

Навчально-науковий інститут аеронавігації, електроніки та
телекомунікацій
Кафедра аеронавігаційних систем

В. Конин konin2v@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ В УКРАИНЕ

Науковий форум «AIR SPACE INNOVATION , 11 апреля 2018 г., НАУ

Киев 2018

Показаны основоположники космической индустрии, разработчики глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS).

Дается определение GNSS и области обслуживания (наземная и космическая).

Приводятся структуры и архитектуры построения созвездий GNSS и функциональных дополнений.

Показываются принцип определения координат, некоторые области применения GNSS и направления модернизации.

Даются основные составляющие маркетинговых исследований по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017.

Показывается, что GNSS технологии в Украине могут занять третью ступеньку после агро- и IT- технологий .

Приводятся названия учебных дисциплин, изучающих спутниковые технологии в НАУ и лабораторный парк.

Даются примеры исследований по GNSS, выполненных по государственным и международным проектам (противодействие помехам, космический «мусор», «Горизонт 2020» и другим).

УКРАИНА – Космическая Держава

ЗЕНИТ



РАКЕТА

МОРСКОЙ СТАРТ



ОСНОВОПОЛОЖНИКИ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



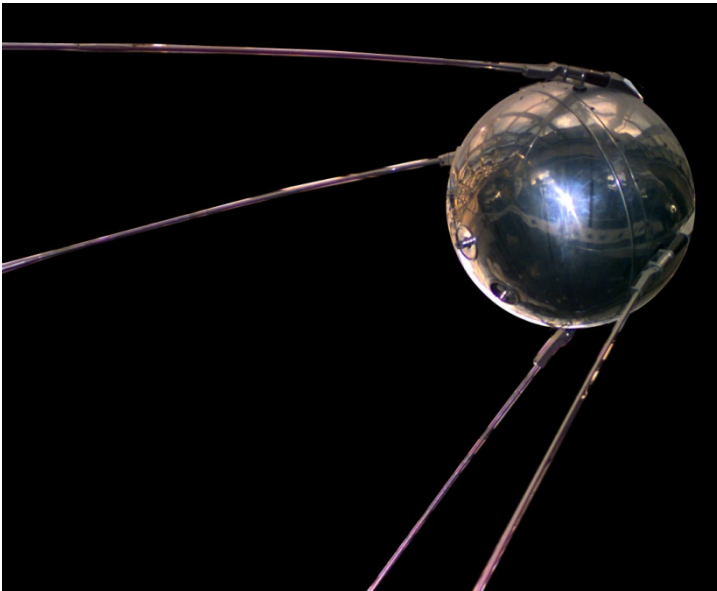
Первый искусственный спутник Земли.

Запущен 4 октября 1957 года.

1440 оборотов вокруг Земли, преодолел около 60 000 000 км.

Сфера диаметром 58 см, масса 83.6 кг, время существования 92 дня.

Перигей- 288 км , апогей – 947 км.



Создатели навигационных спутниковых систем



**Михаил Федорович
Решетнев** родился
10 октября 1924 г.
в селе Бармашево
Одесской области



Brad Parkinson

США

ОПРЕДЕЛЕНИЕ GNSS

GNSS – глобальная навигационная спутниковая система определения координат и времени, состоящая из созвездий спутников GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, COMPASS, систем контроля целостности, точности, эксплуатационной готовности, непрерывности обслуживания посредством SBAS, GBAS, GRAS, специализированных подсистем и аппаратуры потребителя

ЧЕТЫРЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКИ GNSS

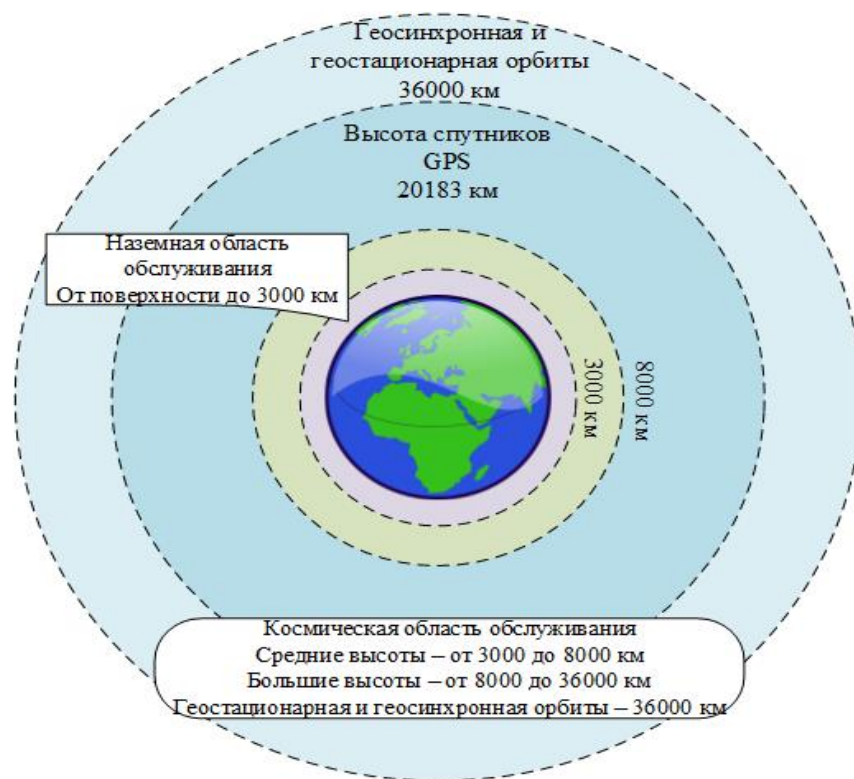
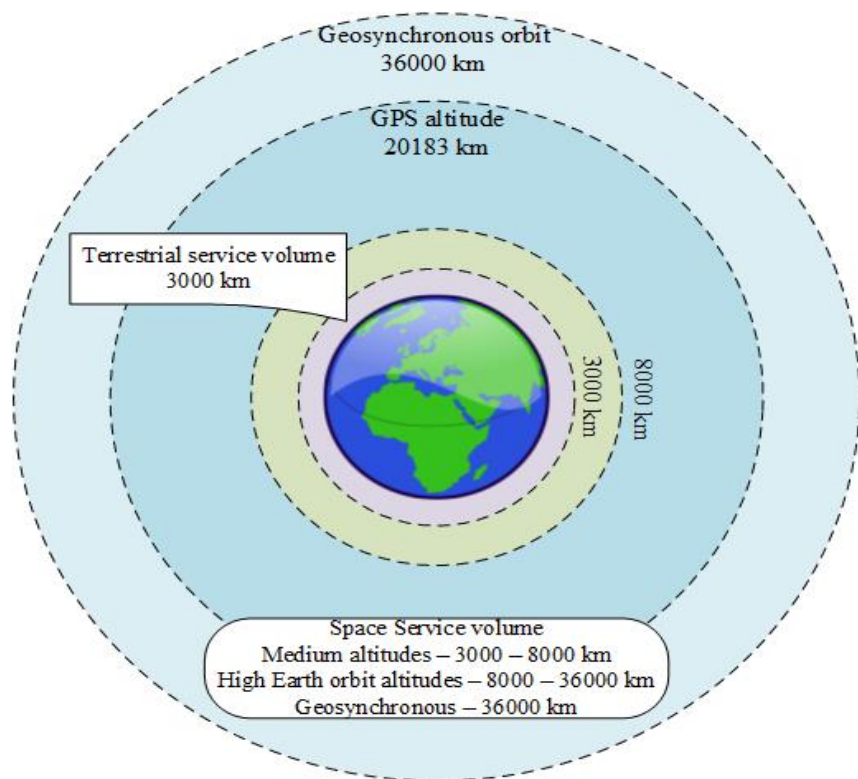
ТОЧНОСТЬ

