

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев Университеті

Ө.А.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

7M07306 Геопространственная цифровая инженерия

МАР7012 «Инновационные методы инженерно-
геодезических работ»

12 лекция. Основные сведения о глобальных навигационных спутниковых системах..

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ: PhD, АССОЦ.ПРОФ. КОЖАЕВ Ж.Т.

АЛМАТЫ 2022

Спúтниковая систéма навига́ции (*англ.* Global Navigation Satellite System, GNSS, ГНСС) — система, предназначенная для определения местоположения (географических координат) наземных, водных и воздушных объектов, а также низкоорбитальных космических аппаратов. Спутниковые системы навигации также позволяют получить скорости и направления движения приемника сигнала. Кроме того, могут использоваться для получения точного времени. Такие системы состоят из космического оборудования и наземного сегмента (систем управления). В настоящее время только две спутниковые системы обеспечивают полное покрытие и бесперебойную работу для всего земного шара — GPS и ГЛОНАСС

- **GPS** (англ. Global Positioning System — система глобального позиционирования, читается Джи Пи Эс) — **спутниковая система навигации**, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение во всемирной системе координат WGS 84. Позволяет в любом месте Земли (не включая приполярные области), почти при любой погоде, а также в космическом пространстве вблизи планеты определить местоположение и скорость объектов. Система разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США.





