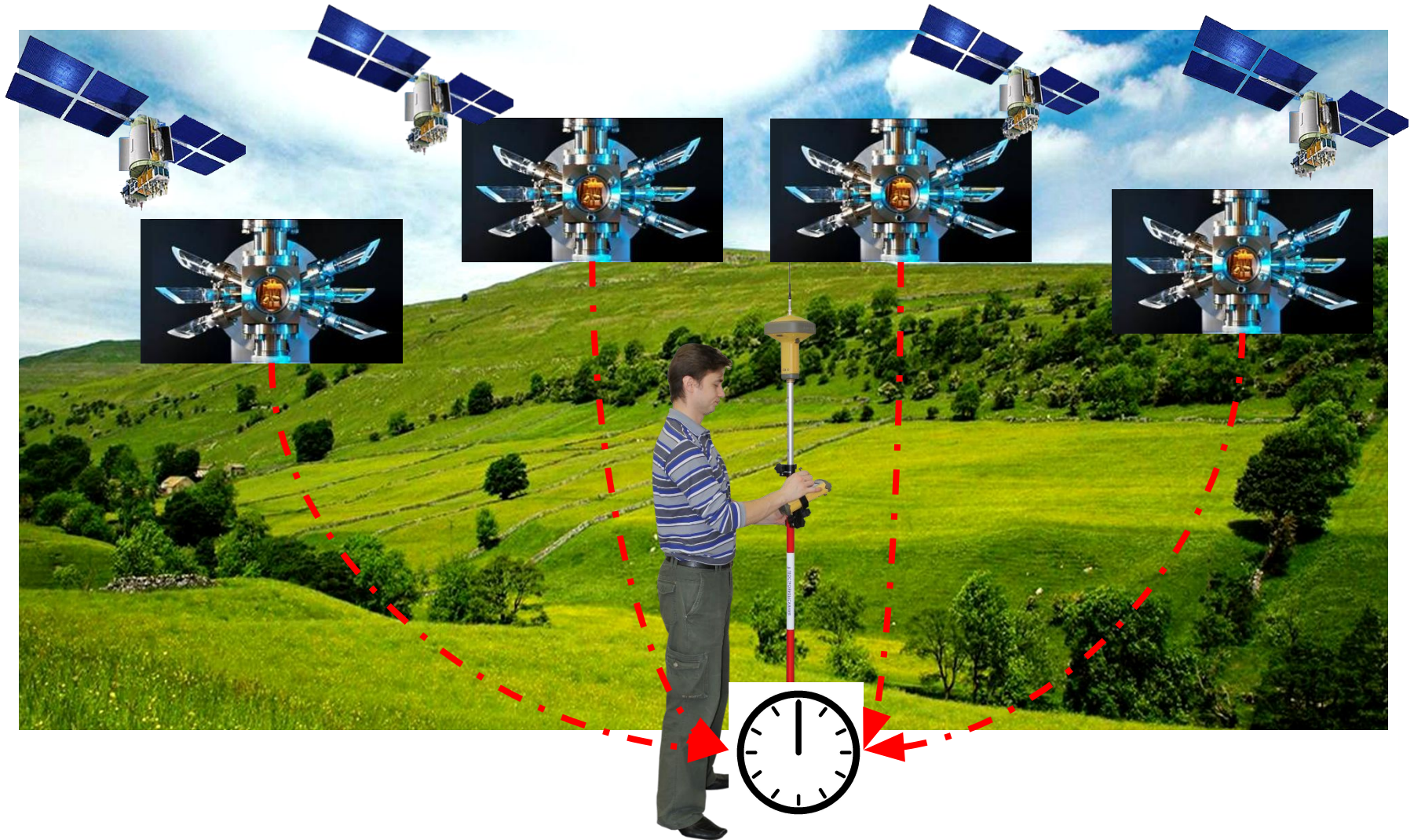


# Принцип работы ГНСС





# Принцип работы ГНСС



# Действующие ГНСС



**GPS** – Global Positioning System. Принадлежит министерству обороны США. Этот факт, по мнению некоторых государств, является её главным недостатком. Также известна под более ранним названием NAVSTAR.



**ГЛОНАСС** – Глобальная Навигационная Спутниковая Система. Принадлежит министерству обороны России. Система, по заявлениям разработчиков наземного оборудования, обладает 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.



# Действующие ГНСС



**Бэйдоу** – китайская спутниковая система навигации. Планируется, что космический сегмент навигационной спутниковой системы Бэйдоу будет состоять из 5 спутников на геостационарной орбите, 3-х спутников на геосинхронной орбите (с наклоном  $55^\circ$ ) и 27 спутников на средней околоземной орбите (~21 500 км)

Состав орбитальной группировки космической навигационной системы Бэйдоу на 10 марта 2020 года:

Всего в составе: 48 спутников

Используются по целевому назначению: 43 спутников

Не используется по целевому назначению: 5 спутников



**Galileo** – Европейская система, находящаяся на этапе создания спутниковой группировки. В отличие от американской GPS и российской ГЛОНАСС, система «Галилео» не контролируется национальными военными ведомствами.



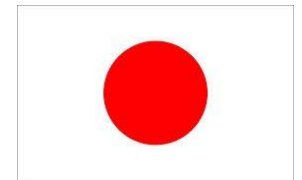
# Создаваемые ГНСС



**IRNSS** (Indian Regional Navigation Satellite System) – индийская региональная спутниковая система навигации, проект которой был принят к реализации правительством Индии. Разработка осуществляется Индийской организацией космических исследований (ISRO). Система будет обеспечивать только региональное покрытие самой Индии и частей сопредельных государств. Общее количество спутников системы IRNSS – 7.

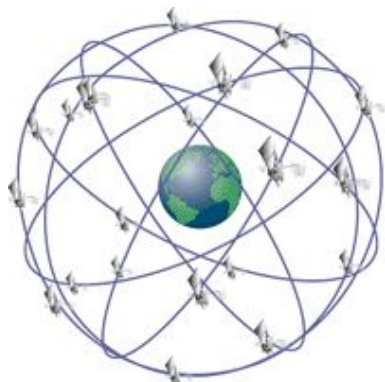


**QZSS** – «Квазизенитная спутниковая система», находящаяся на этапе создания спутниковой группировки – проект трёхспутниковой региональной системы синхронизации времени и одна из систем дифференциальной коррекции для GPS, сигналы которой будут доступны в Японии. предназначена для мобильных приложений, для предоставления услуг связи (видео, аудио и другие данные) и глобального позиционирования.





