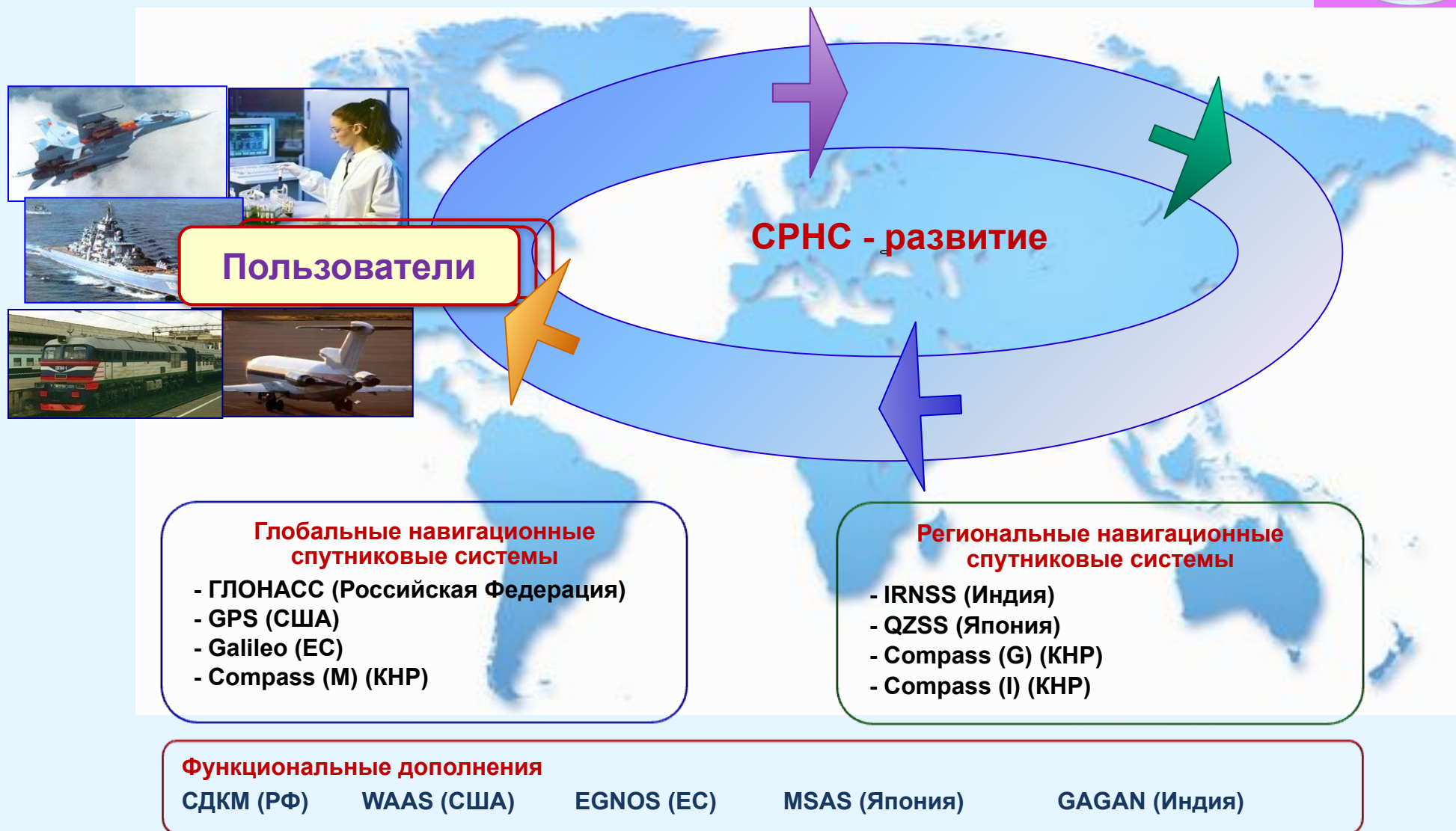




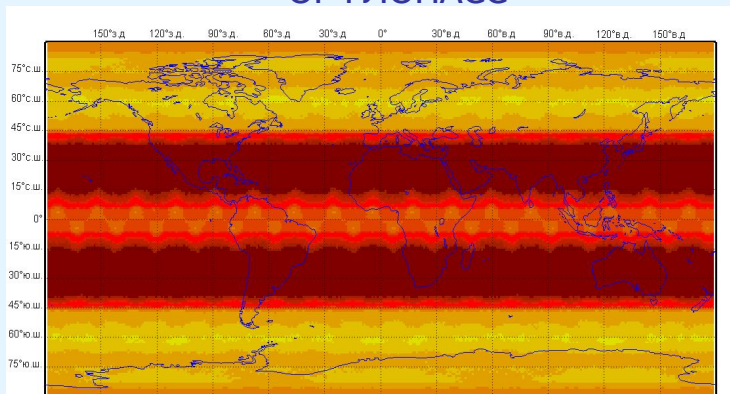
Структура орбитального построения глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС)



