

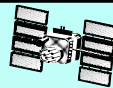


## Фаза Кода Измерения и Результаты

*Базовые принципы и источники ошибок*

Е

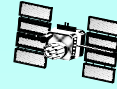
## Фактор снижения точности (DOP)



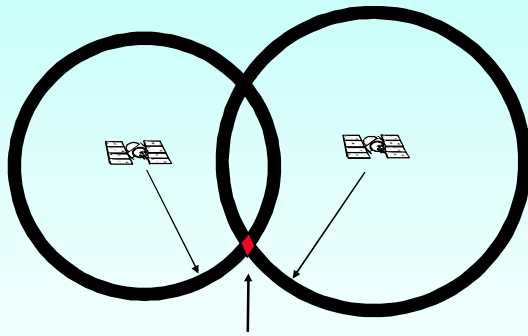
- DOP - геометрический фактор качества обратной пространственной засечки
- DOP зависит от взаимного расположения спутников и приемника
- DOP - это увеличительный фактор, который преобразует шум спутниковых измерений в шум конечного решения
- Чем ниже DOP, тем более точное решение (координаты)
- Чем выше DOP, тем менее точные координаты
- В геодезии чаще всего используют **PDOP** и **RDOP**
  - **PDOP** = Позиционное снижение точности - показатель **мгновенной** геометрии НИСЗ
  - **RDOP** = Относительное снижение точности - показатель **изменения** в геометрии НИСЗ **за период наблюдений**

Е

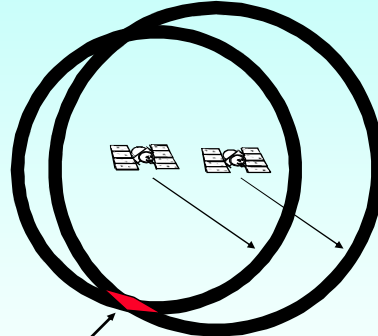
## Качество обратной засечки



- Взаимное положение спутников может быть причиной ошибок



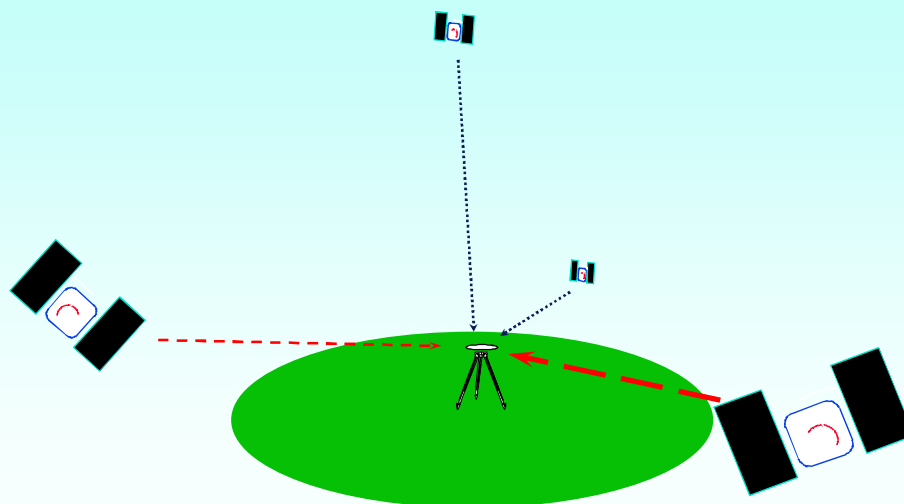
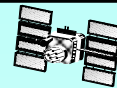
*Область поиска решения на самом деле не является точкой*