# Структура GPS



Число орбитальных плоскостей	6
Средняя высота орбиты	20 182 км
Период обращения	11 ч 57 м 58 с

Общее число спутников на орбите (25 марта 2020 года)	32
Используется по назначению	31
Временно выведен на техобслуживание	1

Частоты: L1 – от 1 602,5625 до 1 615,5 МГц, L2 - от 1 240 до 1 260 МГц, L3 - 1207,14 МГц

# Структура ГЛОНАСС

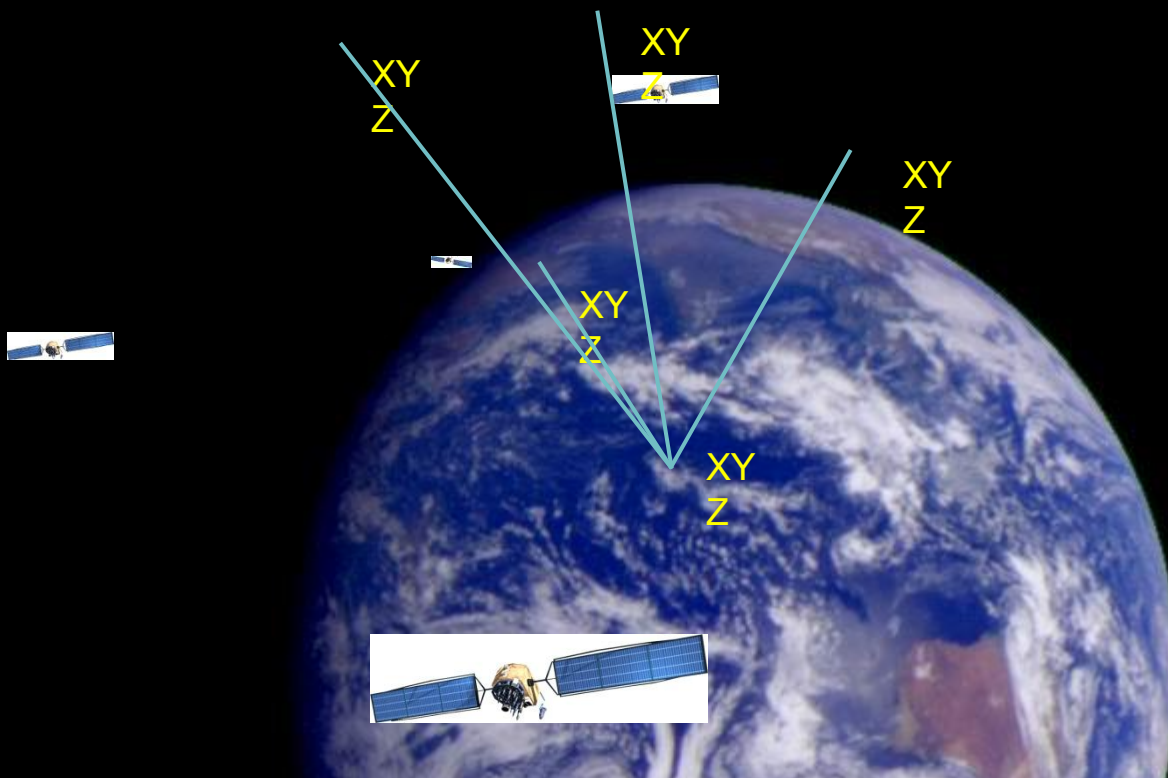
Число орбитальных плоскостей	3
Средняя высота орбиты	19 132 км
Период обращения	11 ч 15 м 44 с

Общее число спутников на орбите (18 марта 2020 года)	27
Используется по назначению	24
На этапе ввода в систему	1
Орбитальный резерв	1
На этапе летных испытаний	1

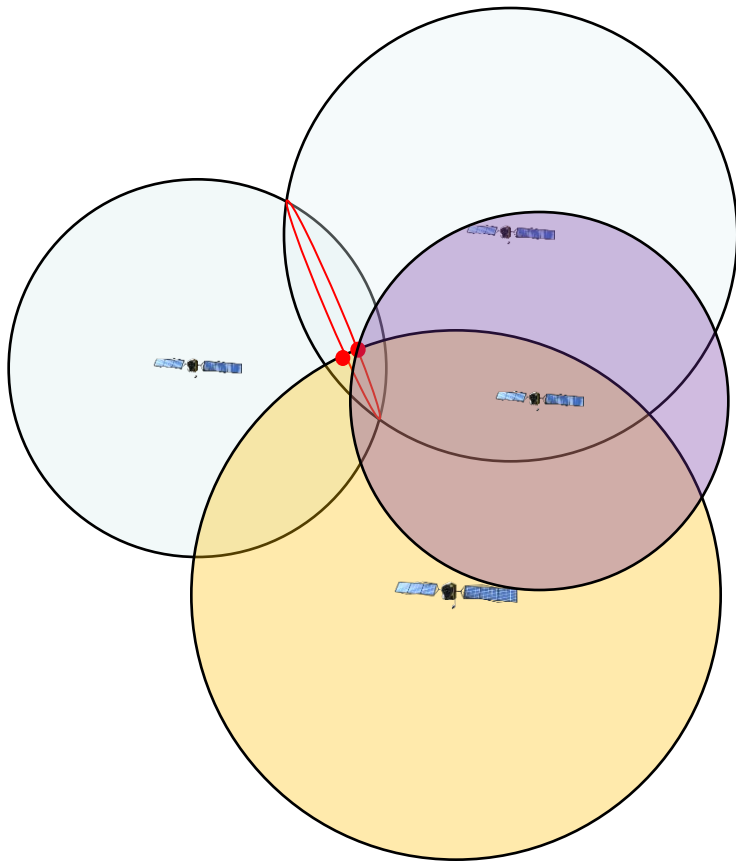
Частоты: L1 - 1575,42 МГц L2 - 1227,60 МГц L5 - 1176,45 МГц