ЦЕЛОСТНОСТЬ

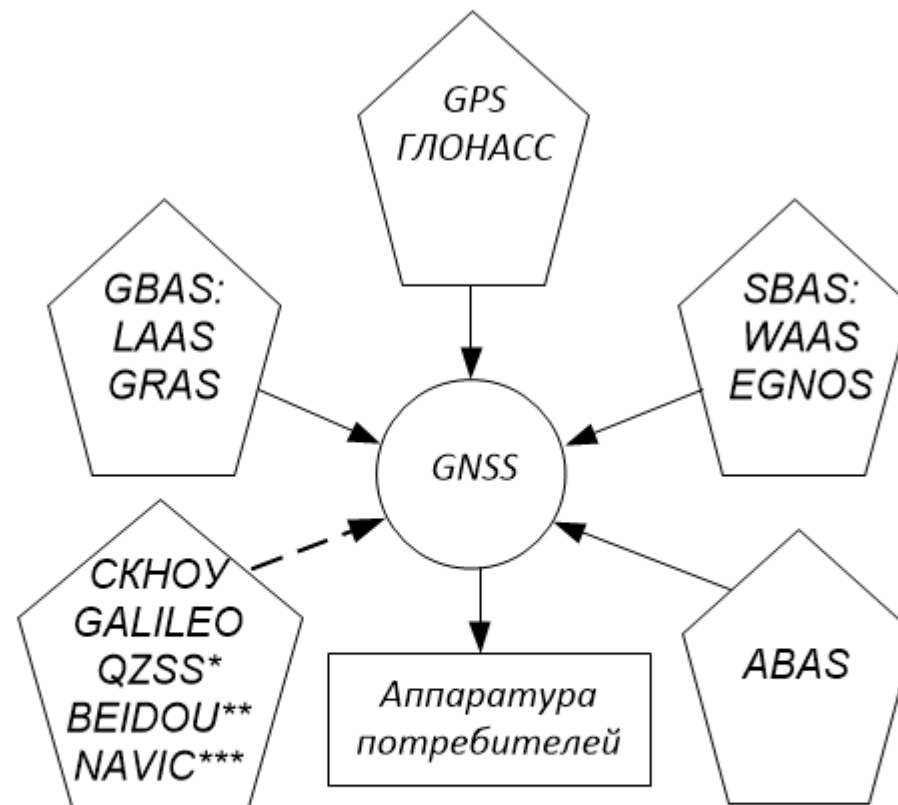
Эксплуатационная готовность

Непрерывность обслуживания

GNSS service volumes Области обслуживания ГНСС



СОСТАВ GNSS

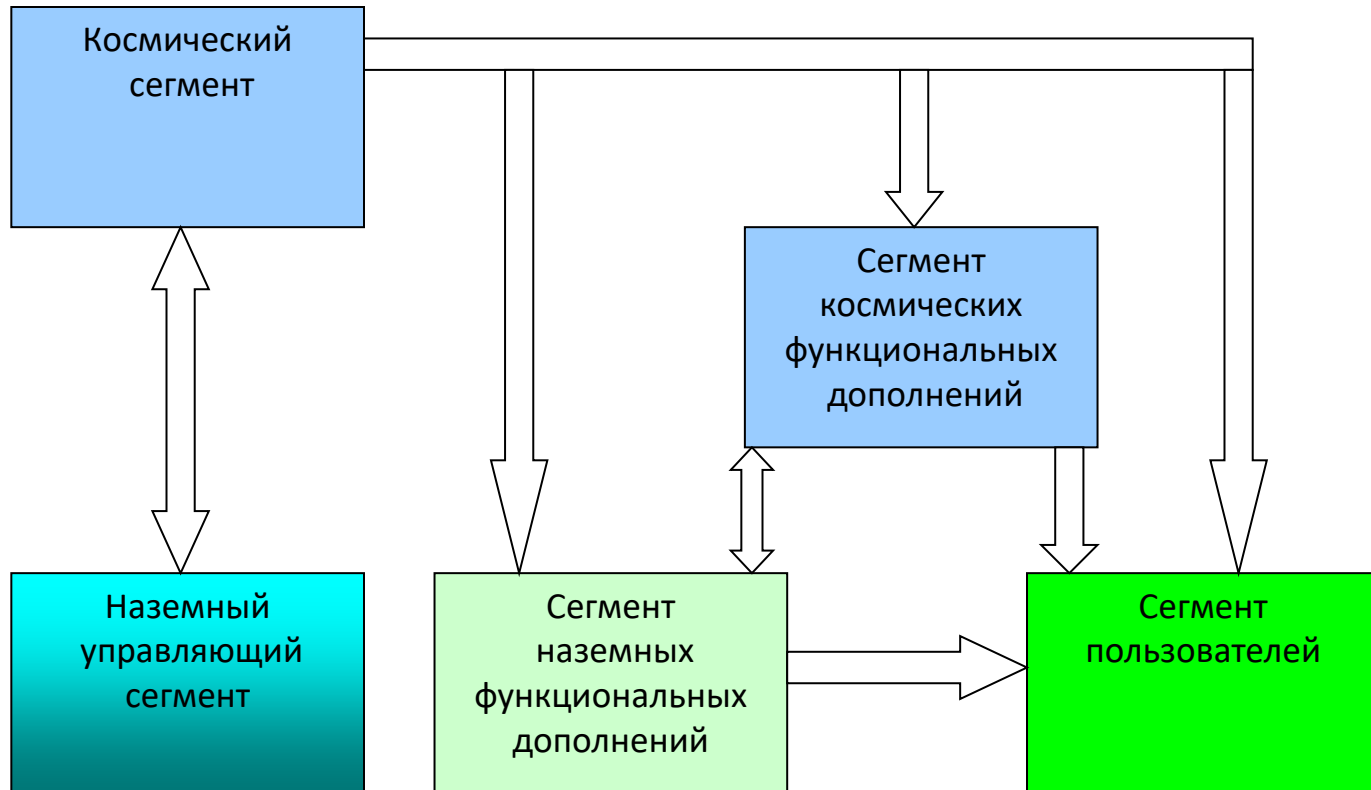


* квази зенитная спутниковая система под управлением Японии

** ранее называлась COMPASS под управлением Китая

*** ранее GAGAN, IRNSS под управлением Индии

АРХИТЕКТУРА GNSS

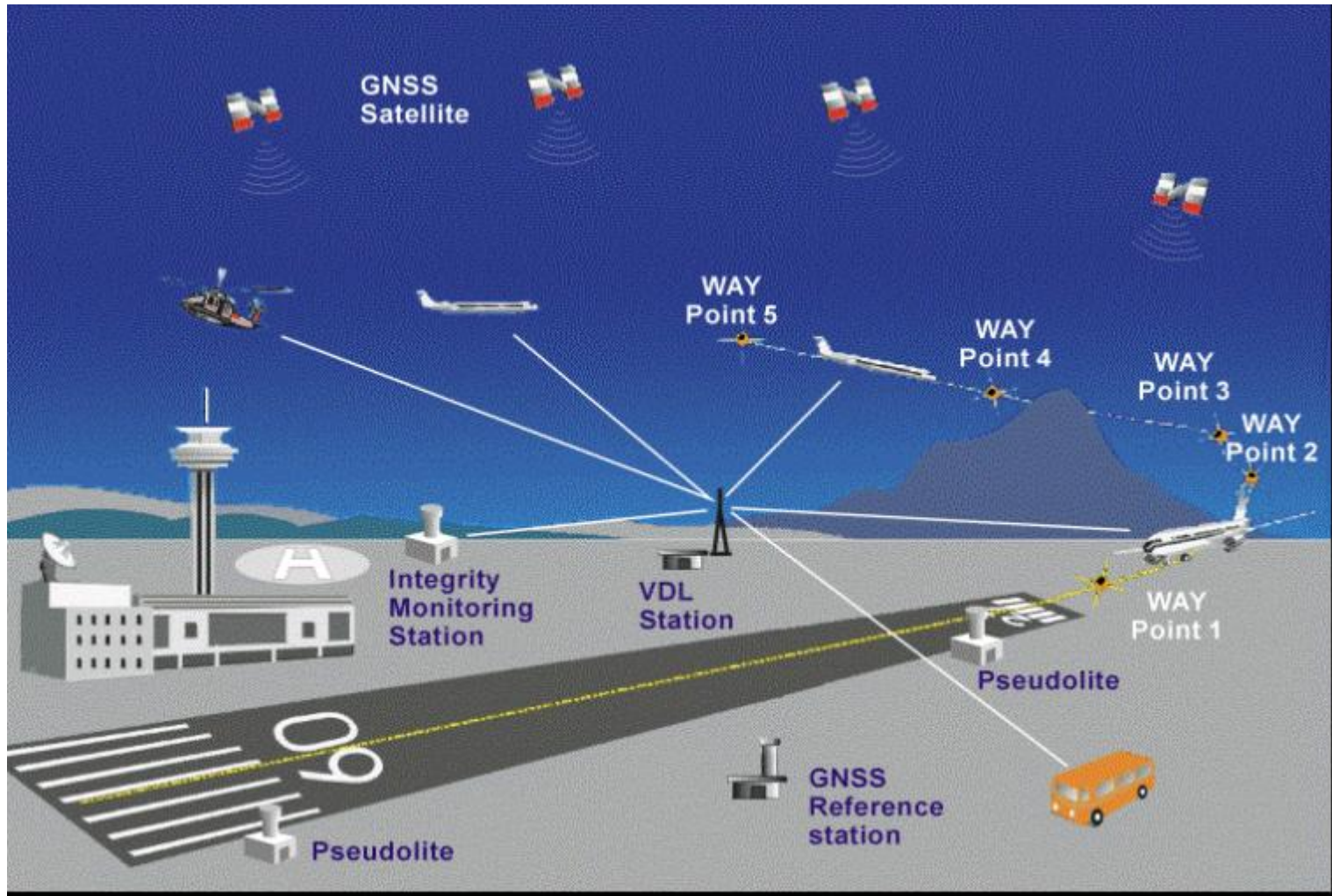


КОМПЛЕКС СЛЕЖЕНИЯ ЗА СПУТНИКАМИ

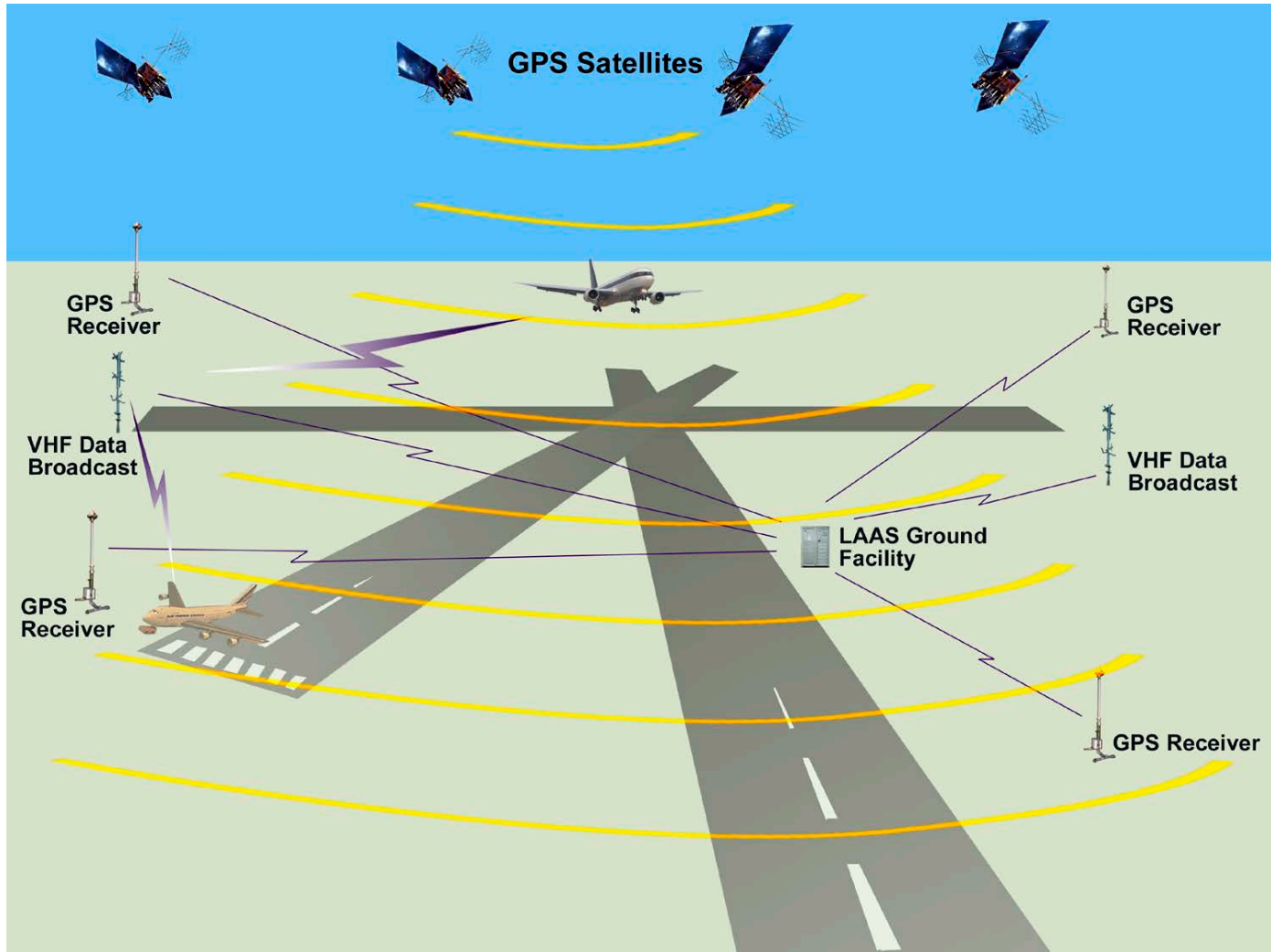
(по материалам В. В. Конин, В. П. Харченко за 2010 год)