ГНСС	Количество орбитальных плоскостей	Количество КА в ОГ (номинальное/фактическое)	Структура орбитального построения	Наличие орбитального резерва
ГЛОНАСС	3	24/28	жесткая	есть
GPS	6	24/31	условно-произвольная	нет
GALILEO	3	27/5	жесткая	есть
BeiDou	3	27/4	жесткая	нет

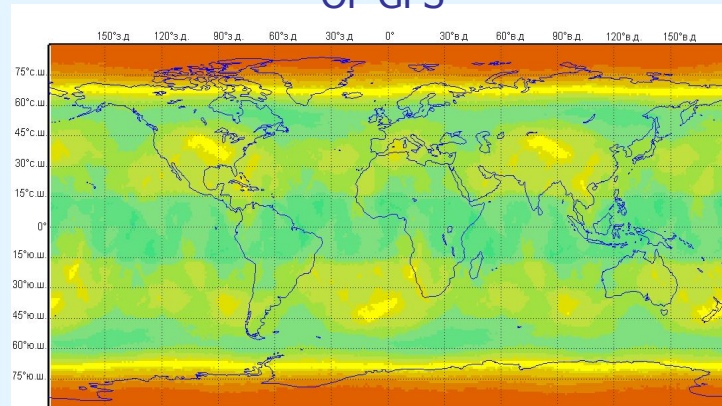
Мировой тенденцией развития глобальных навигационных спутниковых систем является увеличение количества навигационных КА в составе ОГ свыше минимально необходимого (штатного) при условии их оптимального (рационального) размещения

ОГ ГЛОНАСС



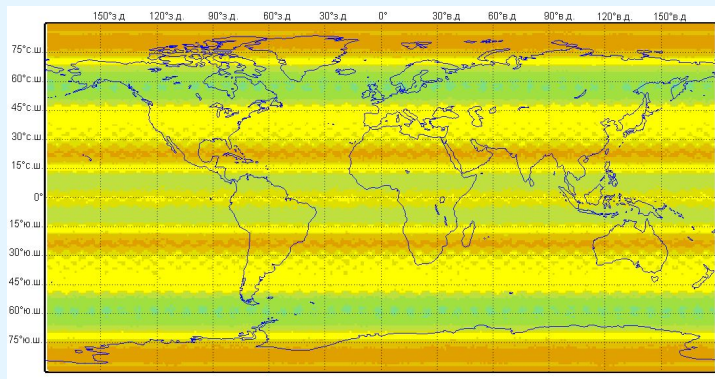
Средний PDOP = 1,91 (P= 0,95)
Доступность = 1,0

ОГ GPS



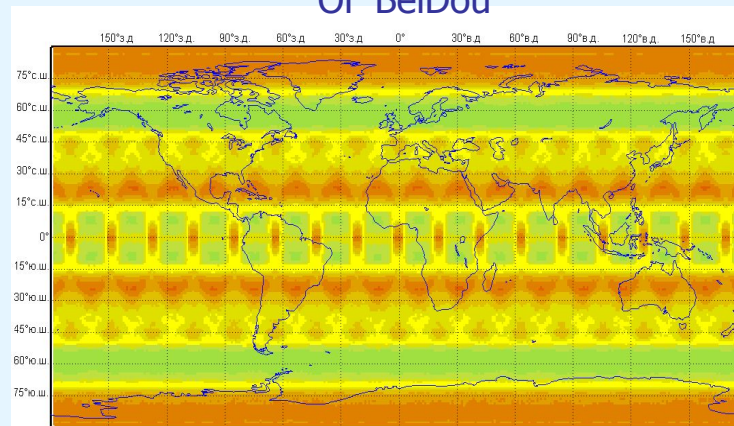
Средний PDOP = 1,59 (P= 0,95)
Доступность = 1,0