# Абсолютный метод определения координат



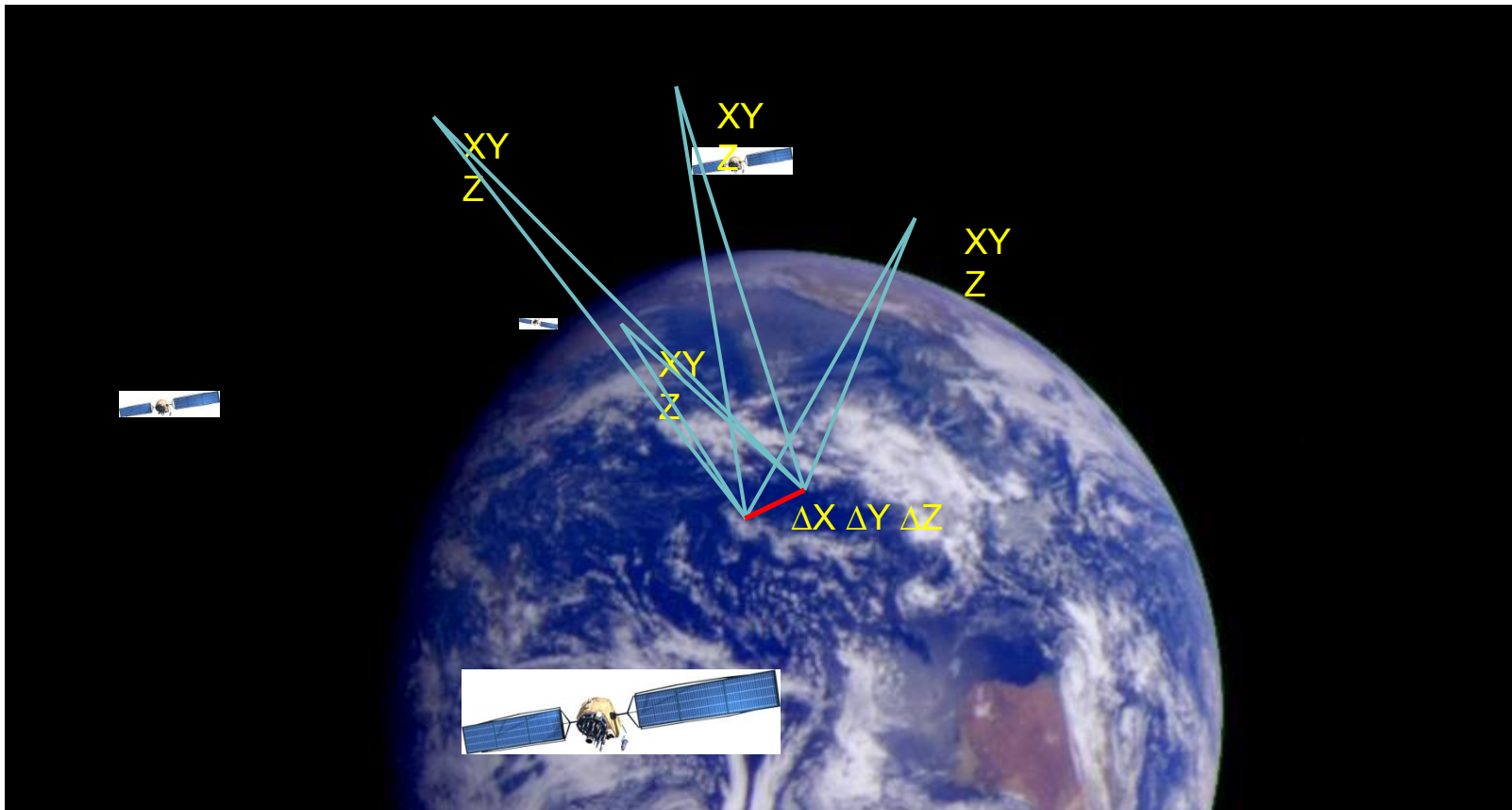
# Абсолютный метод определения координат



Метод определения расстояния  
от спутника до приемника – кодовый

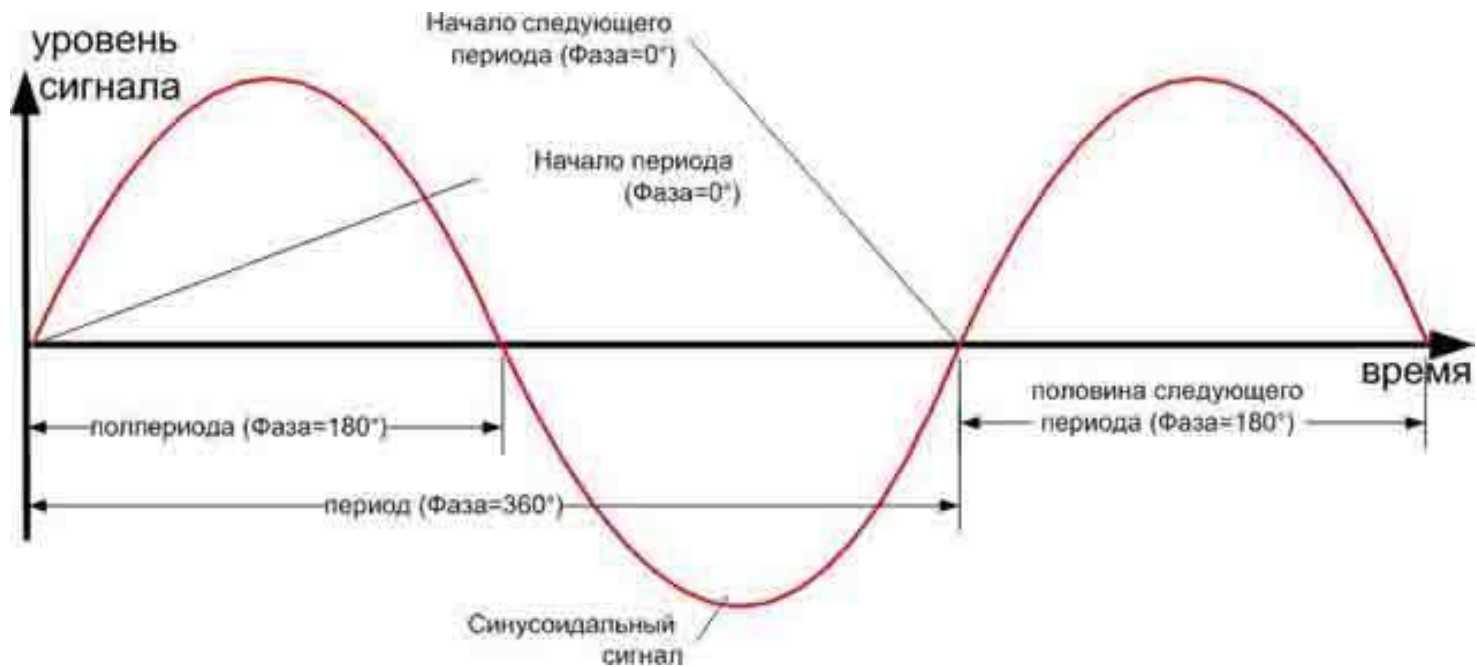
Точность определения координат –  
от 3 до 50 метров