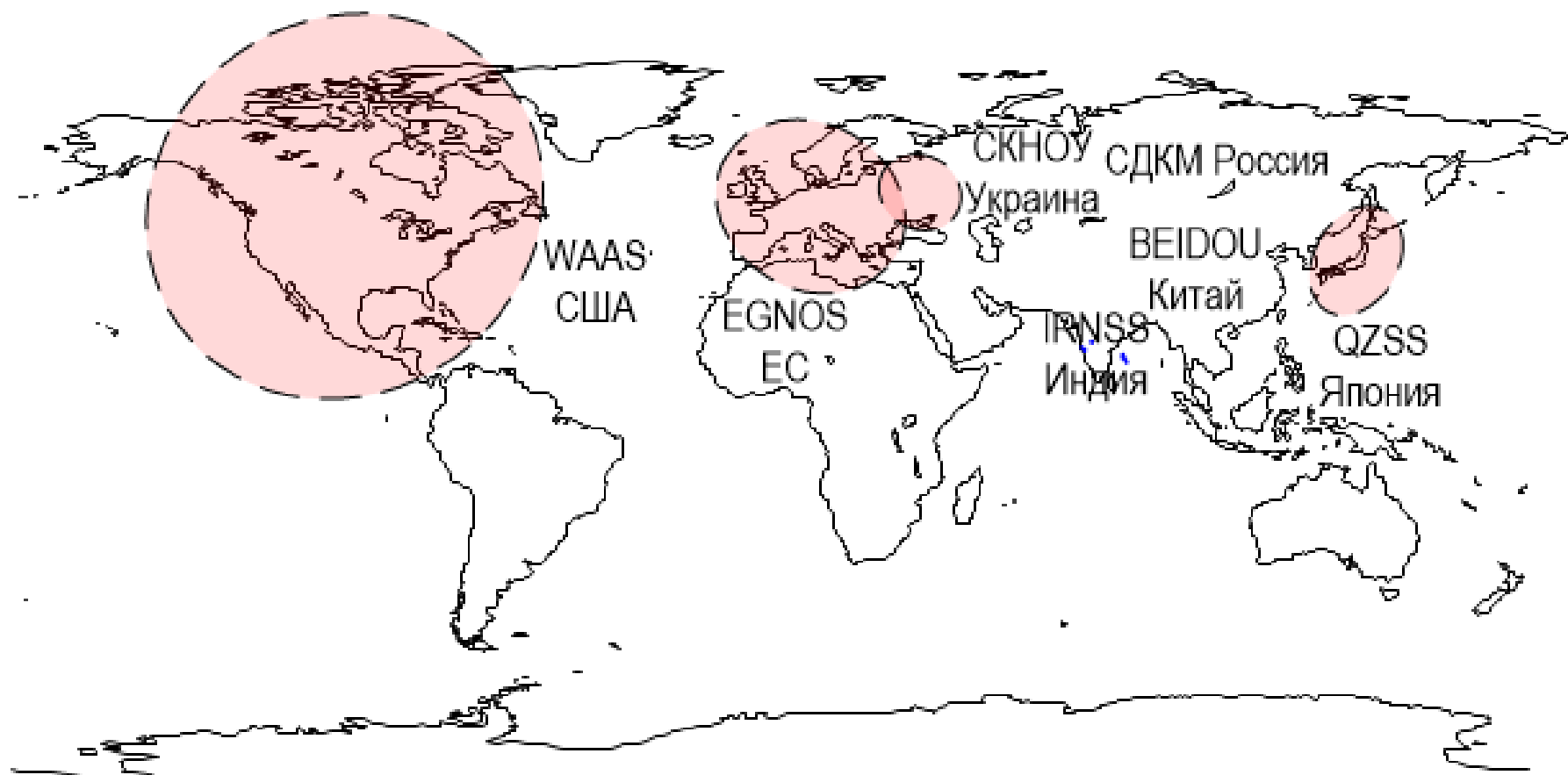
СИСТЕМА GBAS



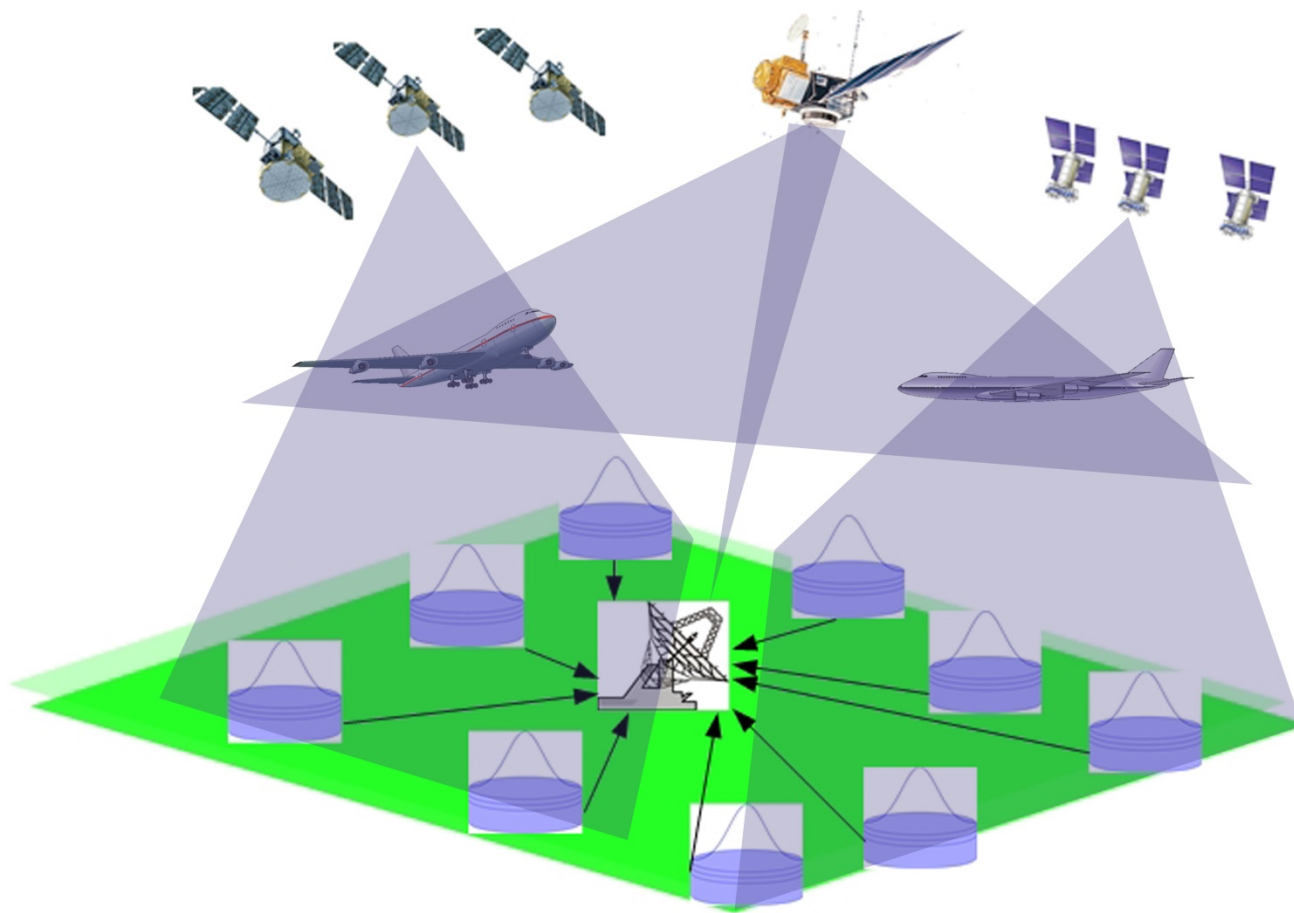
LAAS CAT I Architecture



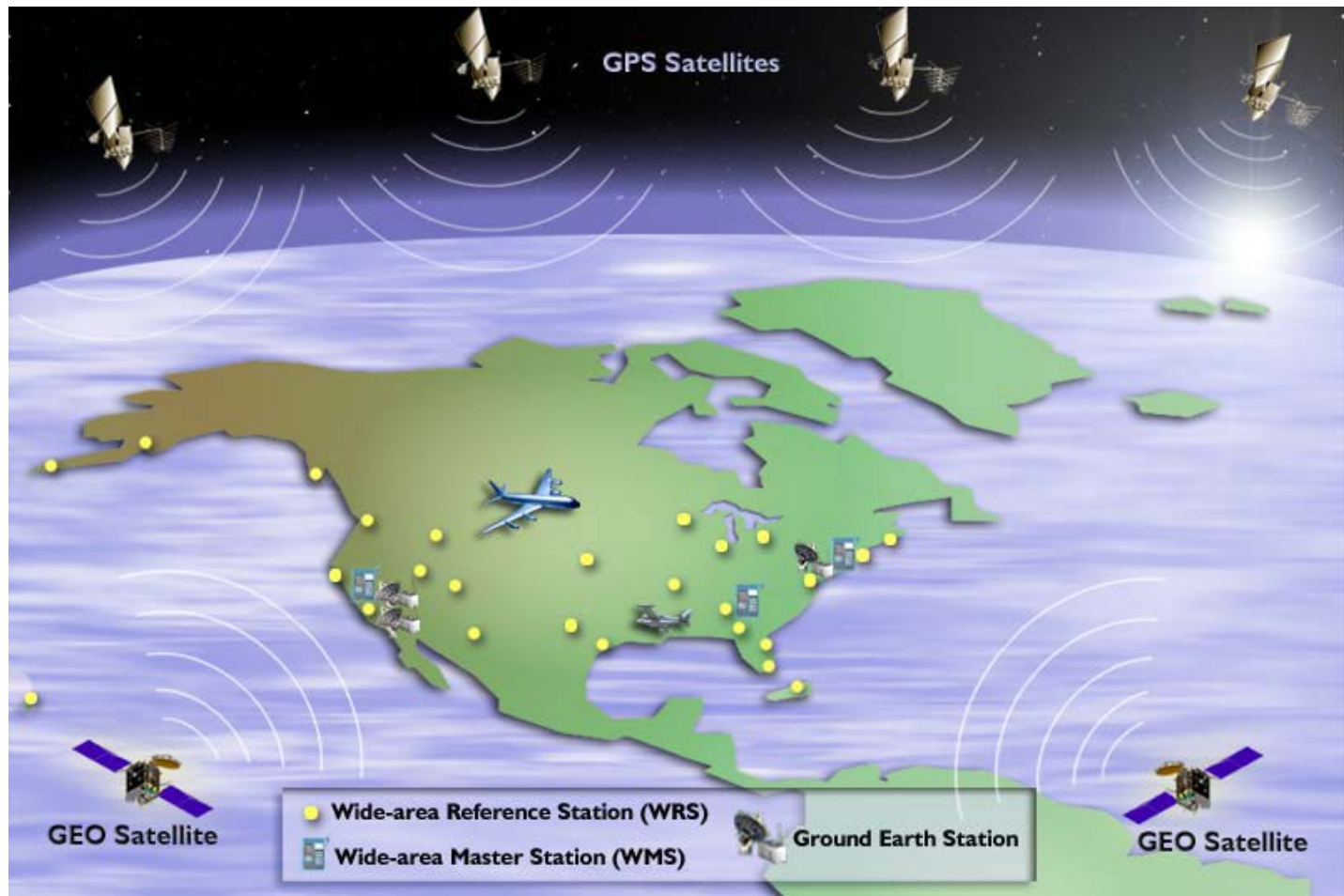
ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ SBAS



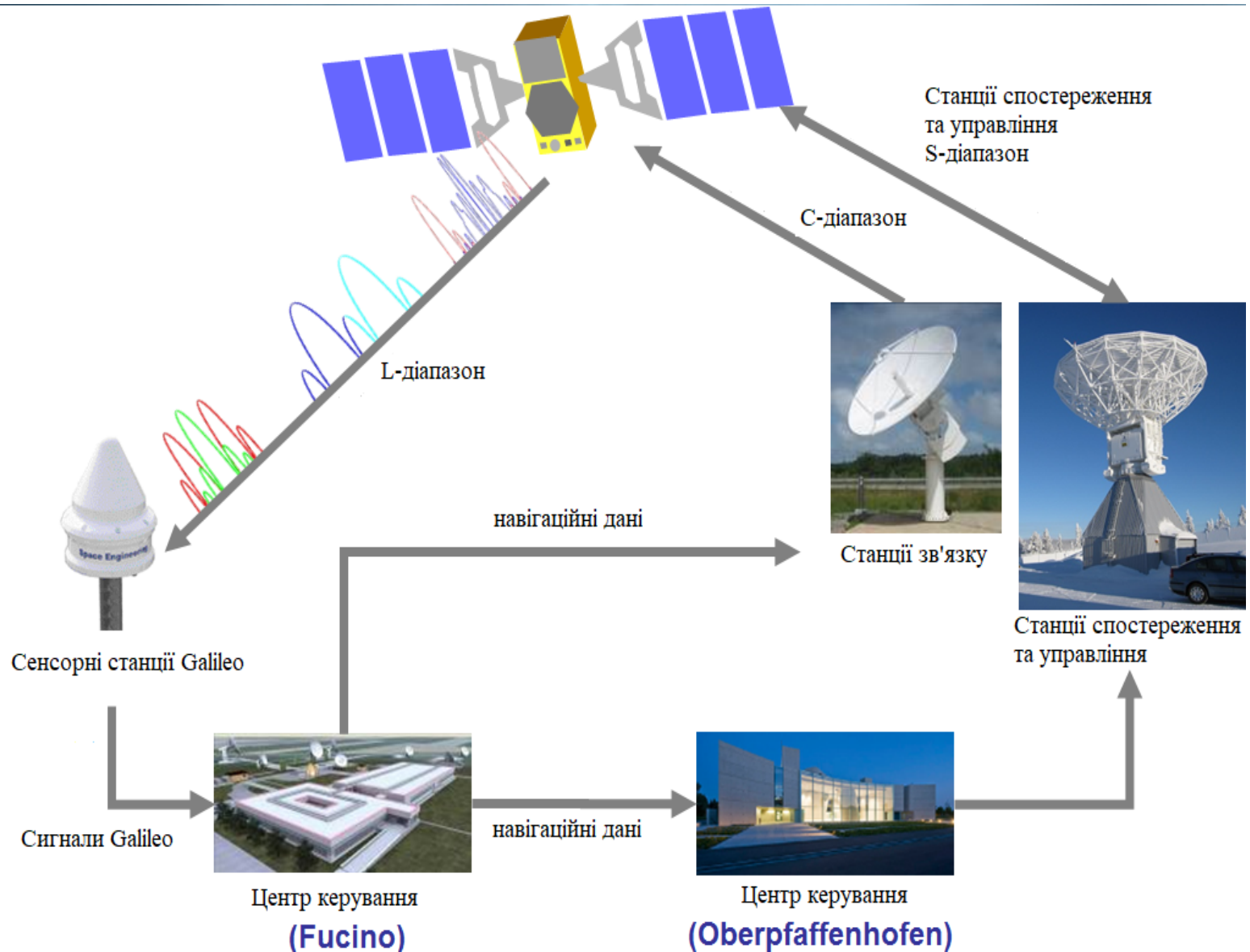
СТРУКТУРА SBAS



СТРУКТУРА WAAS



СТРУКТУРА GALILEO



Структура BeiDou

Marc A. Weiss, Ph.D., ITSF November 1, 2016

space
segment



5 GEO satellites
3 IGSO satellites
27 MEO satellites

ground
segment



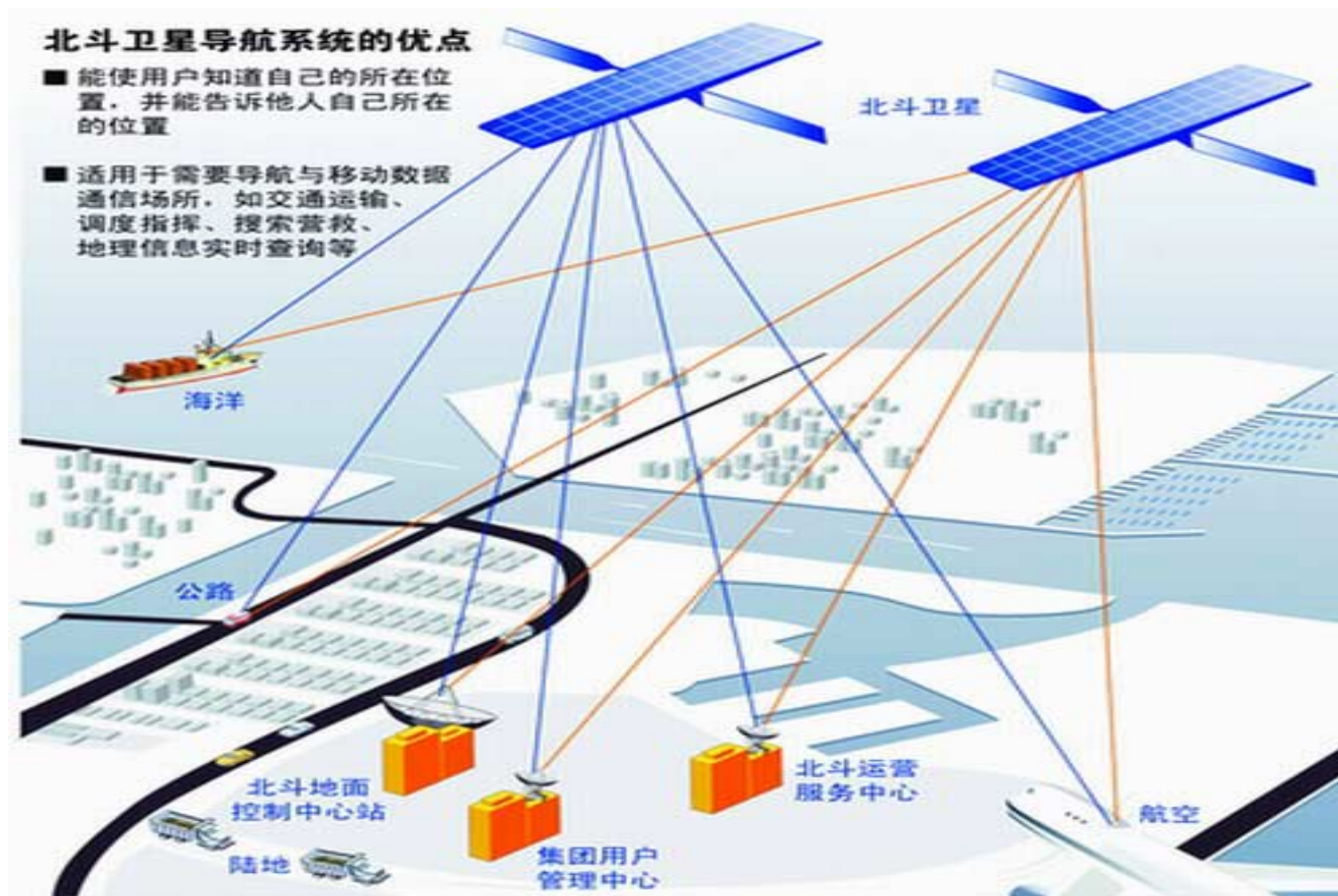
Master Control Stations(MCS)
Uplink Stations (US)
Monitoring Stations (MS)