ОГ GALILEO

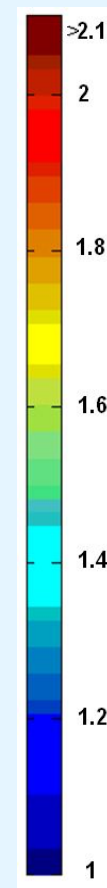


Средний PDOP = 1,67 (P= 0,95)
Доступность = 1,0

ОГ BeiDou



Средний PDOP = 1,70 (P= 0,95)
Доступность = 1,0



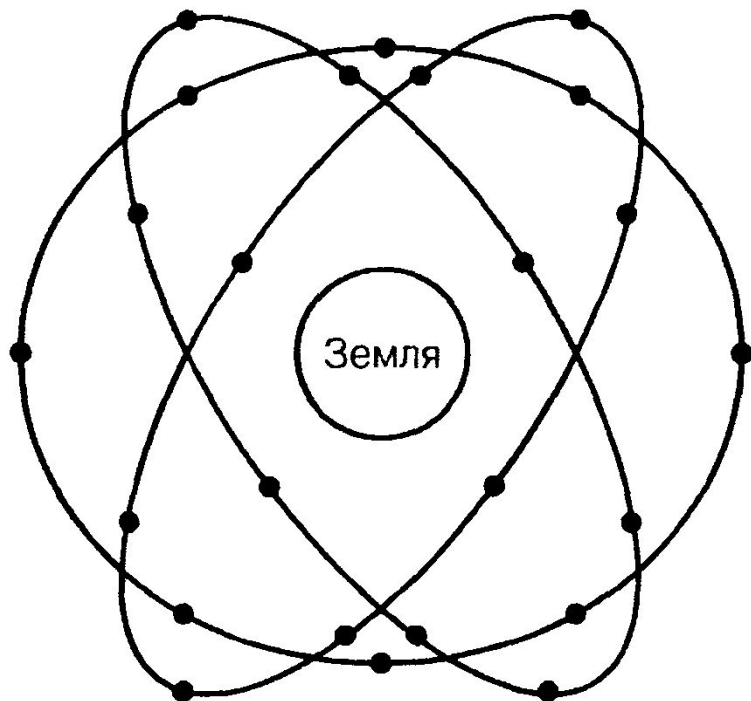
ГНСС	Навигационные характеристики			
	Доступность* (PDOP $\leq$ 6, $\gamma \geq 5^\circ$)	Доступность* (PDOP $\leq$ 6, $\gamma \geq 25^\circ$)	Доступность* (PDOP $\leq$ 2, $\gamma \geq 5^\circ$)	Среднее значение PDOP* ($\gamma \geq 5^\circ$)
ГЛОНАСС	1 / 1	0.492 / 0.786	0.614 / 0.834	1.91 / 1.77
GPS	1 / 1	0.840 / 0.780	0.900 / 0.860	1.59 / 1.60
GALILEO	1 / 1	0.843 / 0.862	0.874 / 0.872	1.67 / 1.63
COMPASS (BeiDou)	1 / 1	0.808 / 0.794	0.841 / 0.843	1.70 / 1.66

* глобально / на территории Российской Федерации

ГЛОНАСС потенциально по доступности и точности (глобально) уступает другим ГНСС



Система работает в диапазонах частот
1597...1617 МГц и 1240...1260 МГц



Сигнал стандартной точности с тактовой частотой 0,511 МГц для использования гражданскими потребителями, находящимися в любой стране мира. Данный сигнал обеспечивает возможность определения с вероятностью 99,7%:
горизонтальных координат с точностью 50...70 м;
вертикальных координат с точностью 70 м;
составляющих вектора скорости с точностью 15 см/с;
времени с точностью 0,7 мкс.