# Относительный метод определения координат





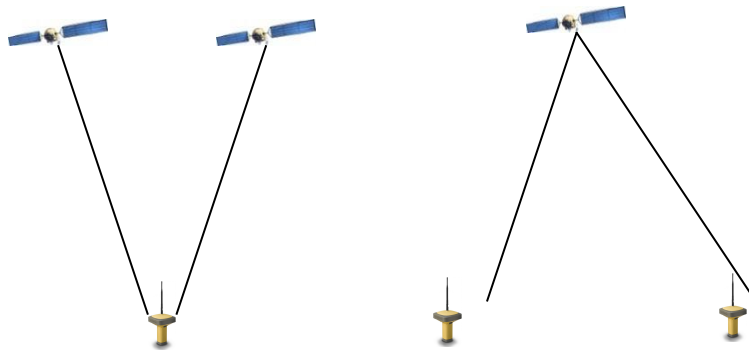
# Относительный метод определения координат



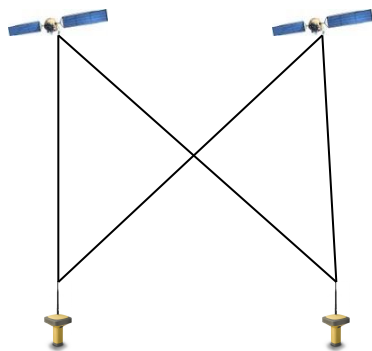
Метод определения расстояния от спутника до приемника – фазовый

Точность определения составляющих вектора – субсантиметровая

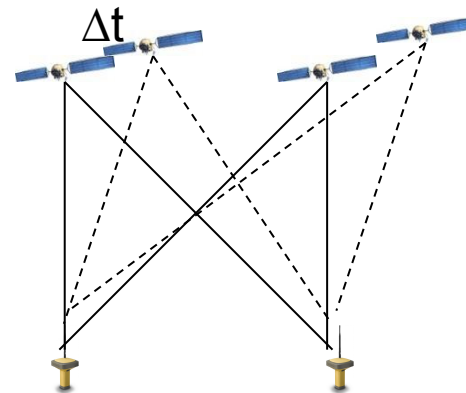
# Относительный метод определения координат