*Чем ближе располагаются спутники, тем больше область поиска решения*

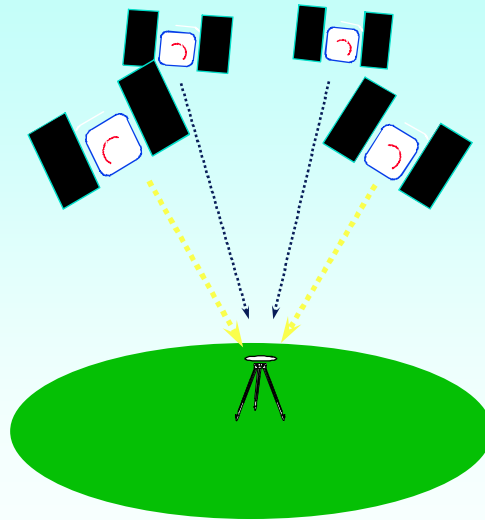
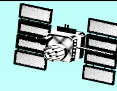
È

## Хорошая геометрия спутников



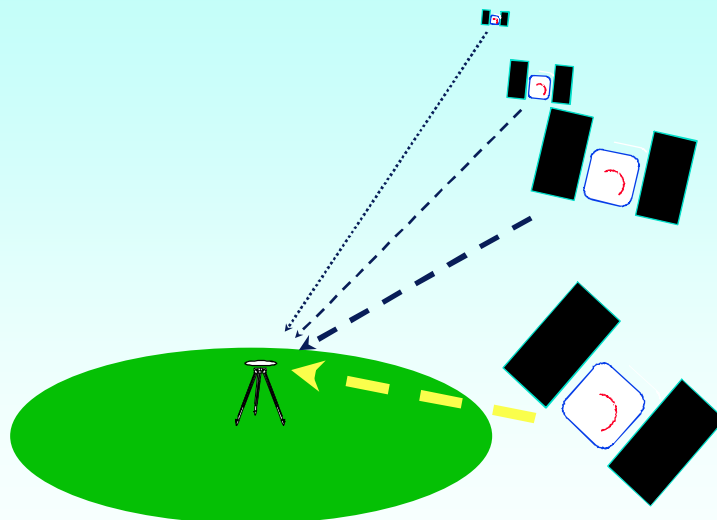
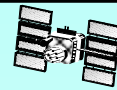
È

## Плохая геометрия спутников



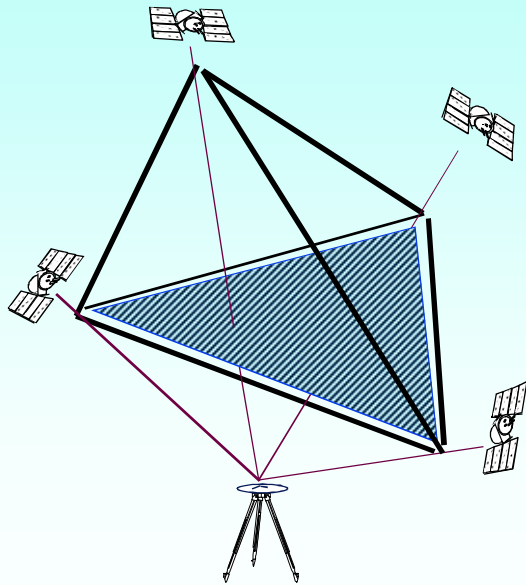
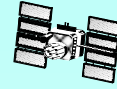
È

## Плохая геометрия спутников



È

## Геометрический смысл PDOP



Геометрический  
смысл PDOP

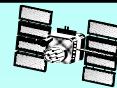
*пирамида*

чем больше  
ее объем,  
тем ниже DOP

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{\text{пир}} = \max \\ \text{PDOP} = 1 \end{array} \right\}$$