Принцип навигации на базе ГЛОНАСС



- 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

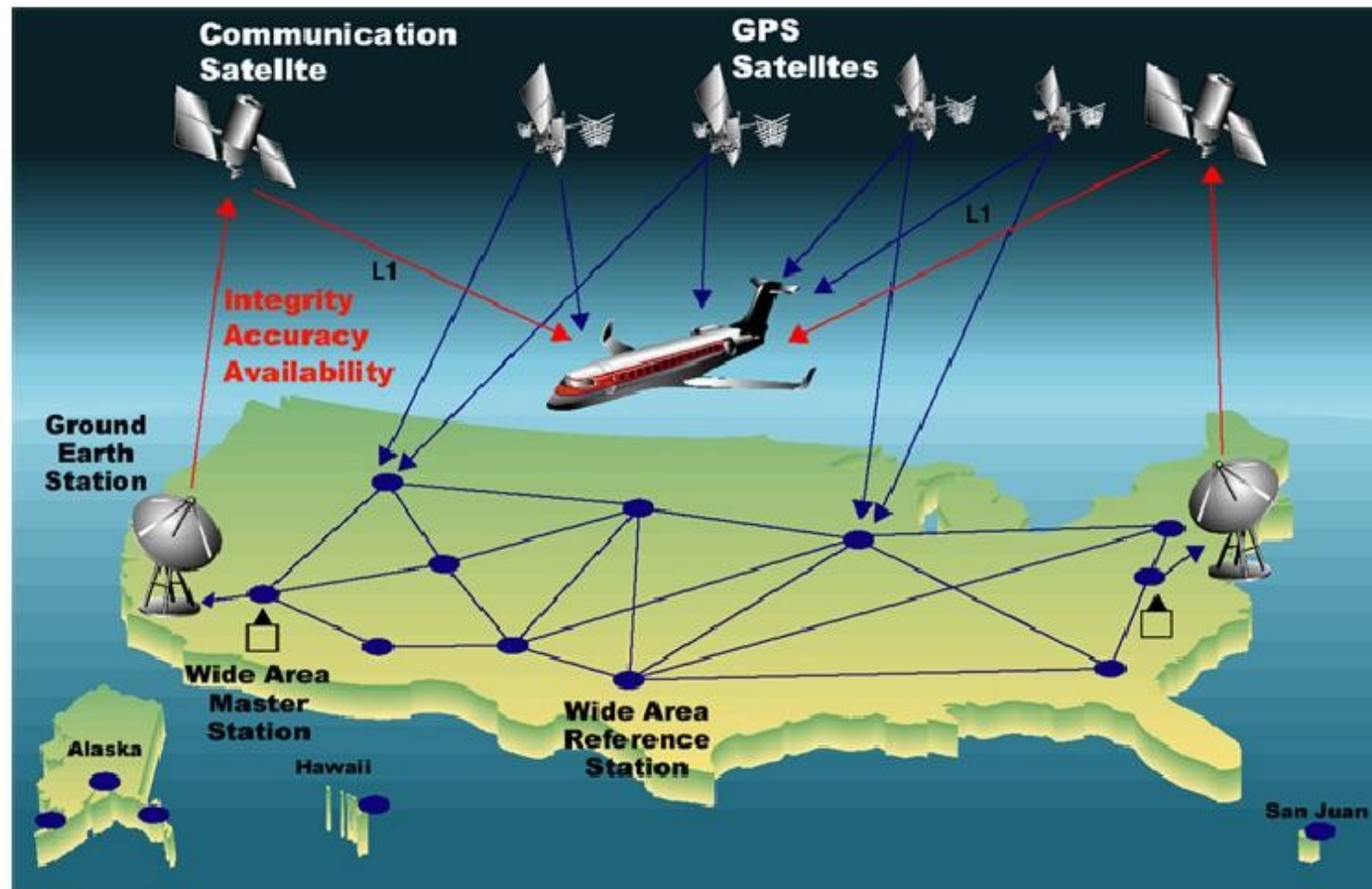


ГЛОНАСС –система, которая служит для определения координат объекта на местности, его передвижения по суше, воде и воздуху.



- Система состоит из трех элементов:
- Космических спутников, находящихся на околоземной орбите.
- Комплекса наземных станций, которые ведут прием, обработку и мониторинг поступающих сигналов от спутников,
- Потребителей, которые пользуются навигационным оборудованием системы **ГЛОНАСС**.

Глобальные спутниковые навигационные системы относятся к классу **многопозиционных РНС (радионавигационных спутников)** и предназначены для определения пространственного местоположения и направления движения потребителей в пределах или большей части поверхности Земли.



WAAS (Wide Area Augmentation System)

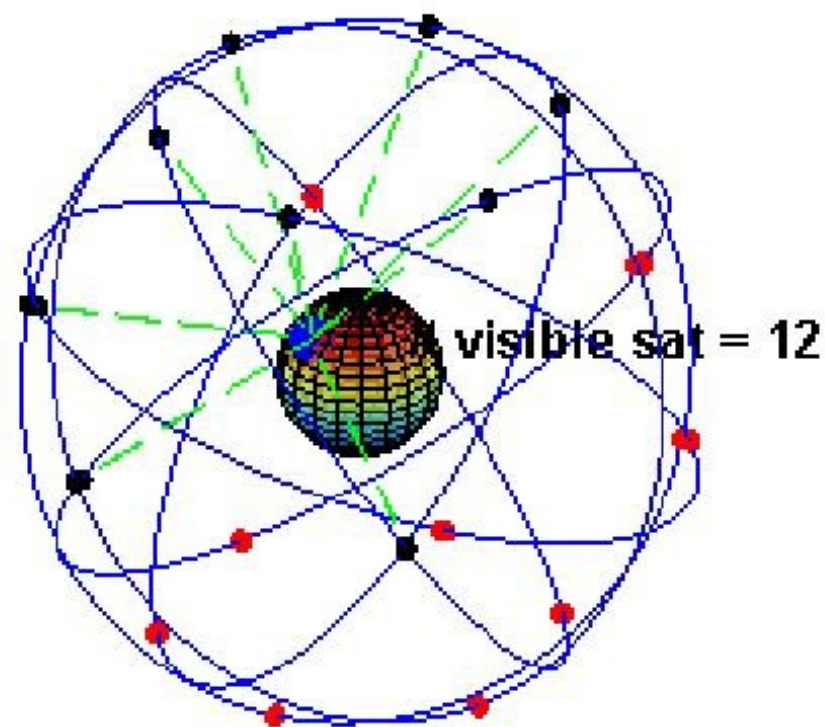
Для СНС выделены следующие диапазоны длин волн:

▣ **рабочий диапазон** $\lambda = 3 - 18\text{см}$

▣ **резервный диапазон** $\lambda = 20 - 31\text{см}$

Основу СНС составляет **сеть** (созвездие) навигационных искусственных спутников Земли (**НИСЗ**), выполняющих функцию опорных радионавигационных точек (**РНТ**), отношение которых измеряет навигационные параметры.

Конфигурация созвездия и число НИСЗ
выбираются из условий получения
требуемой зоны для СНС



Основные элементы спутниковой системы навигации:

- орбитальная группировка, состоящая из нескольких (от 2 до 30) спутников, излучающих специальные радиосигналы;
- приёмное клиентское оборудование («спутниковых навигаторов»), используемое для определения координат.

NAVSTAR (GPS) - принадлежит министерству обороны США, что считается другими государствами её главным недостатком.

Более известна под названием GPS.

Единственная полностью работающая спутниковая навигационная система.

ГЛОНАСС - находится на этапе развёртывания спутниковой группировки.

Принадлежит министерству обороны России.

Обладает, по заявлениям разработчиков, некоторыми техническими преимуществами по сравнению с NAVSTAR.

Бэйдоу - развёртываемая в настоящее время Китаем подсистема GNSS, предназначенная для использования только в этой стране.

Особенность - небольшое количество спутников, находящихся на геостационарной орбите.



Галилео - совместный проект Европейского союза и Европейского космического агентства, анонсированный в **2002** году.

Изначально рассчитывали, что уже в **2010** году в рамках этой системы на средней околоземной орбите будут работать **30** спутников.

Ожидается, что полнофункциональное использование системы начнется не ранее **2020** года.



Compass - следующая ступень развития китайской региональной навигационной системы Beidou, которая была введена в эксплуатацию после запуска 10 спутников в конце 2011 года.

Сейчас она обеспечивает покрытие в границах Азии и Тихоокеанского региона, но, как ожидается, к **2020** году система станет глобальной.

Принцип работы спутниковых навигационных систем основан на **измерении расстоянии** 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 приемник до начала измерений.

Обычно приемник сохраняет альманах в памяти со времени последнего выключения, и если он не устарел – мгновенно использует его.

Каждый спутник передает в своем 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.**

Располагая этой информацией, навигационный приёмник вычисляет координаты антенны.

В реальности работа системы происходит значительно сложнее из-за существующих проблем:

отсутствие атомных часов в большинстве навигационных приёмников;