Первые фазовые разности

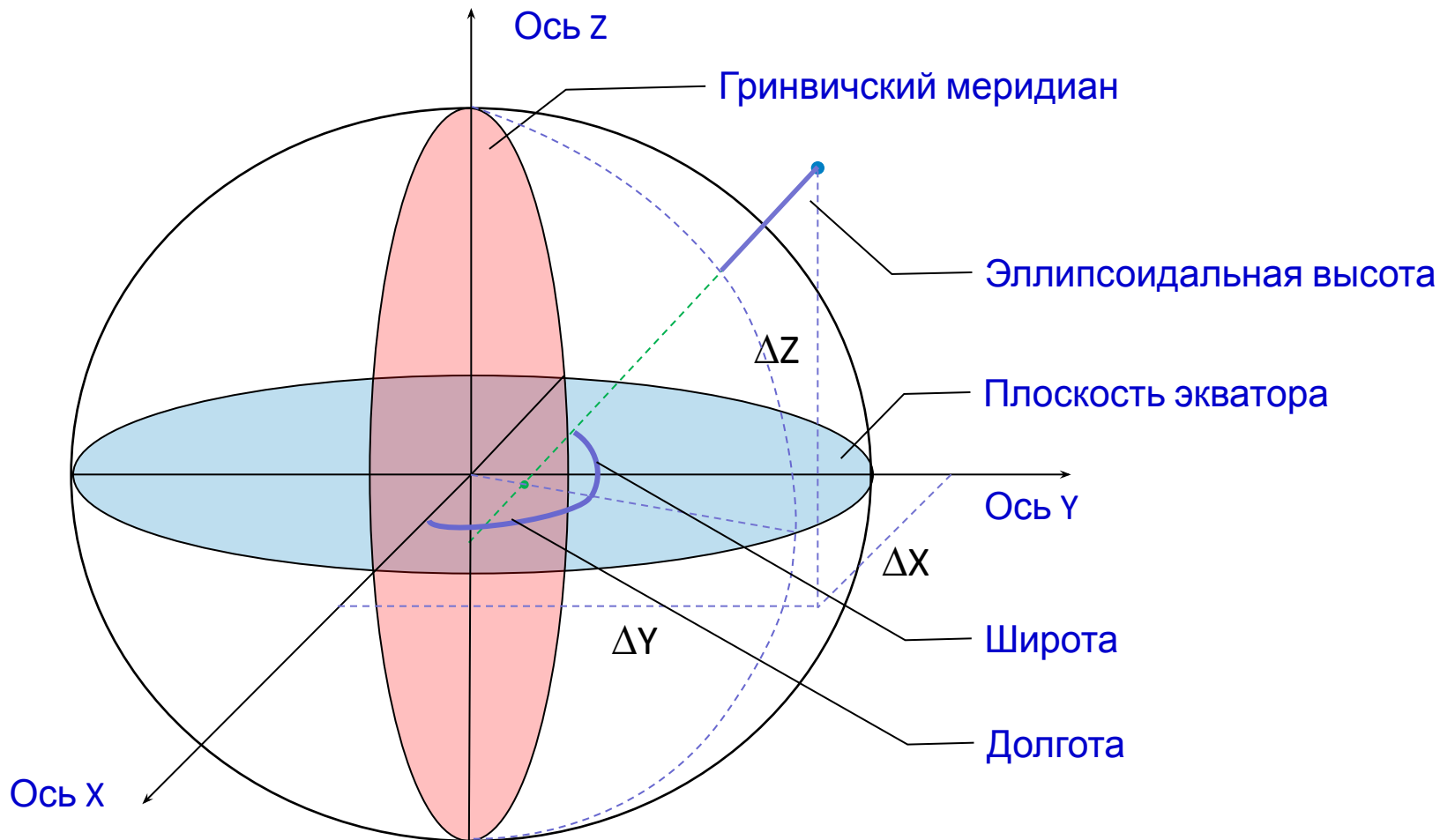


Вторые фазовые разности



Третьи фазовые разности

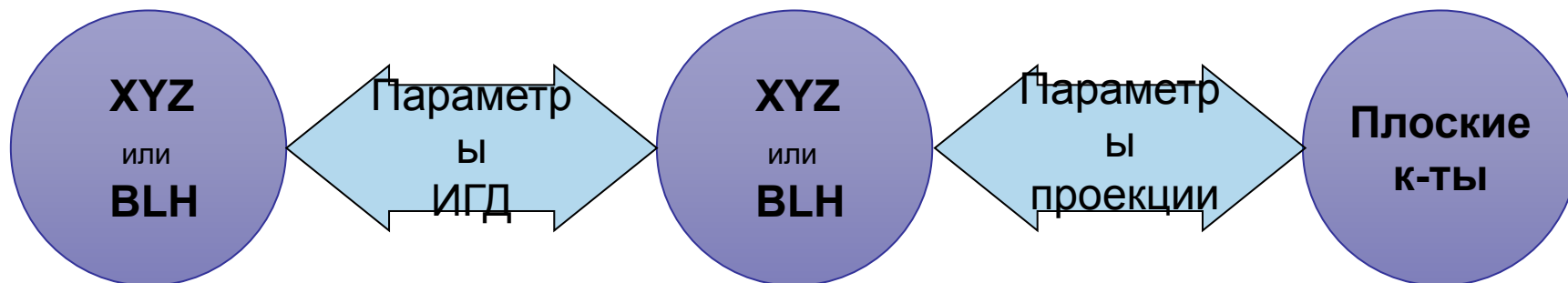
# Система отсчета WGS84





# Переход к местным системам координат

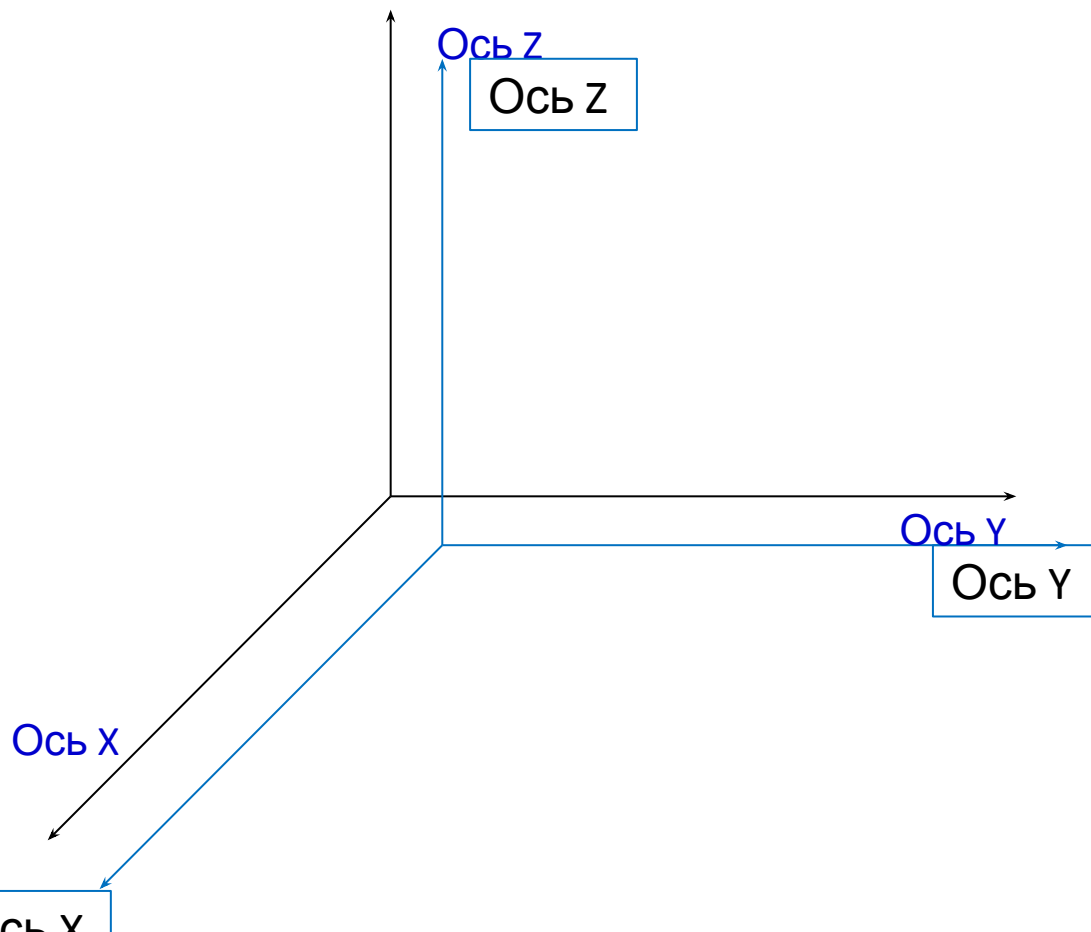
Использование параметров картографической проекции



# Переход к местным системам координат

Использование параметров картографической проекции

## Параметры ИГД



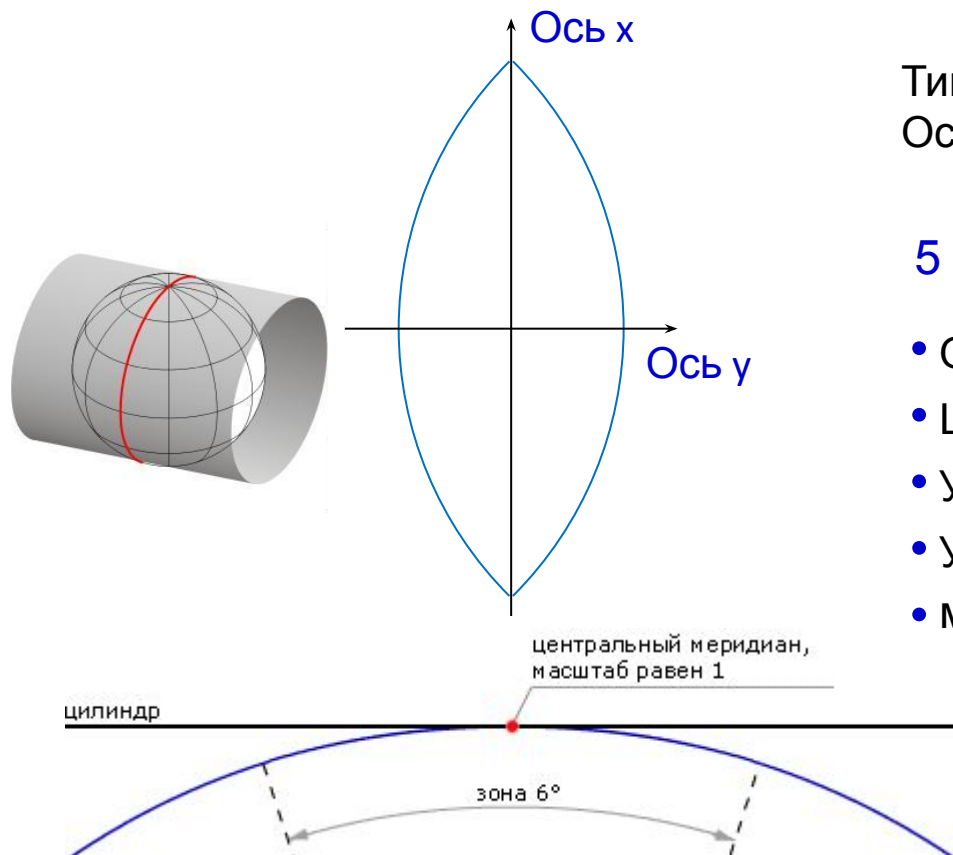
7 параметров:

- Смещение по осям
- Разворот относительно каждой из осей
- Масштабный коэффициент

# Переход к местным системам координат

Использование параметров картографической проекции

## Параметры проекции Гаусса-Крюгера (Поперечная Меркатора)



Тип – цилиндрическая  
Особенности – равноугольная

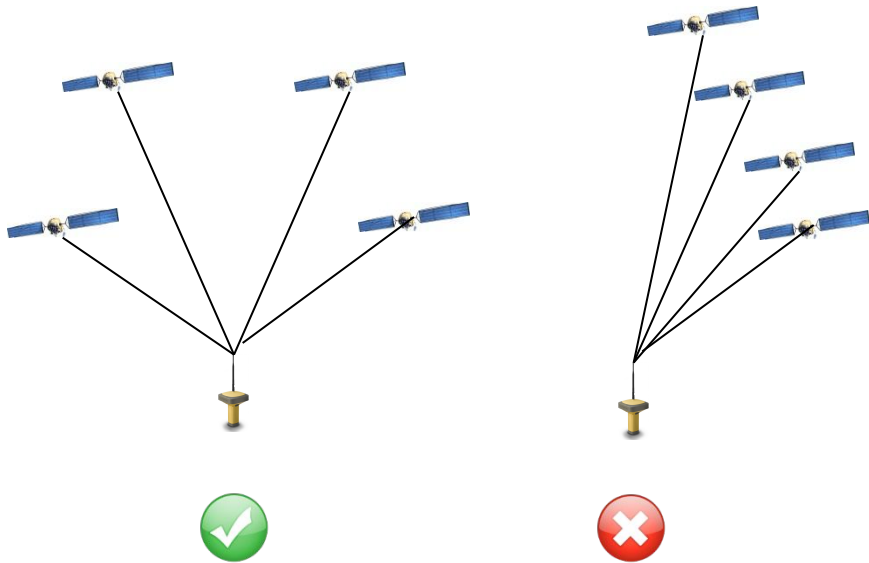
5 параметров:

- Осевой меридиан
- Широта начала отсчета
- Условное смещение на восток
- Условное смещение на север
- Масштабный коэффициент



# Источники ошибок при ГНСС измерениях

## Влияние расположения спутников



## Фактор понижения точности (DOP)

- GDOP – общий
- PDOP – позиционный
- HDOP – определения плановых координат
- VDOP – определения высот
- TDOP – времени

Чем меньше значение DOP, тем лучше.