user
segment

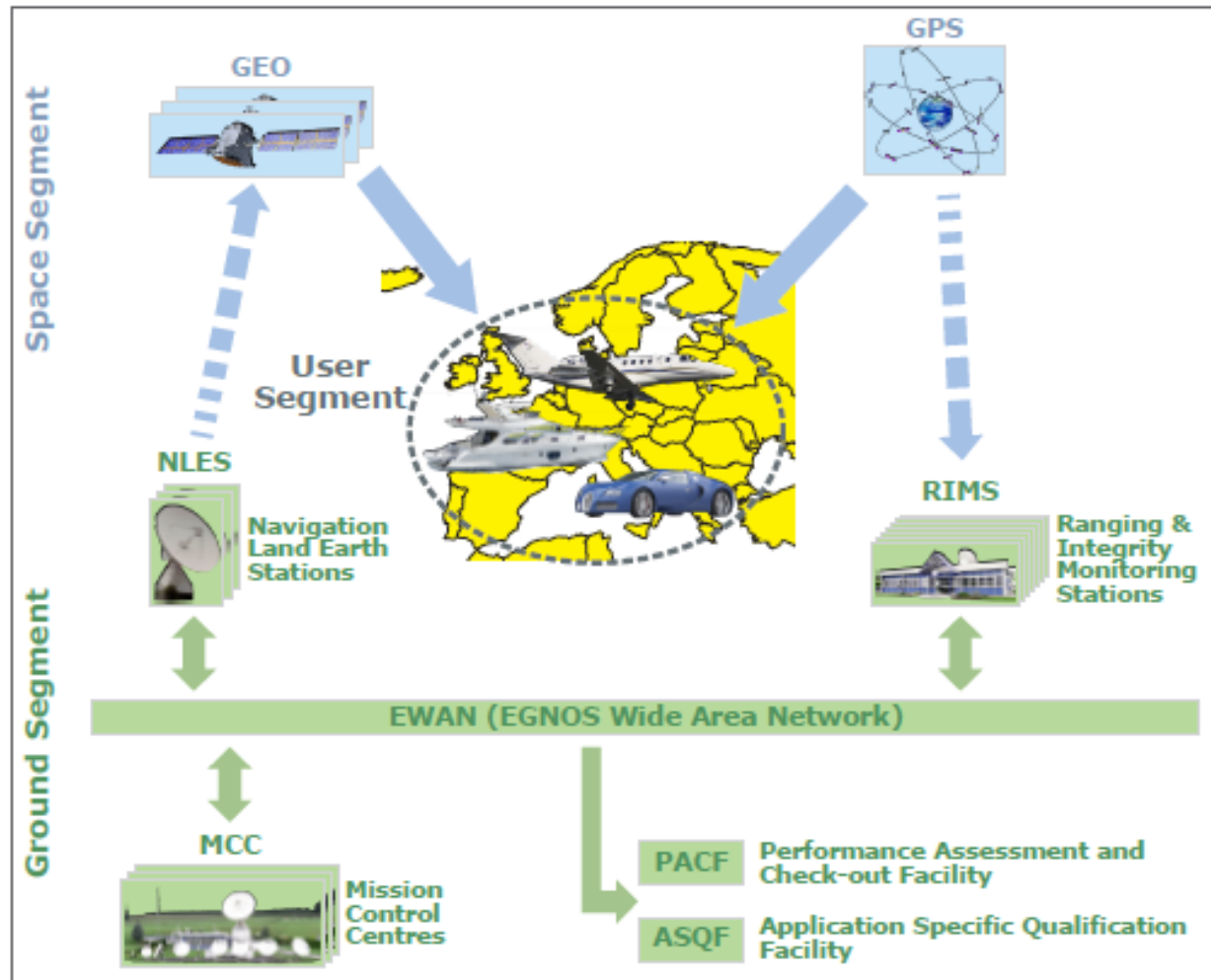


BDS terminals
compatible with other
GNSS

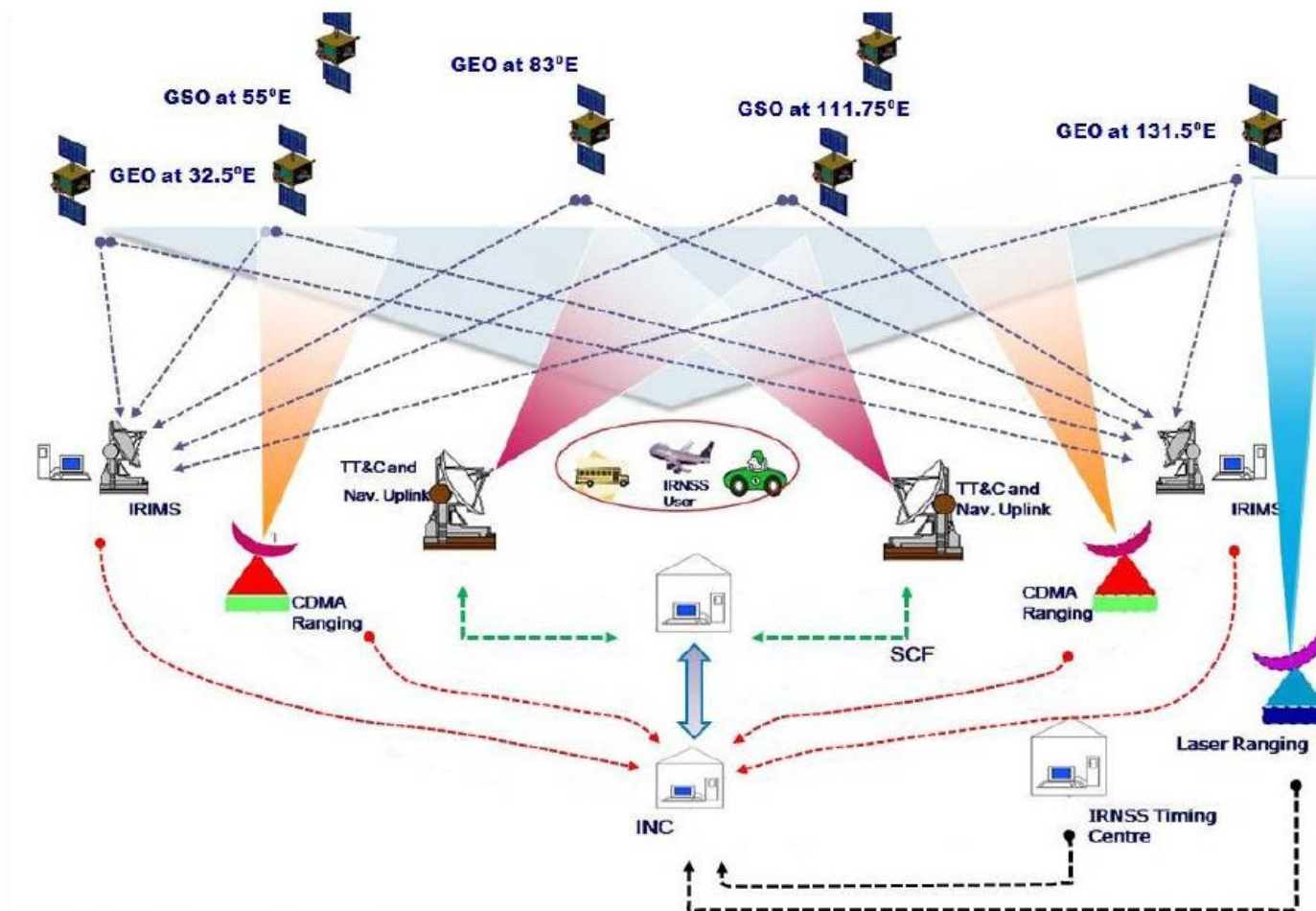
COMPASS (BEIDOU)