È

## Фактор Снижения Точности (DOP)



$$\text{PDOP}^2 = \text{HDOP}^2 + \text{VDOP}^2$$

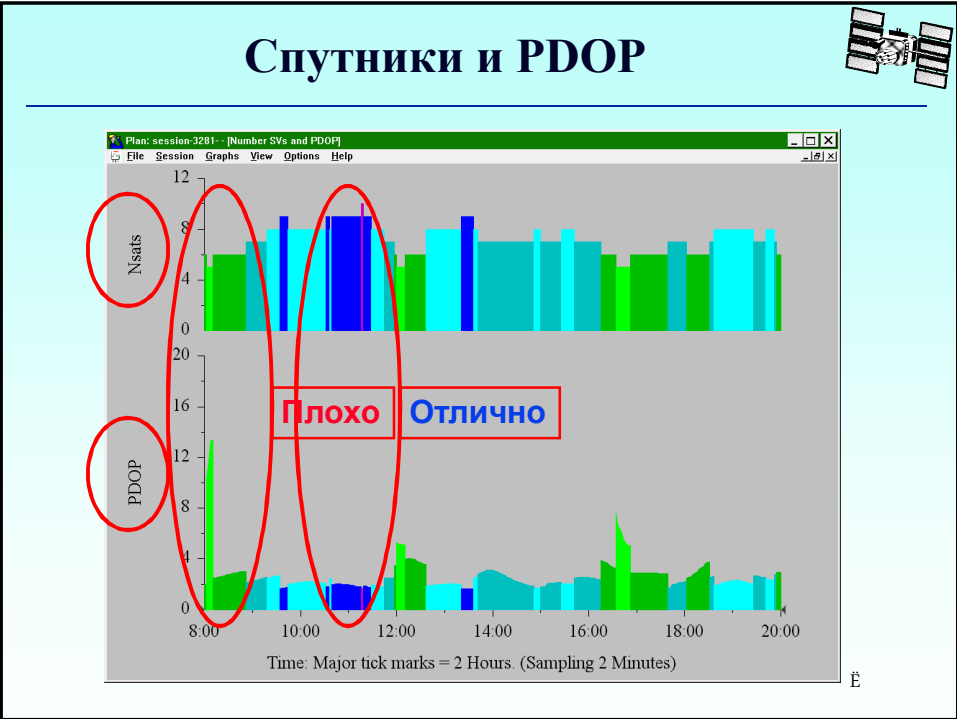
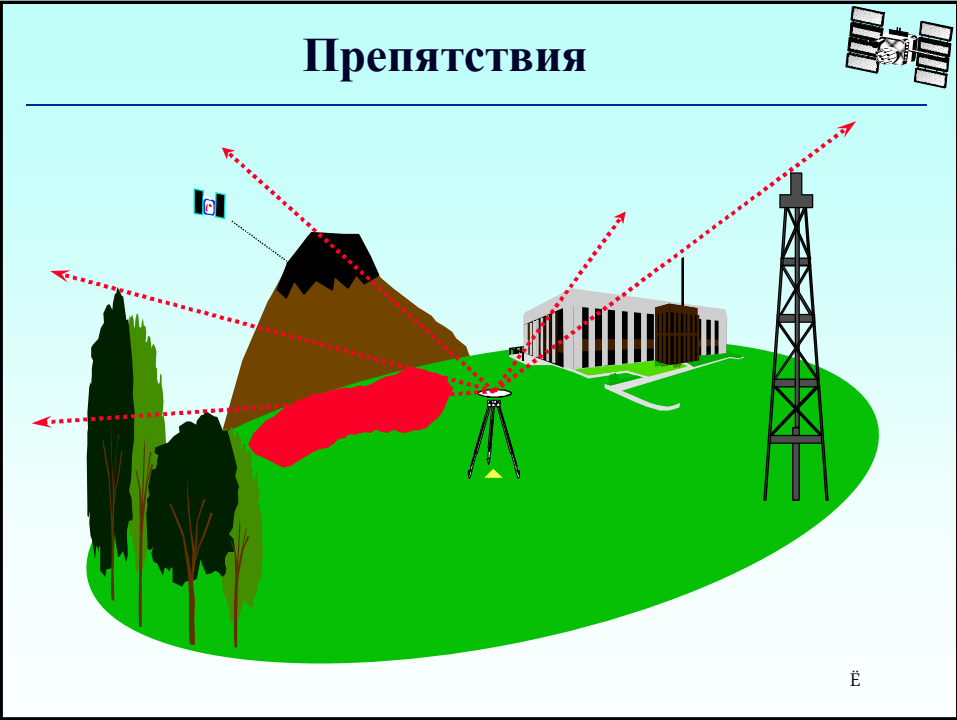
$$\sigma_{\text{коорд}} = \text{PDOP} * \text{URA}$$