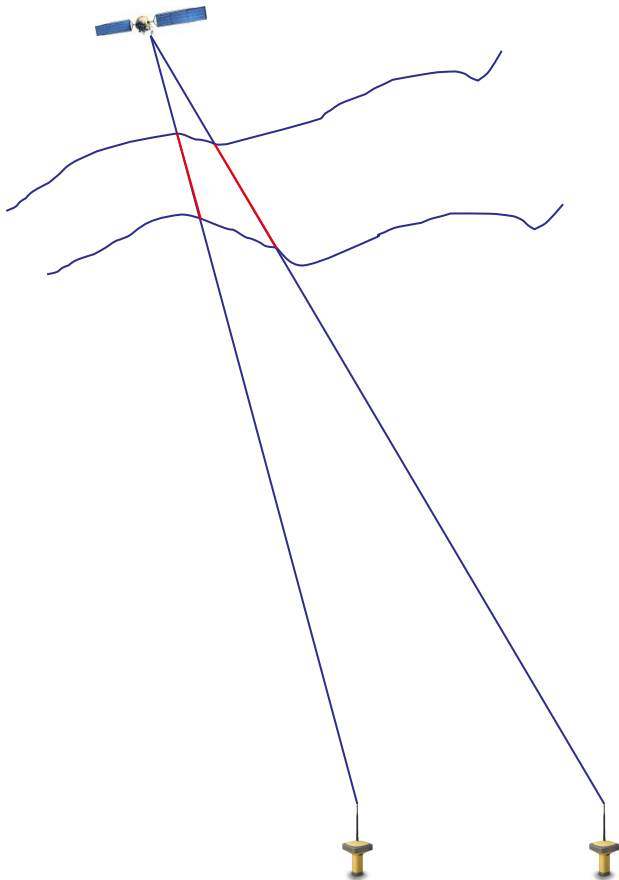
# Источники ошибок при ГНСС измерениях

## Ошибки орбит спутников



# Источники ошибок при ГНСС измерениях

## Влияние ионосферы



### Величина ошибки

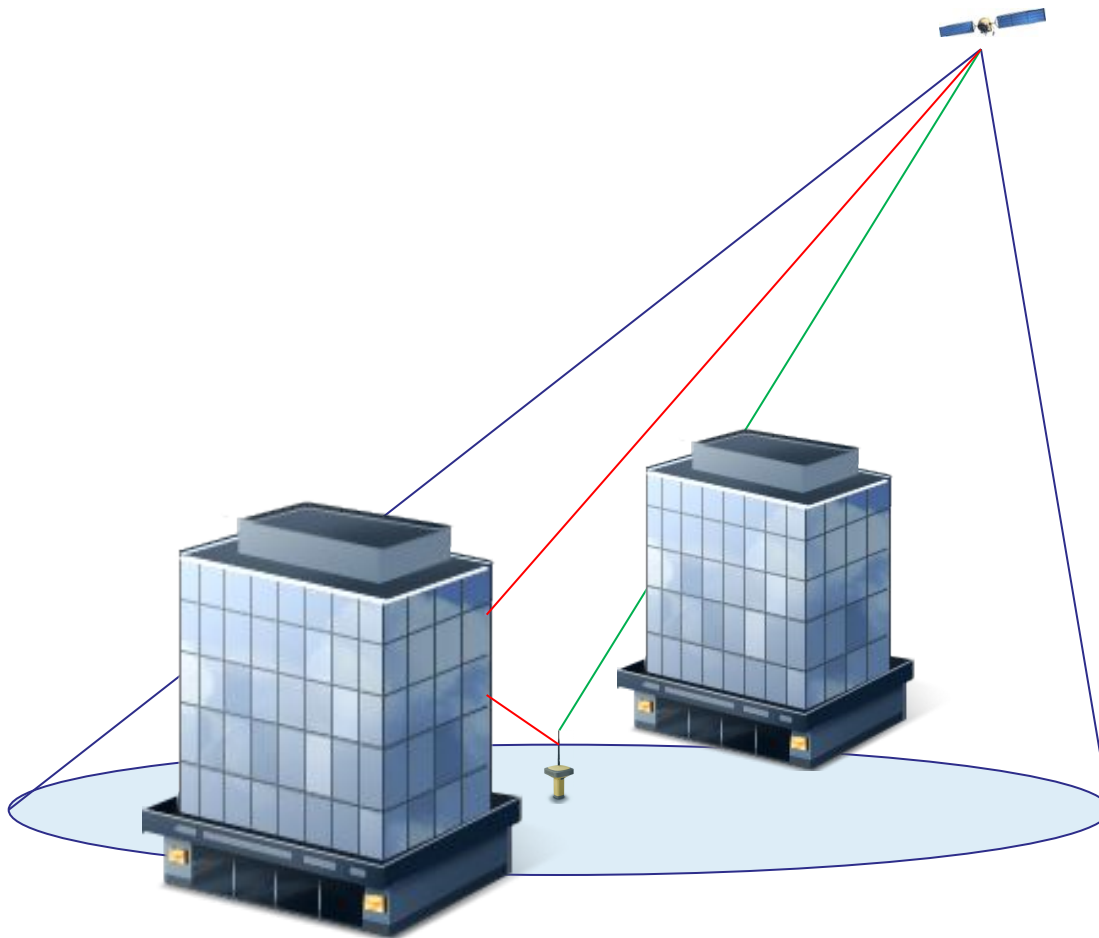
Абсолютный метод – 0.5-100 метров

Относительный метод – 1 до 50 мм/км

Ошибка устраняется за счет использования данных получаемых по второй частоте.

# Источники ошибок при ГНСС измерениях

## Многолуччево́сть (многопу́тность сигнала)



### Величина ошибки

Абсолютный метод – мм...см

Относительный метод – мм...см

Ошибка устраняется за счет правильного выбора мест установки ГНСС приемника, а так же путем исключения спутника из обработки после предварительного анализа.

# Основные виды оборудования ГНСС

## Классификация

### По типу используемой ГНСС

- **Односистемное**
  - GPS
  - ГЛОНАСС
  - Galileo
- **Многосистемное**
  - GPS/ГЛОНАСС
  - GPS/Galileo
  - GPS/ГЛОНАСС/Galileo

# Основные виды оборудования ГНСС

## Классификация

По типу принимаемых сигналов

- Кодовое
- Фазовое





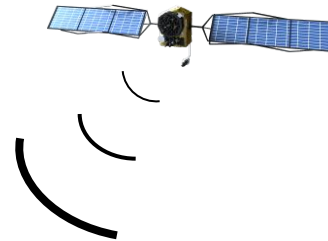
# Основные виды оборудования ГНСС

## Классификация

### По количеству частот

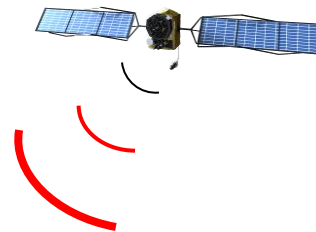
- Одночастотное

- L1



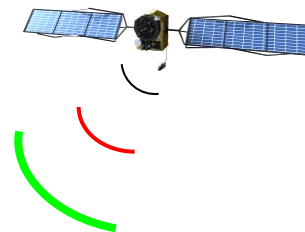
- Двухчастотное

- L1/L2



- Многочастотное

- L1/L2/L5



# Основные виды оборудования ГНСС

## Классификация

По назначению оборудования

- Навигационное
- Геодезическое
- ГИС
- OEM



# Основные виды оборудования ГНСС

Классификация

По конструкции

- Модульное
- Интегрированное
- OEM



# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

## Статика и быстрая статика



Получение координат – после обработки

Вид работ – создание съемочного обоснования и сгущение сетей

# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

## Кинематика в режиме реального времени (RTK)



Получение координат – в момент измерения

Доп. условие – передача корректирующей информации

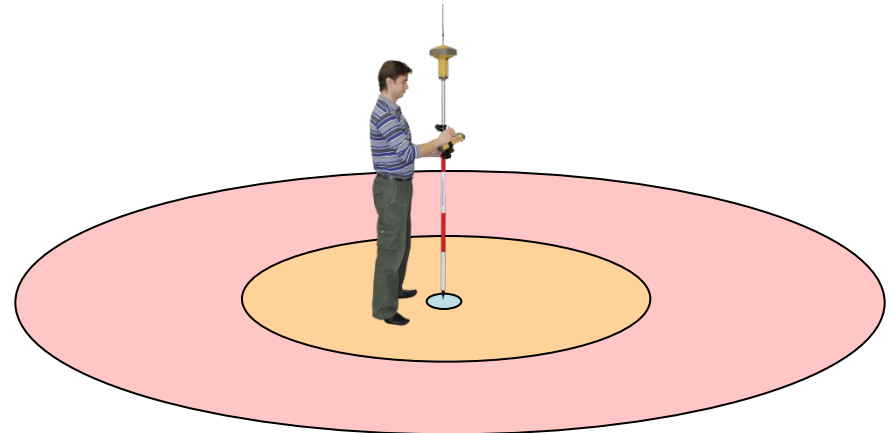
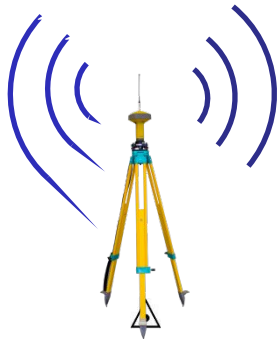
Вид работ – съемка ситуации и рельефа, вынос в натуру

# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

Кинематика в режиме реального времени (RTK)

Автоподкорректирующая (Автоматическая) Кинематика (АКК)

Точность 0,02 метра



Получение координат – в момент измерения  
Доп. условие – передача корректирующей информации  
Вид работ – съемка ситуации и рельефа, вынос в натуру



# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

## Кинематика в режиме реального времени (RTK)

### Обязательные условия:

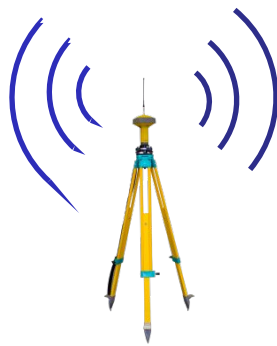
- Хорошие условия приема сигналов на базовом приемнике (открытая местность с минимальным числом помех)
- Обязательное получение корректирующей информации от приемника, установленного на точке с известными координатами.
- Удаление от приемника на точке с известными координатами не должно превышать: для L1 – 5 км, для L2 – 40-50 км.
- Перезапуск измерений при ухудшении условий наблюдений.