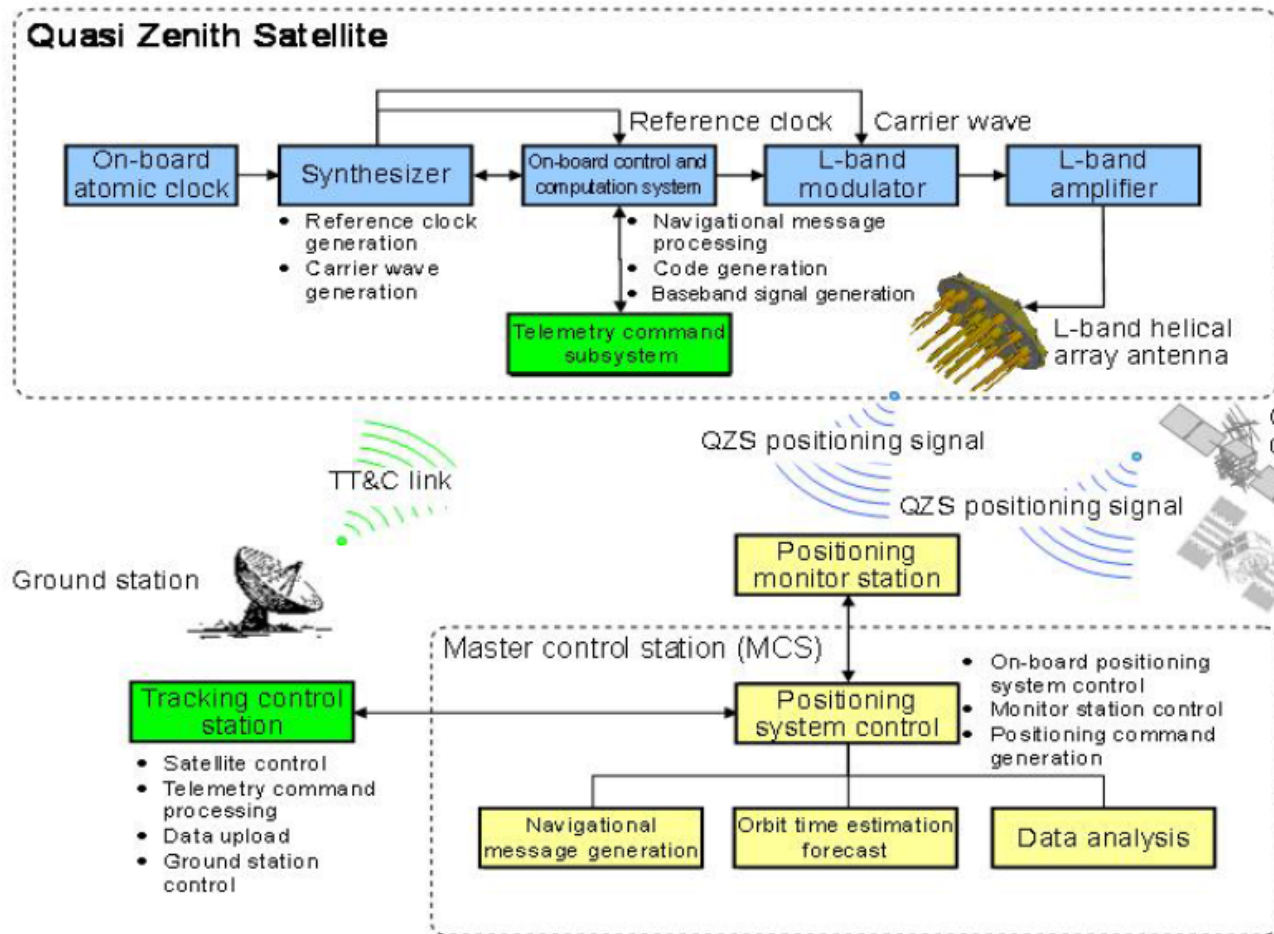
АРХИТЕКТУРА EGNOS



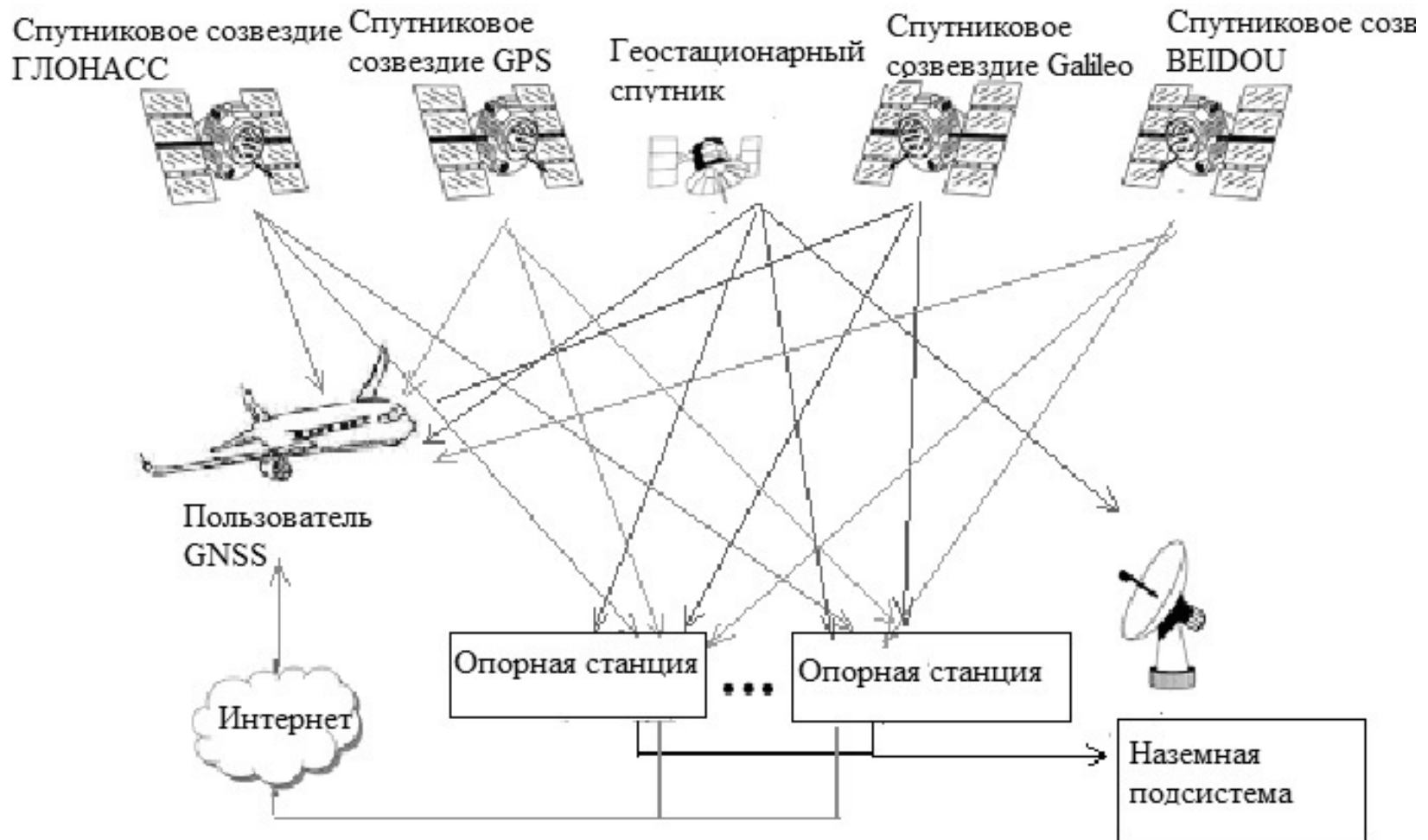
АРХИТЕКТУРА IRNSS (Индия)



КВАЗИ-ЗЕНИТНАЯ СИСТЕМА (ЯПОНИЯ)



ВЫСОКОТОЧНАЯ (см) ТЕХНОЛОГИЯ TERRASTAR



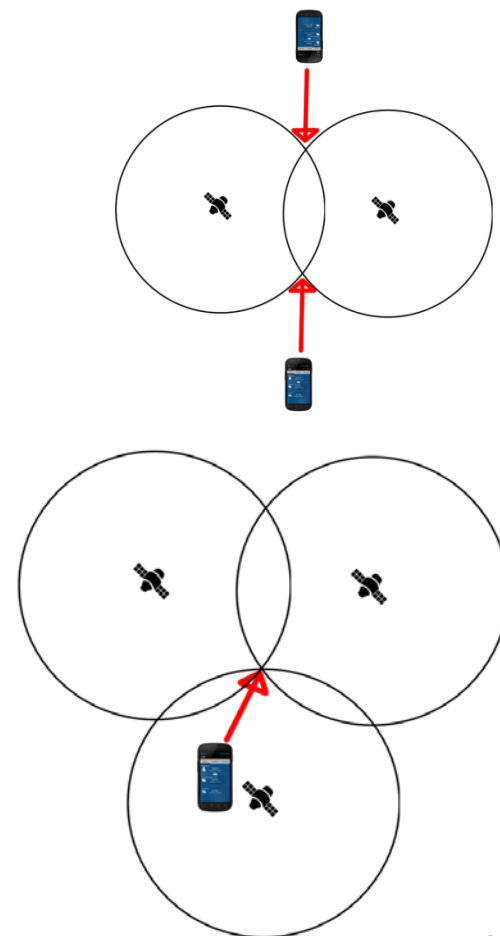
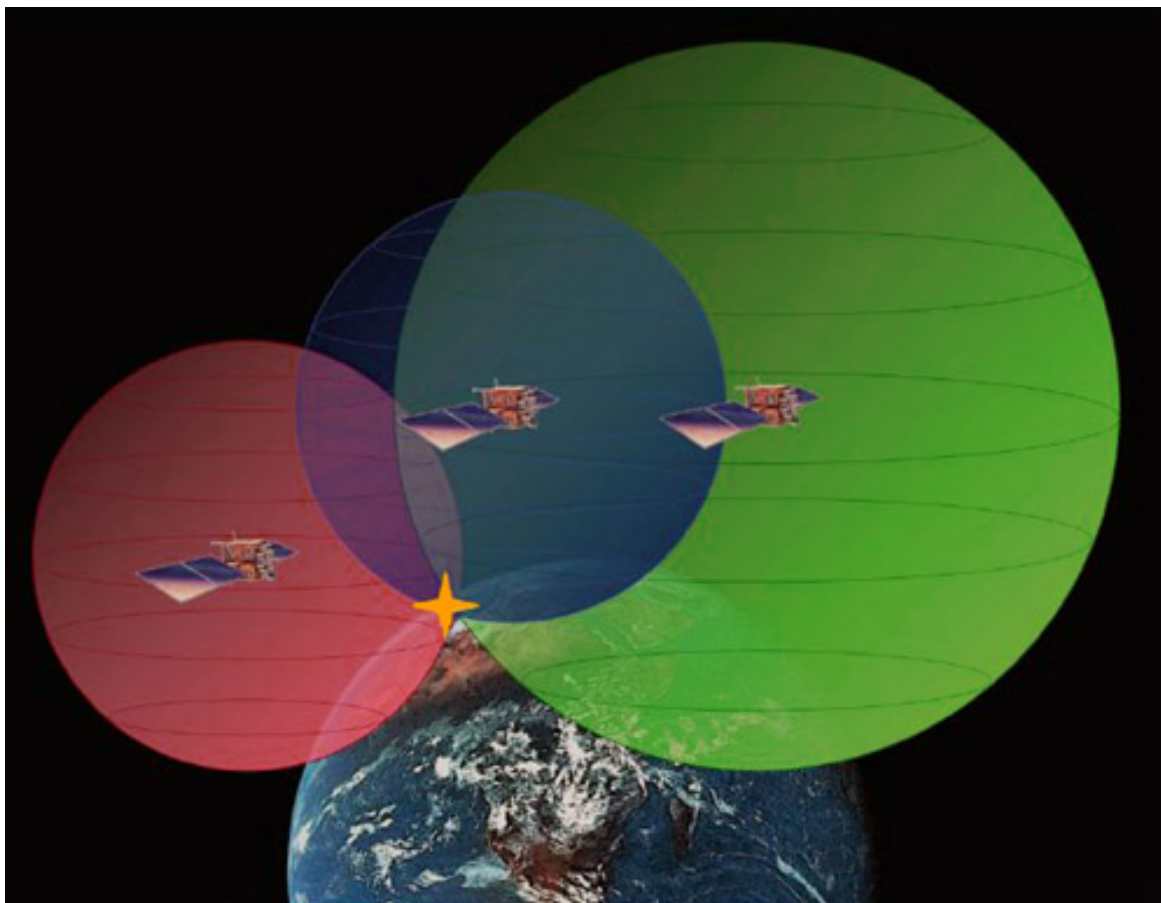
ЧАСТОТНЫЙ ПЛАН GNSS

GPS	ГЛОНАСС	COMPASS (BeiDou)	GALILEO	QZSS	IRNSS
L1 1575.42 МГц	L1 1598÷1605 МГц	B1 1561.1 МГц	E1 1575.42 МГц	L1 1575.42 МГц	S 2492.028 МГц +7.972 МГц -8.528 МГц
L2 1227.6 МГц	L2 1243÷1249 МГц	B2 1207.14 МГц	E6 1278.75 МГц	LEX 1278.75 МГц	
L5 1176.45 МГц	L3 1202.025 МГц	B3 1268.52 МГц	E5b 1207.14 МГц	L2 1227.6 МГц	L5 1176.45 МГц ± 12 МГц
			E5a 1176.45 МГц	L5 1176.45 МГц	