Среднеквадратическая  
среднесуточная  
величина

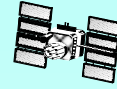
**PDOP = 3.3**

- |                              |   |                        |
|------------------------------|---|------------------------|
| $1 \leq \text{PDOP} \leq 3$  | - | отличная геометрия     |
| $3 \leq \text{PDOP} \leq 7$  | - | хорошая геометрия      |
| $7 \leq \text{PDOP} \leq 12$ | - | плохая геометрия       |
| $12 \leq \text{PDOP}$        | - | очень плохая геометрия |

È



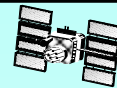
## Обзор



- О состоянии GPS Гражданских пользователей информирует **Береговая Охрана США (US Coast Guard)**
- Файл **эфемерид** (\*.eph или \*.ssf) содержит всю необходимую информацию о спутниках
- Для планирования необходимы **приблизительные координаты** объекта работ
- **Препятствия** мешают приему спутниковых сигналов (проведите **рекогносцировку**)
- Выполняйте измерения когда:  
**достаточно спутников** и приемлемый **PDOP**

È

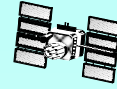
## Режим Селективного Доступа (SA)



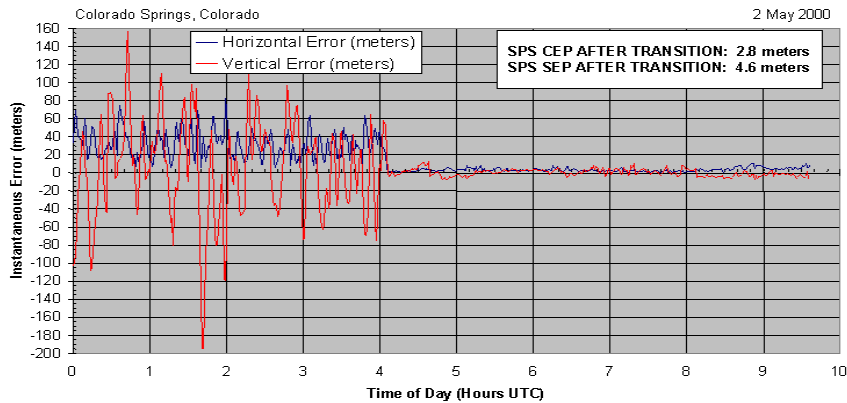
- **Селективный Доступ** - искусственно вносимая МО США погрешность в спутниковые данные
- **Селективный Доступ** - самый большой источник ошибок **автономных** определений
- **Селективный Доступ** - это сумма двух эффектов:
  - Epsilon - манипулирование данными - “ложные” эфемериды
    - изменяется очень медленно - период около 1 часа
  - Dither - варьирование часами
    - имеет циклическую вариацию - 1 цикла от 4 до 15 минут
- Наблюдения на двух пунктах (относительные измерения) позволяют полностью исключить влияние SA
- В 1996 Клинтон объявил о снятии режима SA к 2000 году

È

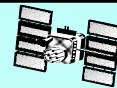
## Конец SA 2 мая 2000 г.