# Методы связи в RTK

## Радиосвязь



До 10 км



1 Вт



До 5 км



До 2 км

### Плюсы:

- Нет оплаты услуг связи
- Работает в любой точке Земли
- Нет ограничения количества подключений

### Минусы:

- Требуется получение разрешительных документов
- Малая дальность работы
- Зависимость от местности

# Методы связи в RTK

## GSM связь (CSD соединение)



*Линия занята*



Встроенный GSM модем

*Линия CSD*

*Звонок*



### Плюсы:

- Работы на больших расстояниях (до 50 км)

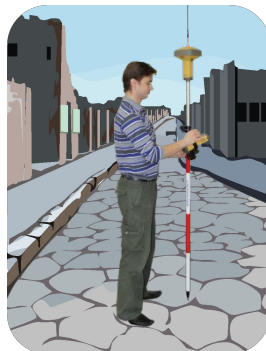
### Минусы:

- Поминутная тарификация
- Зона обслуживания зависит от сотового оператора
- Качество связи сотового оператора влияет на работу
- Количество одновременно работающих подвижных приемников равно числу модемов на базовой станции

# Методы связи в RTK

## Интернет соединение (TCP/IP)

Встроенный  
GSM модем  
или  
сервер



### Плюсы:

- Работы на больших расстояниях (до 50 км)
- Одновременная работа нескольких пользователей (для встроенного модема до 5)
- Тарификация за переданный трафик (до 5 Мб в час)

### Минусы:

- Зона обслуживания зависит от сотового оператора
- Качество связи сотового оператора влияет на работу
- Необходимость получения статического IP для sim-карты установленной на базе

Стационарная  
БС



Сервер



## Плюсы:

- Работы на больших расстояниях (до 50 км)
- Одновременная работа нескольких пользователей
- Тарификация за принятый трафик (до 5 Мб в час)
- Защита от несанкционированного подключения

## Минусы:

- Зона обслуживания зависит от сотового оператора
- Качество связи сотового оператора влияет на работу

# Общий принцип комплектации оборудования

## Статика



**X 2** GNSS приемник

**X 2** Адаптер трегера

**X 2** Трегер

**X 2** Деревянный штатив (тяжелый)

## Дополнительно:



Внешнее питание



# Общий принцип комплектации оборудования

## RTK база

...или ГНСС приемник  
со встроенными GSM  
и радиомодемами

Адаптер трегера

Трегер (с оптическим  
центриром)

...или внешний радиомодем

Деревянный штатив (стандартный)

## Дополнительно:

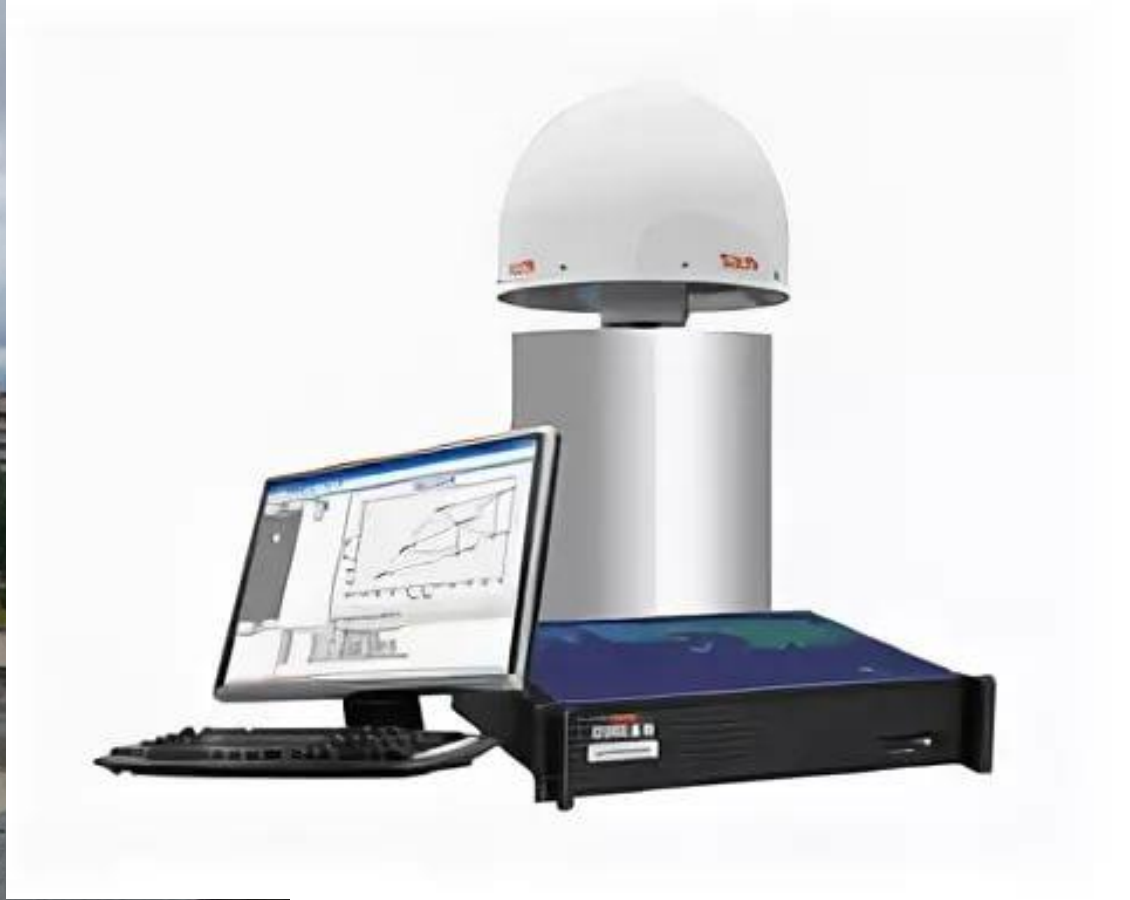


Внешнее питание

Внешний  
GSM  
модем...











## Network description

TopNET live ist der Topcon GNSS-Korrekturdatendienst, der seinen Abonnenten über Mobilfunk Korrekturdaten für Ihre GNSS-Empfänger liefert. Dies ermöglicht es den Nutzern die tagtäglich anfallenden Positionierungsaufgaben ohne das Aufstellen einer eigenen Basisstation zu erledigen, da die Korrekturdaten über eine preiswerte GPRS-Verbindung übermittelt werden. Der Service bietet eine Positionierung in Echtzeit für DGPS und Netzwerk DGPS. Die Genauigkeit Ihrer Wahl an.