Сигнал высокой точности с тактовой частотой 5,11 МГц
модулирован специальным (закрытым) кодом

Кинематически симметричная (правильная) структура (группировка Уолкера (J.Walker)):

I: $T/P/F \longrightarrow 48/6/1$, где

$T = 48$ – количество слот (потенциальных рабочих точек) в орбитальной структуре;

$P = 6$ – число орбитальных плоскостей;

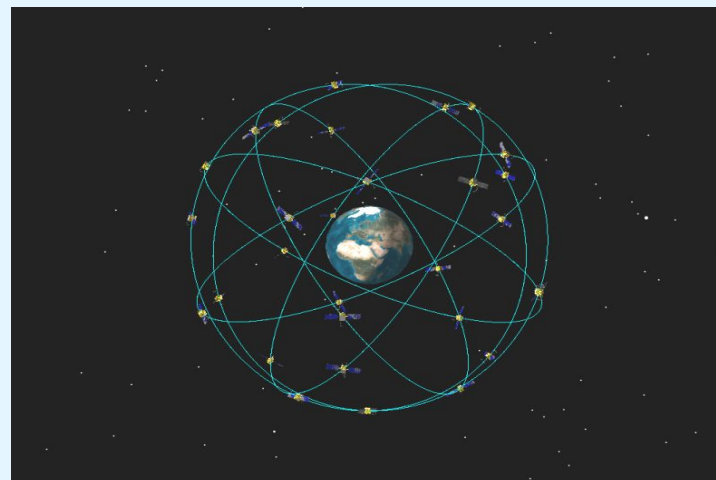
$F = 1$ – параметр смещения.

Угол расфазировки Δu между слотами
в соседних плоскостях:

$$\Delta u = (F \cdot 360^\circ) / T.$$

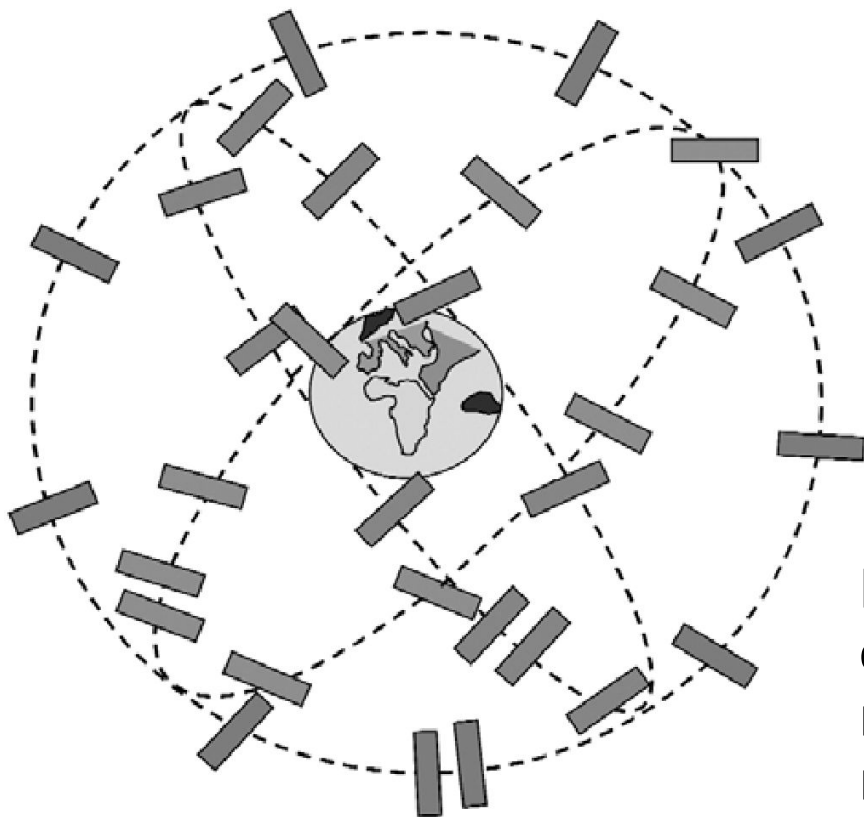
Для рассматриваемой ОГ:

$$\Delta u = 1 \cdot 360^\circ / 48 = 7,5^\circ.$$



Европейская СРНС «Галилео».

Программа «Галилео» утверждена
Президиумом Европейского сообщества (ЕС)
15 марта 2002 г.