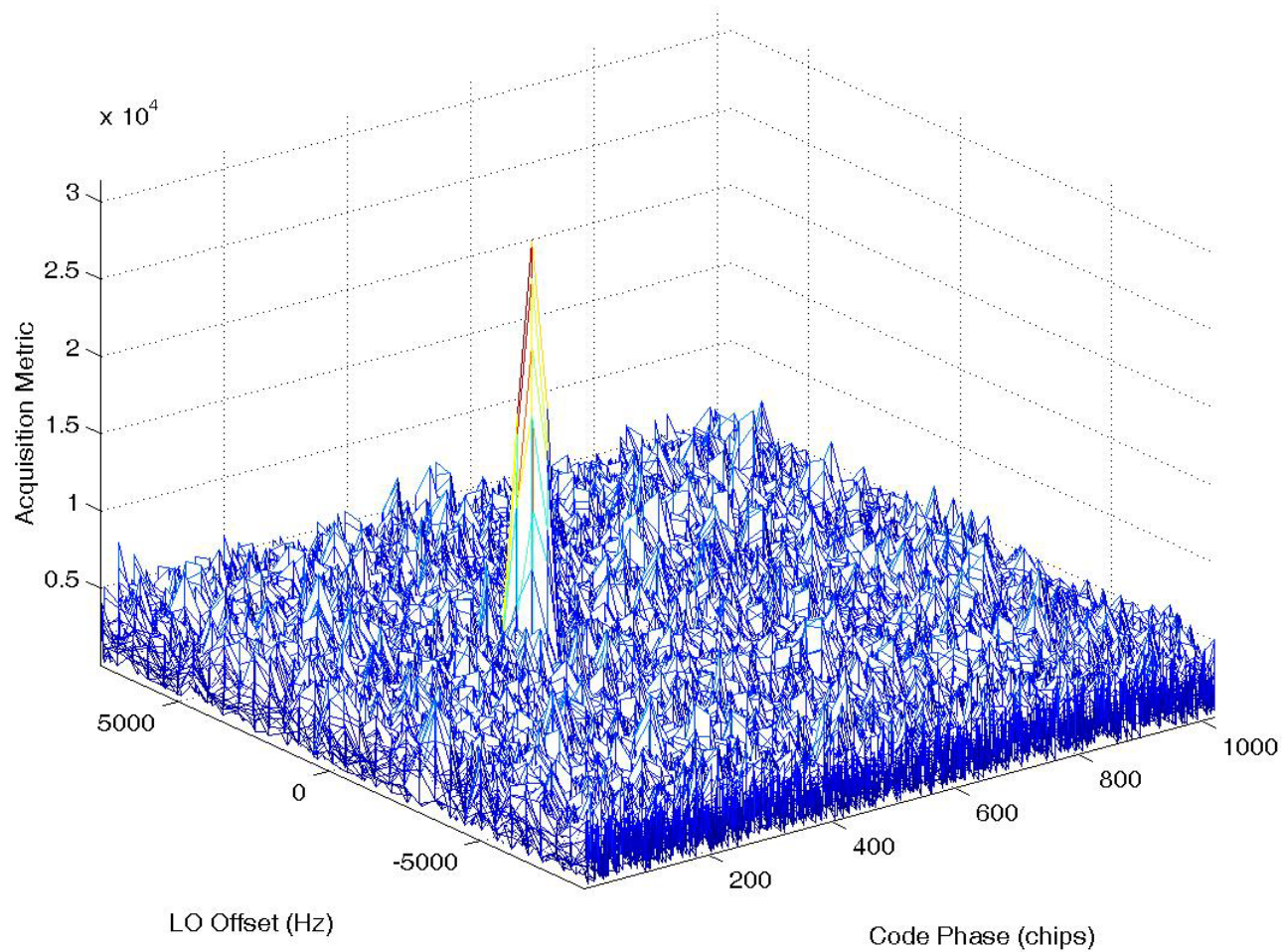
Принцип определения координат

<http://www.gps-auto.org>

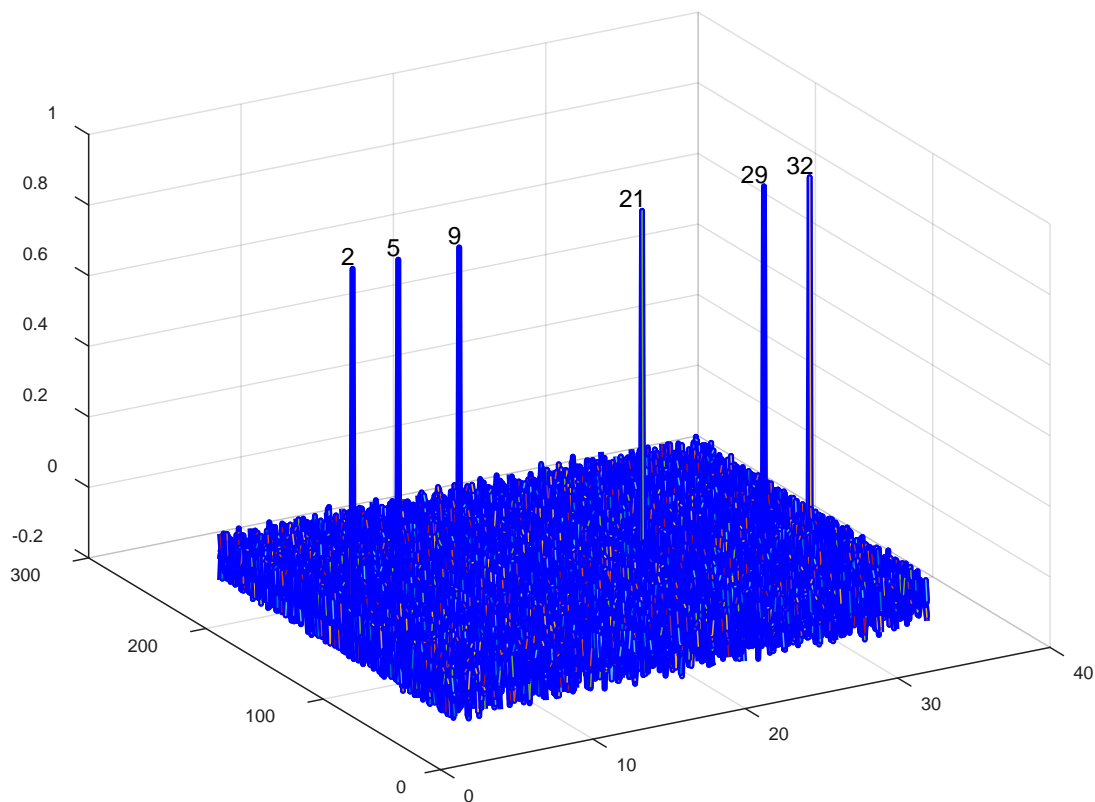
www.svetandroida.cz



ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ СПУТНИКОВ



СЛЕЖЕНИЕ и СОПРОВОЖДЕНИЕ



РЕШЕНИЕ НАВИГАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ

$$\begin{aligned} [X^{(m+1)}] &= [X^{(m)}] + \{[G^{(m)}]^T \cdot [W]^{-1} \times \rightarrow (1) \\ [G^{(m)}]\}^{-1} \cdot [G^{(m)}]^T \cdot [W]^{-1} \cdot \{[PR^{(m+1)}] - [PR^{(m)}]\} \end{aligned}$$

$[X^{(m)}]$ ВЕКТОР КООРДИНАТ НА ШАГЕ m

$[PR^{(m)}]$ ВЕКТОР ПСЕВДОДАЛЬНОСТЕЙ НА ШАГЕ m

$[G^{(m)}]$ МАТРИЦА ГЕОМЕТРИИ НА ШАГЕ m

$[W]$ МАТРИЦА ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Гибридная облачная система расчёта позиционирования



Облачная платформа
использует все доступные
сигналы (ГНСС, соты, Wi-
Fi, Bluetooth, маломощные
сети широкого охвата) для
расчёта в облаке
местонахождения клиента,
как внутри, так и снаружи
помещения.

Компания Comtech

ПРИМЕНЕНИЕ GNSS

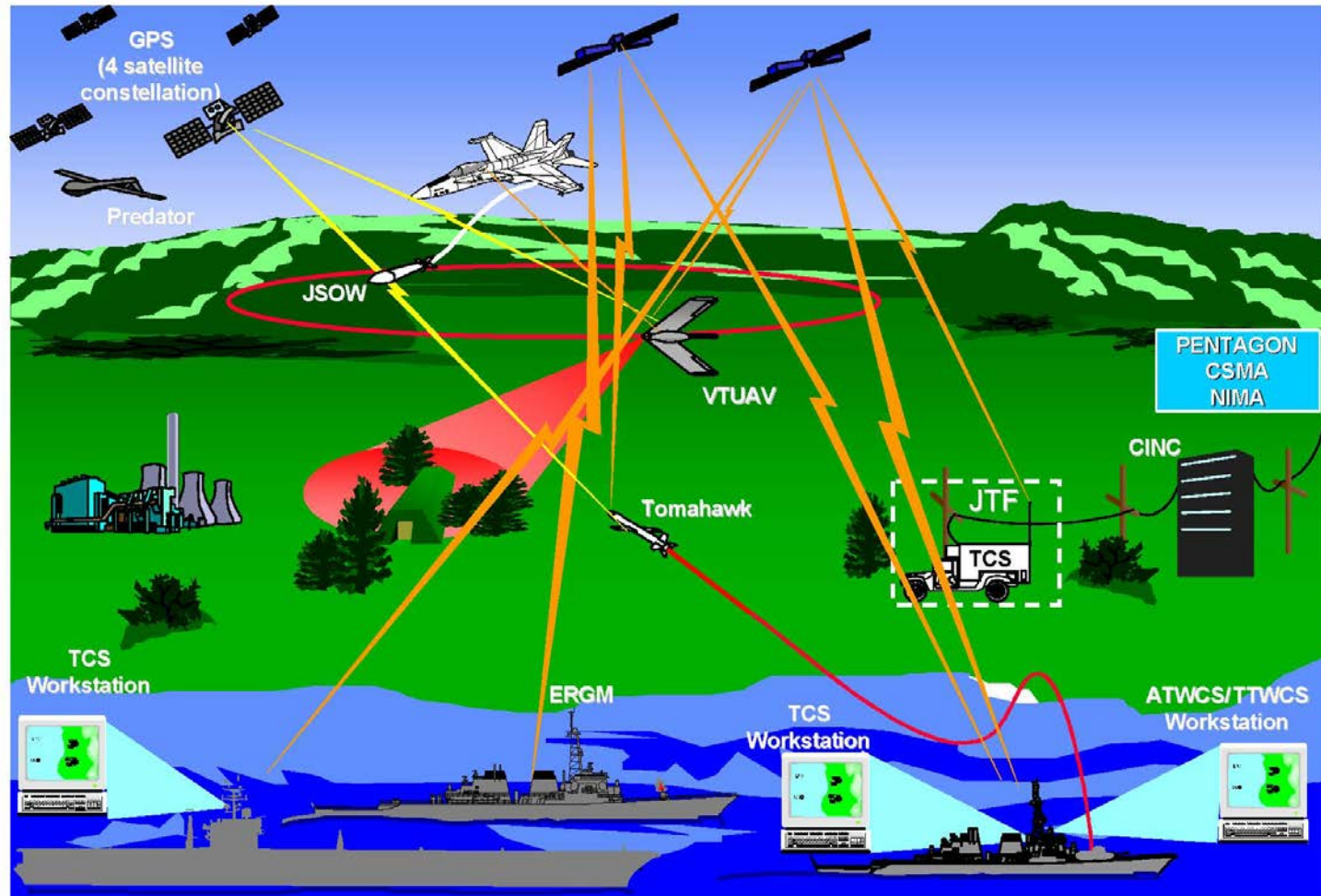


Прыжок из самолета с высоты 7620 метров



42-летний **Люк Айкинс**, у которого была с собой лишь видеокамера и **навигационная система GPS**, совершил прыжок из самолета с высоты 7620 метров на юге Калифорнии .

ТАМАГАВК



АГРОТЕХНОЛОГИИ



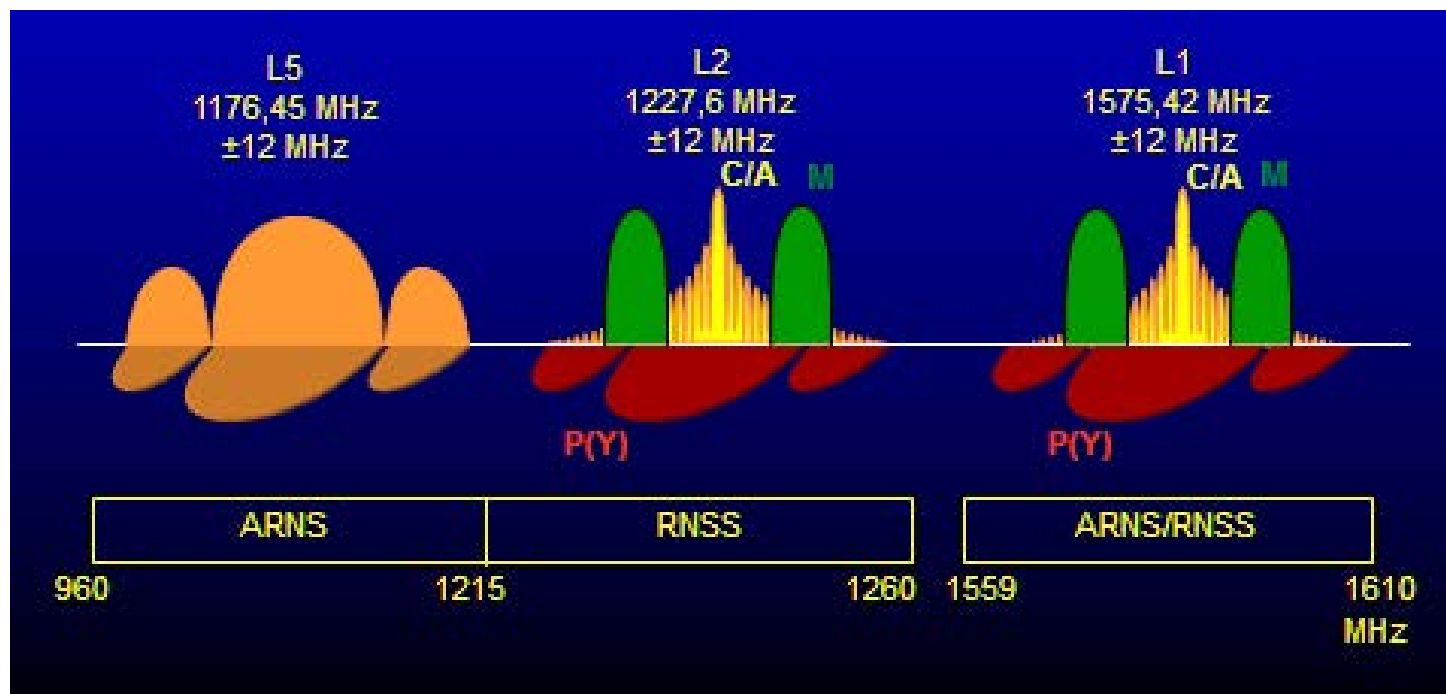
ГЛОНАСС может быть увеличена до 64 спутников



Увеличение ГЛОНАСС может производиться как добавлением космических аппаратов внутри или между орбитальными плоскостями, так и построением орбитальных дополнений на средневысотных, геосинхронных и высокоэллиптических орбитах.

МОДЕРНИЗАЦИЯ GPS

C/A- гражданский код; P(Y)- военный код; M- новый военный код



Использование ГЛОНАСС на Луне

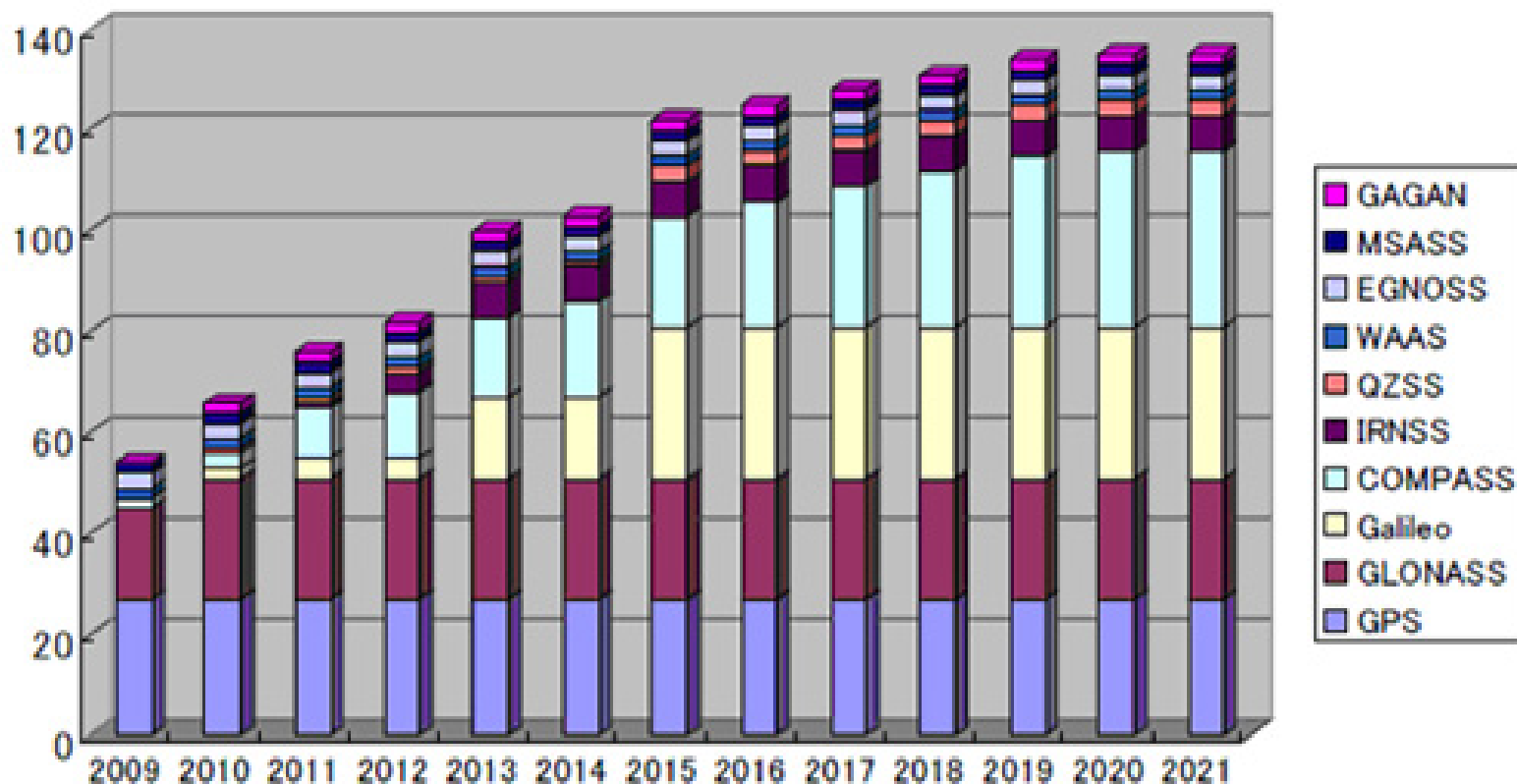


Октябрь 2016

Госкорпорация "Роскосмос" намерена потратить 1,84 млрд рублей на исследования расширения спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС в части ее использования под землей, под водой и на Луне.