### SA Transition -- 2 May 2000



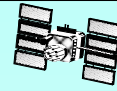
## Режим Anti-Spoofing - AS (против раскодирования)



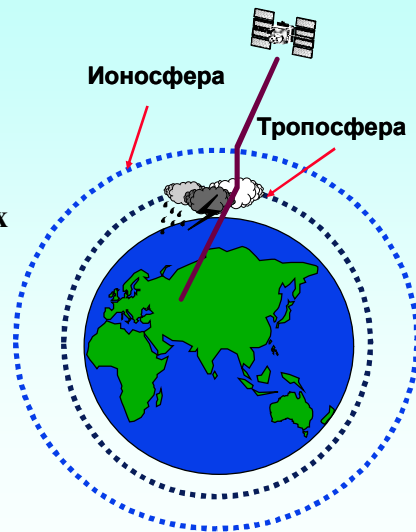
- Перешифровка P-кода (в Y код)
- Влияет на работу только P-кодовой аппаратуры
- Фирмы-производители минимизируют влияние этого эффекта специальными программными методами (Cross-correlation, Z-tracking, Code-Aided, Super-Trak)
- В некоторых случаях могут потребоваться более продолжительные наблюдения

Е

## Влияние Атмосферы

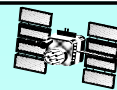


- Спутниковые сигналы задерживаются при прохождении ионосферы и тропосферы
- Приемники могут оценить величины поправок для этих задержек
  - параметры по данным из навигационного сообщения
  - применяются стандартные модели



Е

## Ошибки из-за влияния ионосферы

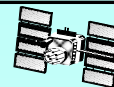


- Ионосферная Задержка =  
Задержка по местной вертикали \* Фактор наклона
- Приемники, использующие P-код на обеих частотах могут полностью исключить влияние ионосферы
- При автономном позиционировании ионосферная задержка оценивается по параметрам модели ионосферы, содержащимся в навигационном сообщении

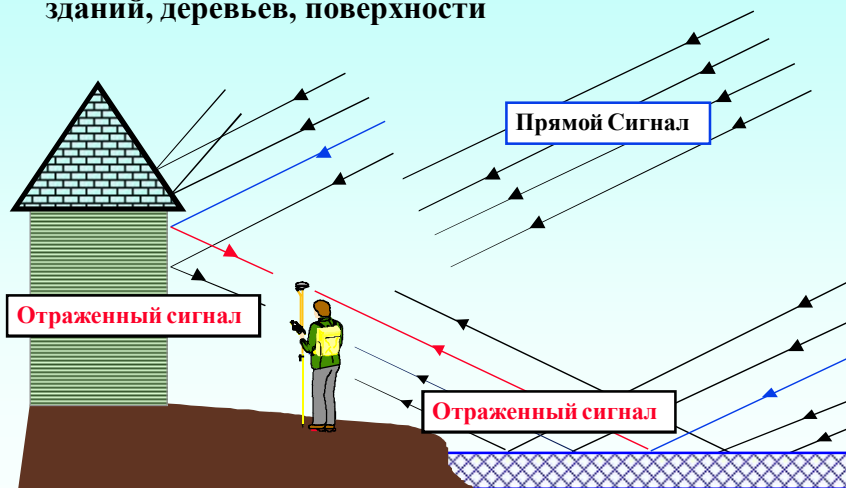
Е



## Многолучевость

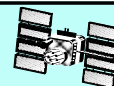


- Зашумление полезного сигнала переотраженным от зданий, деревьев, поверхности



Е

## Бюджет ошибок



- Типичные ошибки

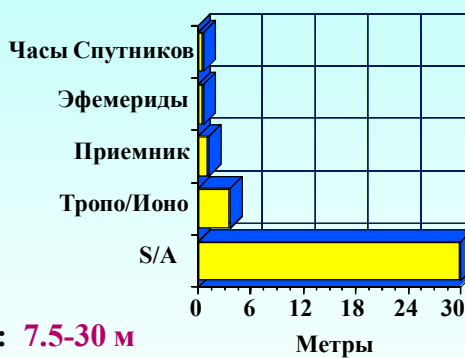
- часы спутников 0.6 м
- ошибки эфемерид 0.6 м
- ошибки приемника 1.2 м
- тропо/ионосфера 3.6 м

- Всего (СКО) : **4.5 - 9.0 м**

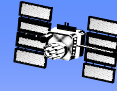
- При умножении на HDOP (обычно 1.5-3)