В каждой орбитальной плоскости
расположено 9 равноудаленных НКА. В
группировке используется также 3
дополнительных активных НКА

В перспективе, кроме
среднеорбитальных НКА в состав СРНС
«Галилео» планируется включить и
геостационарные НКА

Кроме орбитальной группировки в
состав СРНС «Галилео» входят объекты
наземной инфраструктуры, включая
комплекс управления, а также
пользовательский сегмент (аппаратура
потребителей)

Китайская СРНС «Бэйдоу» (BeiDou)



BeiDou 1 - 3 геостационарных КА, была развернута в 2000-2003 годах и находилась в эксплуатации около десяти лет. В ней применялся **запросный способ определения местоположения**, а точность позиционирования составляла десятки метр

В 2007 году в Китае началось развертывание системы второго поколения на базе КА семейства «Бэйдоу-2». В течение пяти лет на орбиты были выведены 16 спутников,

Четыре ИСЗ («Бэйдоу-2М») размещены на круговых орбитах высотой около 21 500 км с наклоном 55° и периодом обращения 12 ч 53 мин, пять («Бэйдоу-20») – на геостационарной орбите и четыре («Бэйдоу-2IGSO») – на геосинхронных 24-часовых орбитах с наклоном 55° .

Навигационные услуги оказываются на территории страны и в районе с **координатами 55° с.ш. – 55° ю.ш., $80...160^\circ$ в.д. с точностью 10...15 м.**

Индийская региональная СРНС «ИРНСС» (IRNSS - Indian Regional Navigation Satellite System)



Разворачивается с середины 2000-х годов в интересах военных и гражданских потребителей. Зона обслуживания системы будет охватывать земную поверхность в пределах **40° с.ш. – 40 ю.ш., 40...140° в.д.** В соответствии с заданными требованиями точность определения координат должна составлять **до 10 м** на территории Индии и сопредельных государств и до 20 м в регионе Индийского океана.

Индийское дополнение «GAGAN»
(GPS And GEO Augmented Navigation)
американской СНС «Navstar» находится в эксплуатации с 2009 года. 2
геостационарных спутника связи GSAT 8
и GSAT 10.

Состав - три КА на геостационарной и четыре на наклонных 24-часовых орбитах.

Радионавигационная аппаратура КА типа «ИРНСС-1» осуществляет передачу сигналов для военных и гражданских пользователей на частоте 1176,45 МГц, совместимой с сигналами американской СРНС «Navstar» (L5) и европейской «Галилео» (E5a), и на частоте 2492,08 МГц,

Японское дополнение «MSAS» (Multi-transport Satellite based Augmentation System)

Первый космический аппарат выведен на геостационарную орбиту японской ракетой H-2 уже в 1999 году и размещен над экватором (0 — широты; 140° восточной долготы).

С помощью американской СНС «Navstar» было развернуто в 2005...2006 годах на базе навигационной аппаратуры, установленной на двух геостационарных метеорологических спутниках MTSAT 1R и 2.

Запуски очередных двух КА данного типа произведено в 2017 году. Система используется в основном для высокоточного навигационного обеспечения полетов авиации в зоне действия японской системы управления воздушным движением.



Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС)

- ☐ ГЛОНАСС (Российская Федерация)  30 КА (ГНСС)
- ☐ GPS (США)  КА (ГНСС)
- ☐ GALILEO (ЕС)  30 КА (ГНСС)
- ☐ BeiDou (КНР)  35 КА (ГНСС)

Региональные навигационные спутниковые системы (РНСС)

- ☐ IRNSS (Индия)  (РНСС)
- ☐ QZSS (Япония)  (РНСС)
- ☐ BeiDou (КНР)  10 КА (РНСС)

Всего: 153 КА (143 КА – ГНСС, 20 КА – РНСС)