РАЗВИТИЕ GNSS

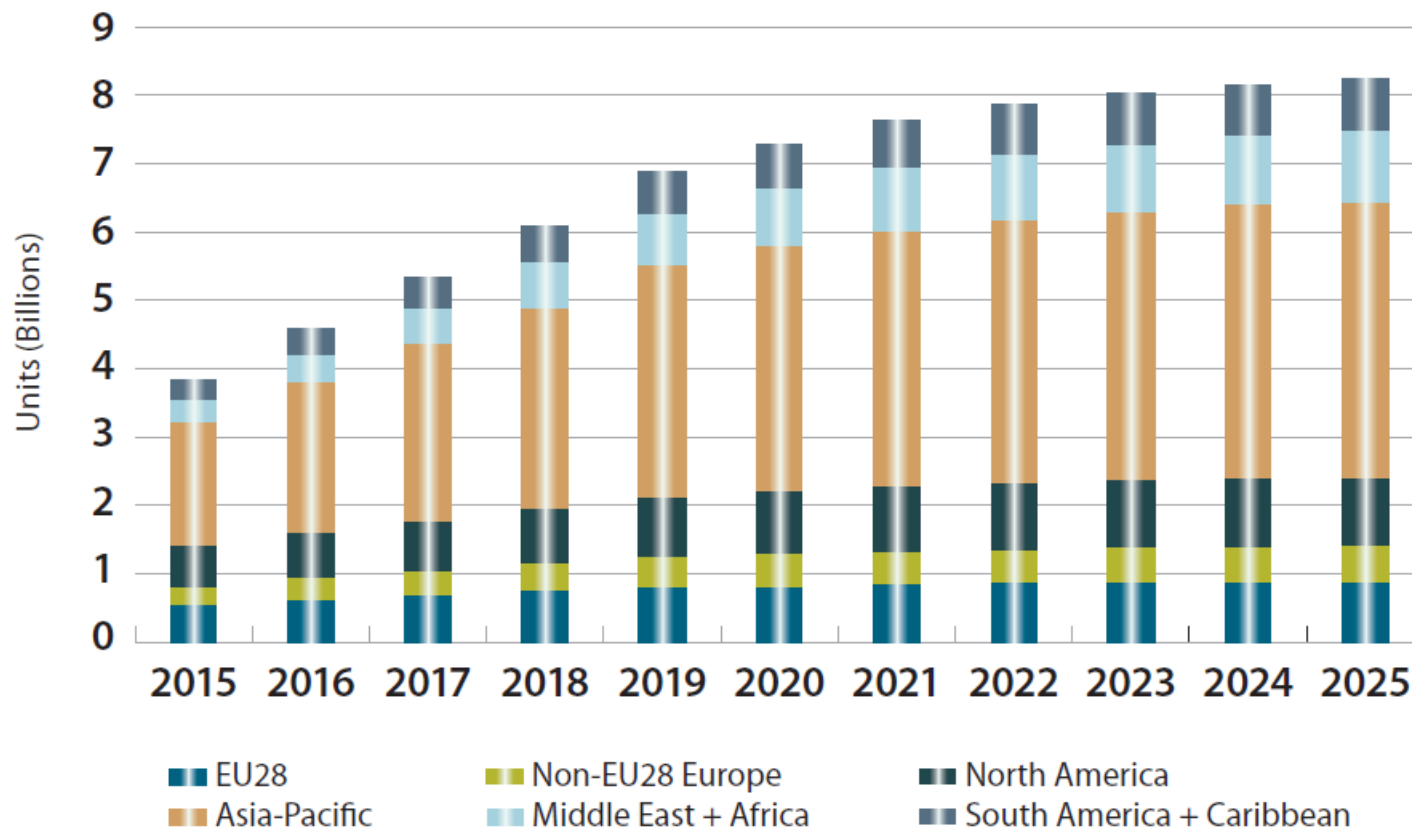
The number of SVs in multi GNSS systems



РЫНОК GNSS по материалам 2017 года

(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)

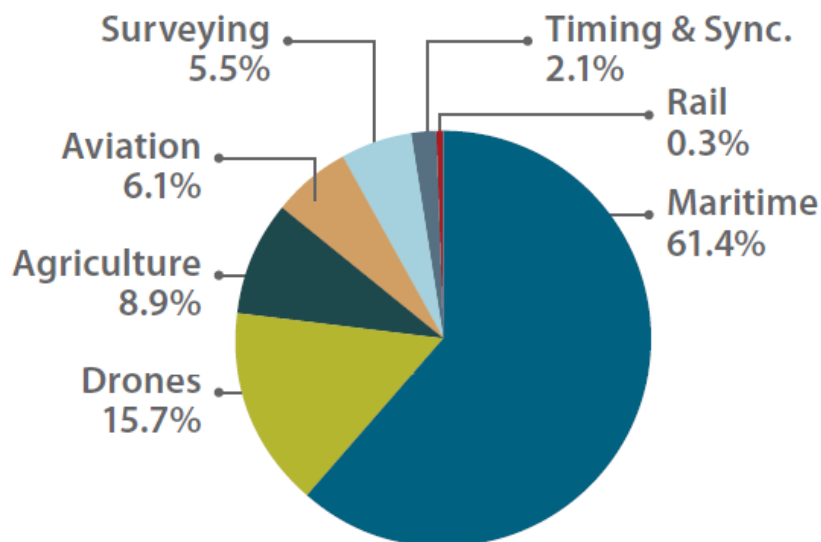
База устройств GNSS по регионам



Распределение GNSS услуг между пользователями 2015-2025

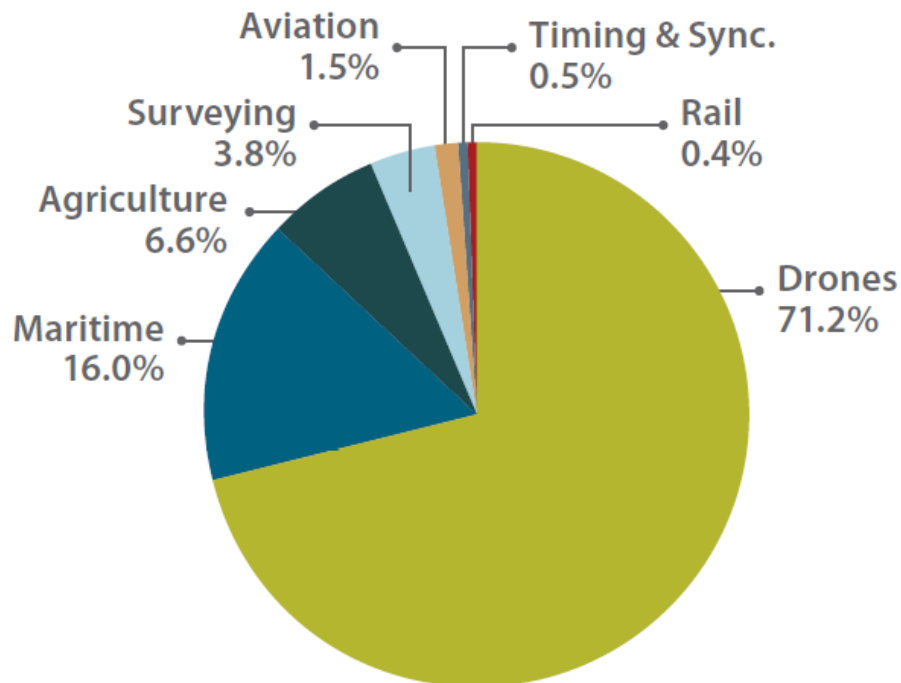
(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)