**неоднородность гравитационного
поля Земли;**

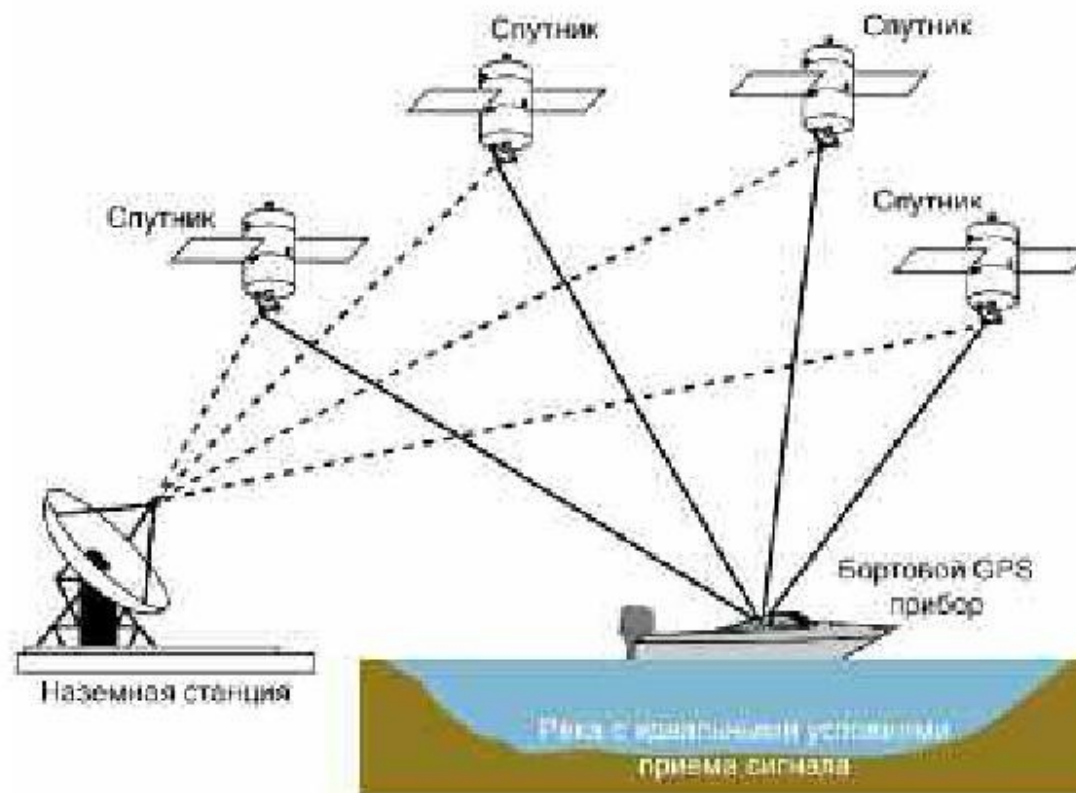
**отражения сигналов от наземных
объектов;**

**невозможность разместить на
спутниках передатчики большой
мощности.**

Глобальная навигационная система NAVSTAR



Система имеет **6** орбит, на каждой
вращаются по **3** НИСЗ с периодом в **12**
часов.



По сравнению с существующей, система GPS-III будет иметь следующие особенности:

- ожидаемый срок жизни спутника - **12-18** лет;
- стоимость каждого спутника - **100-120** миллион долларов;
- запуск двух спутников будет организован одной ракетой;

Российская спутниковая навигационная система ГЛОНАСС



В состав ГЛОНАСС входит орбитальная группировка из **24** спутников, находящихся на круговых орбитах на высоте **19100 км.**

Спутники расположены в трех орбитальных плоскостях, разнесенных на **120°**, в каждой плоскости находиться по **8 НИСЗ**, которые удалены друг от друга на **45°** по широте.

Период спутников **11 ч 45 мин.**

Это позволяет пользователю установить свои координаты с ошибкой в **20** метров и скорость с погрешностью **15 см/с.**

В настоящий момент эксплуатируются космические аппараты ГЛОНАСС двух модификаций

- ▣ **ГЛОНАСС**

- ▣ **ГЛОНАСС-М**

Первый из них был запущен в декабре **2003** года.

Масса спутника **GLONASS-K** в 2 раза меньше, чем спутника GLONASS-M, а срок активного существования составит **10** лет.

Всего планируется заказать **27** спутников
GLONASS-K.



An aerial photograph of a vast green field, likely a pasture or agricultural land. A dirt road or path runs diagonally from the top left towards the bottom center, where it meets a horizontal road. To the left of the vertical road, there is a dense forest of dark green trees. The field is divided into sections by these roads and has some small, irregular patches of brown or lighter green, possibly indicating different types of vegetation or small water bodies. The overall scene is bright and green, suggesting a healthy, well-maintained area.

Благодарим за внимание!

г. Алматы, ул. Сатпаева, д. 22
Телефон: +7 777 273 3435

www.kozhaev_zh@mail.ru