Уровни интеграции ГНСС

Единая мировая ГНСС

ВСЕОБЩЕЕ СОГЛАСИЕ

ВЗАИМНОЕ СОГЛАСИЕ

Взаимозаменяемость

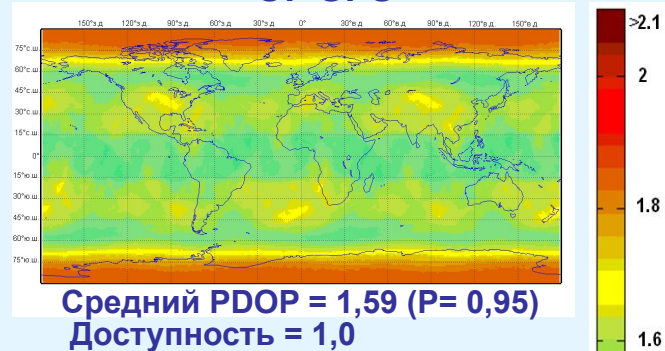
КООРДИНАЦИЯ

Взаимодополняемость

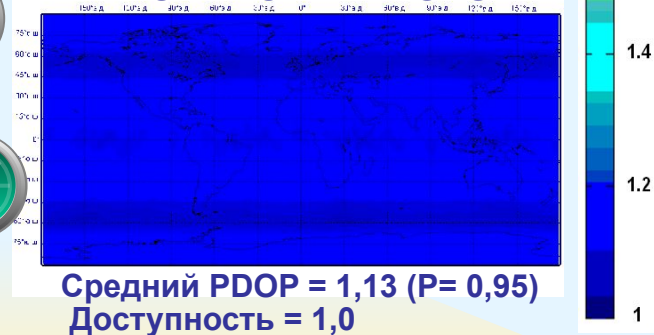
РЕГЛАМЕНТАЦИЯ

Совместимость

ОГ GPS

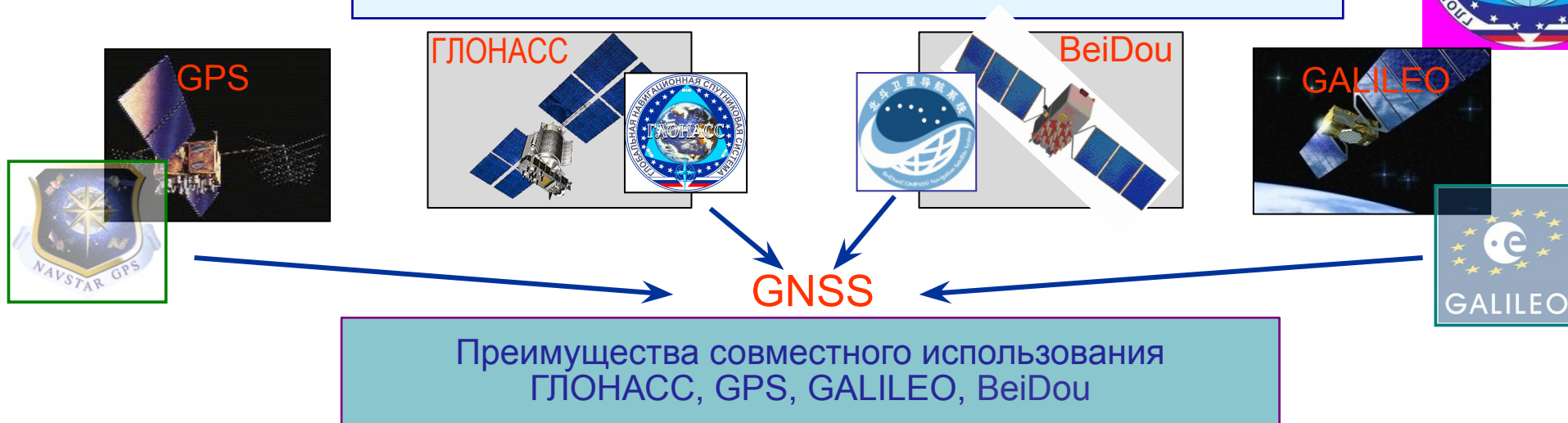


ОГ ГЛОНАСС+GPS



Интеграция ГНСС (совместимость, взаимодополняемость,...) является одной из основных целей международного сотрудничества по спутниковой навигации.

ГЛОНАСС – неотъемлемая часть
глобальных навигационных спутниковых систем



Улучшение качества навигации в условиях плотной городской застройки

Повышение надежности навигации за счет взаимодополняемости глобальных навигационных спутниковых систем

Гарантированное предоставление навигационных услуг, независящее от мировой политической конъюнктуры

Совместимость и взаимодополняемость – это основные направления развития систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou



Всего: 137 КА (120 КА – ГНСС, 17 КА – РНСС)

Основные направления международного сотрудничества

С владельцами существующих и перспективных ГНСС и их функциональных дополнений

- совместимость и взаимодополняемость ГНСС
- интеграция наземной инфраструктуры функциональных дополнений

Со странами, стремящимися участвовать в развитии ГЛОНАСС

- внедрение российских технологий и оборудования за рубежом
- обеспечение совместимости функциональных дополнений

Со странами - производителями навигационной аппаратуры

- координация выпуска многосистемной аппаратуры
- участие в организации и проведении международных мероприятий по спутниковой навигации

Мировое сообщество проявляет устойчивый интерес к развитию сотрудничества по использованию системы ГЛОНАСС