общая ошибка (в плане): **7.5-30 м**

- С включенным S/A : **100 м**



Е

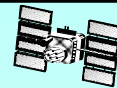


# Дифференциальные Наблюдения

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

È

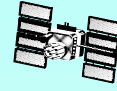
# Дифференциальная Коррекция



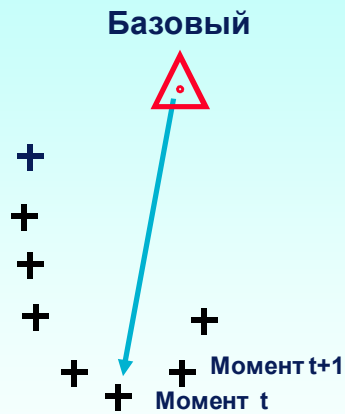
- Точность автономных определений по коду - **10 м (95%)**
- Результаты кодовых измерений (координаты) можно уточнить используя технологию **дифференциальной коррекции**
- **Дифференциальная коррекция** - это процесс совместной обработки спутниковых данных, собранных GPS-приемником (**базовым**), размещенном на пункте с известными координатами и другим GPS-приемником, (**мобильным**) установленном на определяемой точке с целью уточнения координат вычисленных последним

È

## Дифференциальная коррекция (принцип)

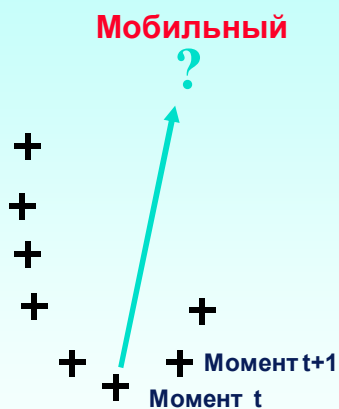
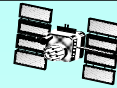


- Точность автономных определений - 10 м
- Если Вы собираете данные стационарно на одном пункте, то можно вычислить отклонения определенных координат от их истинного значения
- Каждое из этих отклонений связано с GPS-временем



Е

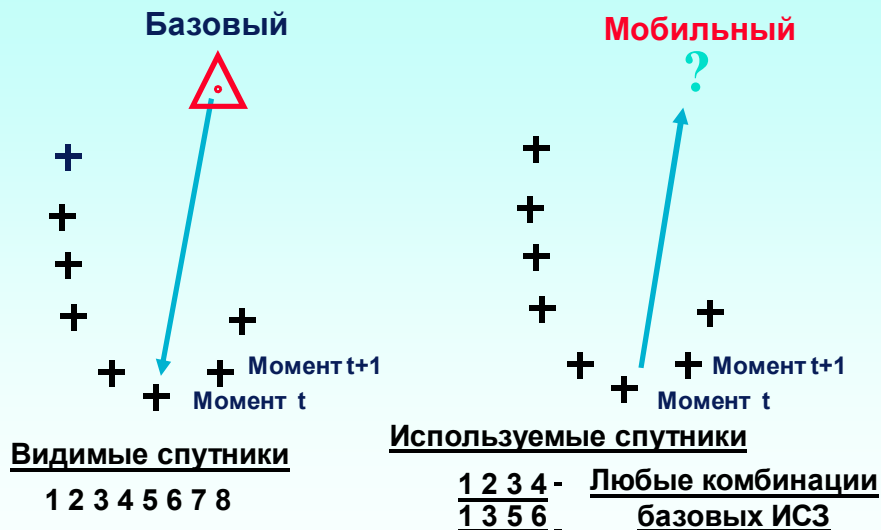
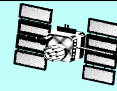
## Дифференциальная коррекция (продолжение)



- Отклонения (ошибки) автономных координат, определенных в одно и то же время, будут одинаковы в некотором регионе

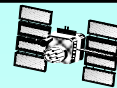
Е

## Дифференциальная коррекция (продолжение)



È

## 2 метода вычисления дифпоправок



При дифференциальной коррекции используется два основных метода вычисления поправки:

- на базовой станции вычисляются поправки в измеренные псевдодальности спутников

$$\delta R = R_{\text{измер}} - R_{\text{изв}}$$

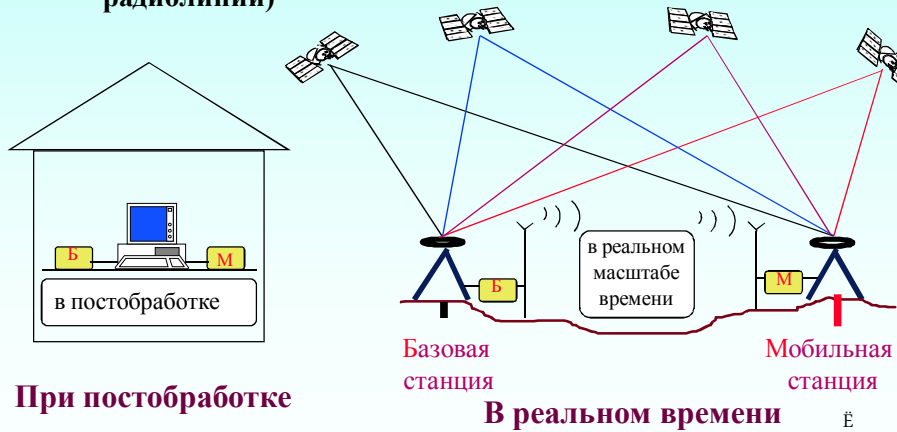
- на базовой станции вычисляются поправки в координаты

$$\{dX, dY, dH\} = \{X, Y, H\}_{\text{измер}} - \{X, Y, H\}_{\text{изв}}$$

È

## 2 метода применения дифпоправок

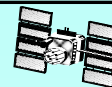
- Дифференциальная поправка может вычисляться и
  - использоваться в **постобработке** (на компьютере)
  - передаваться в **реальном масштабе времени** (по радиолинии)



## Режим дифференциальной GPS (DGPS)



## Исключаемые GPS ошибки

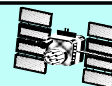


### *Ошибки системы - исправимые при DGPS*

- Селективный доступ
- Ионосфера
- Тропосфера
- Ошибка часов спутника
- Ошибки орбит

Е

## Неисключаемые GPS ошибки

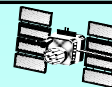


### *Местные (только для одного GPS приемника) ошибки - не исправимые при DGPS :*

- Многолучевость
  - Используйте экран
  - Отойдите от источников многолучевости
- Шум каналов приема и межканальный наклон
  - Используйте дифференциальный GPS приемник
- Фиксация в режиме 2-D (с плохой высотой)
  - Используйте режим "Только 3D" при сборе информации
  - Высокий PDOP
  - Подождите изменения геометрии спутников

Е

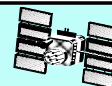
## Обзор использования кодов GPS



- Коды GPS позволяют определять **автономные координаты** (СКО=10 м) в реальном масштабе времени
- Точность измерений можно повысить путем использования **дифференциальных поправок**, которые вычисляются по измерениям на пункте с известными координатами
- Поправки могут использоваться как в **реальном масштабе времени**, так и в **постобработке**
- После дифференциальной коррекции точность определения координат при помощи кодовых приемников от субметра (30-50 см) до **5 метров** в зависимости от типа приборов

È

## Кто использует коды?



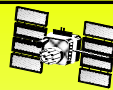
### Области использования кодовой аппаратуры:

- Мелкомасштабная топография
- Координатно-временное обеспечение ГИС
- Геофизические изыскания
- Управление лесным и сельским хозяйством
- Геология
- Гидрография
- Точная навигация
- Любые задачи, где необходима точность от 0.5 до 5м
- Начальные значения для высокоточных алгоритмов (вектор {dx,dy,dz} - см!)

È

# ВОПРОСЫ

---



?

È