2015



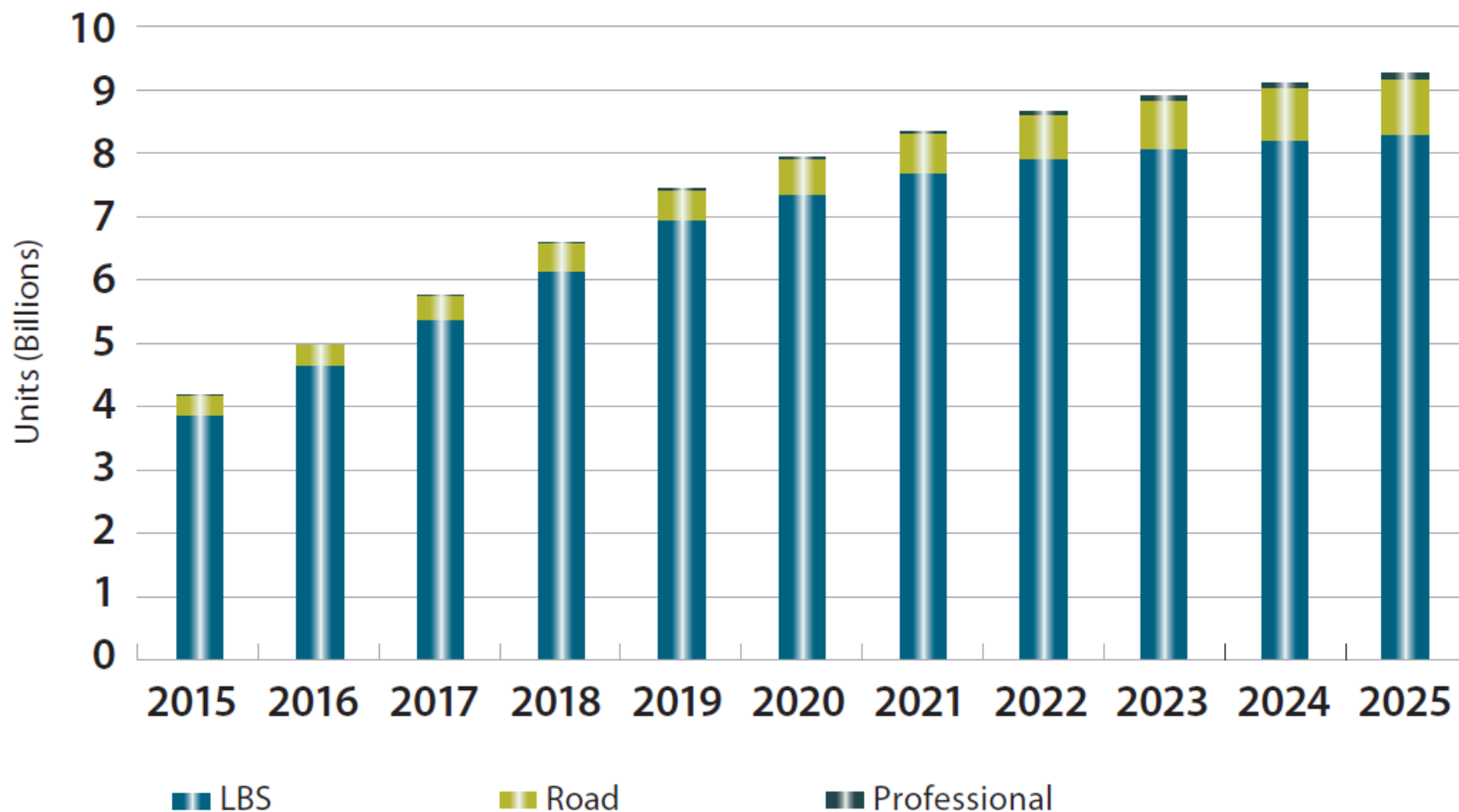
Total installed base – 14.4 mln

2025

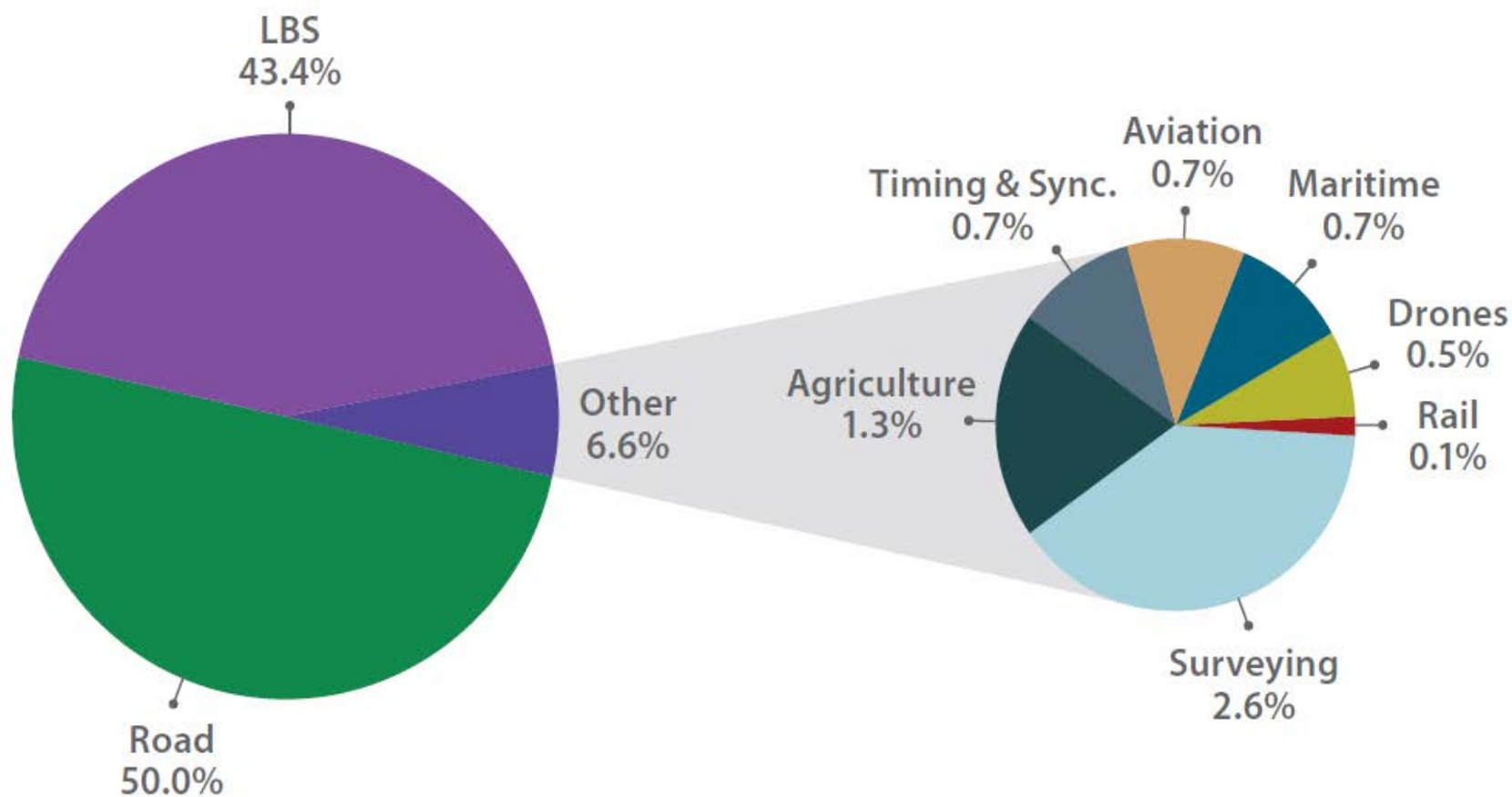


Total installed base – 97.8 mln

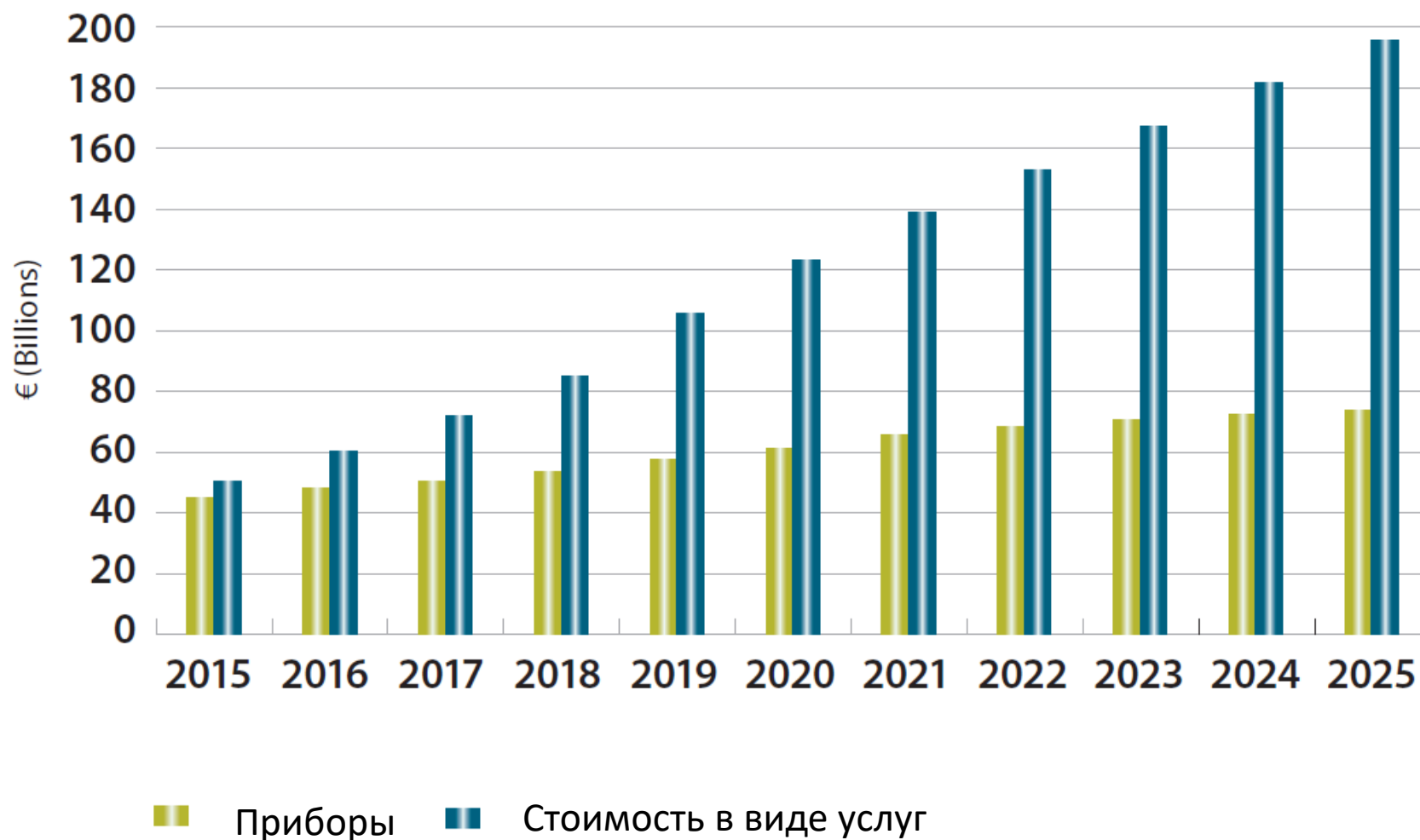
Ожидаемое число установленных базовых спутниковых элементов по сегментам
(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)



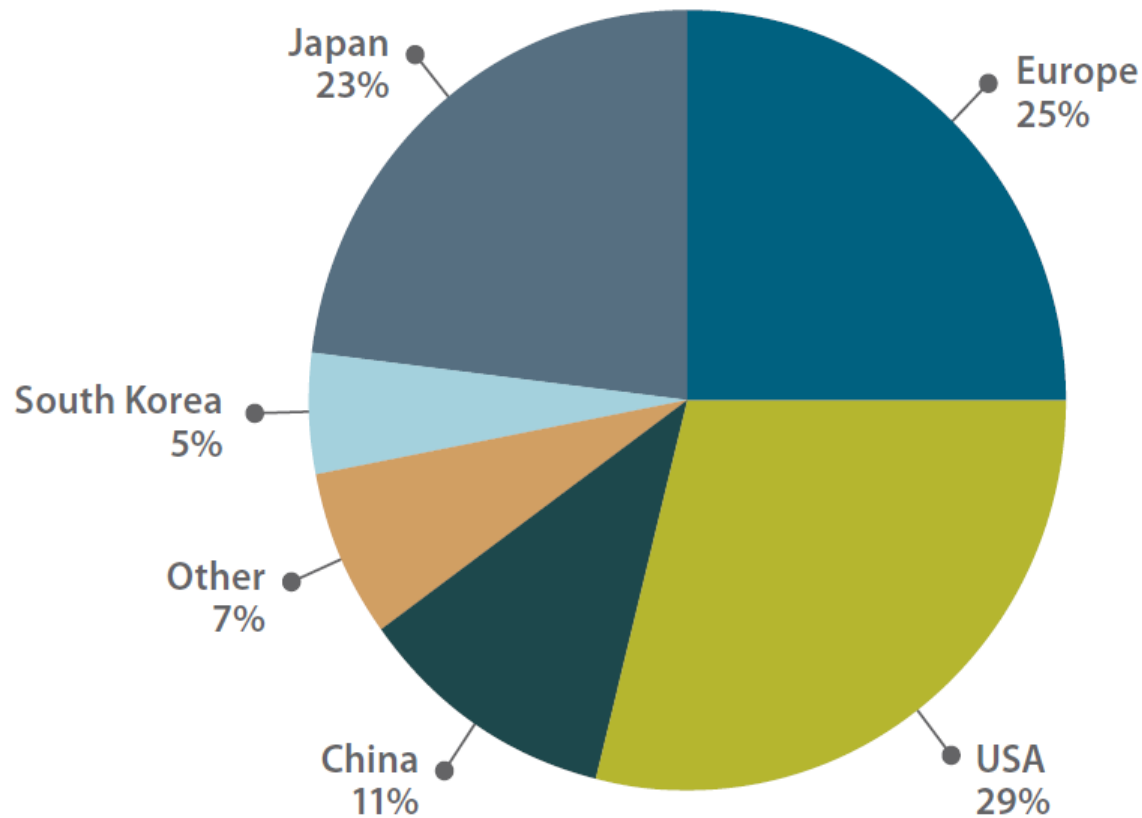
Ожидаемый совокупный доход 2015-2025 по сегментам
(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)



Глобальный доход по типу
(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)

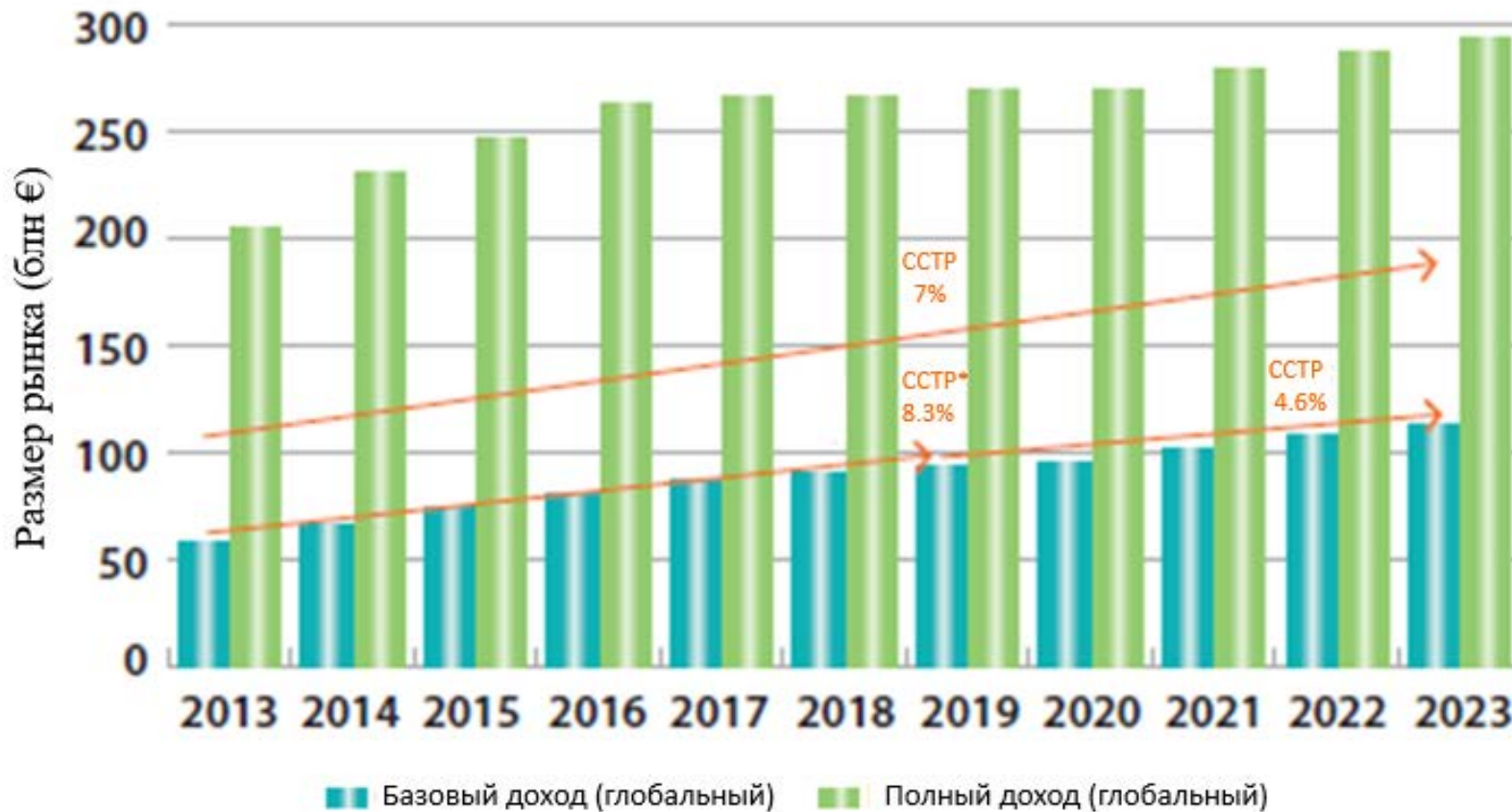


Распределение ГНСС дохода по ключевым странам
(% доли дохода в 2015)
(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)



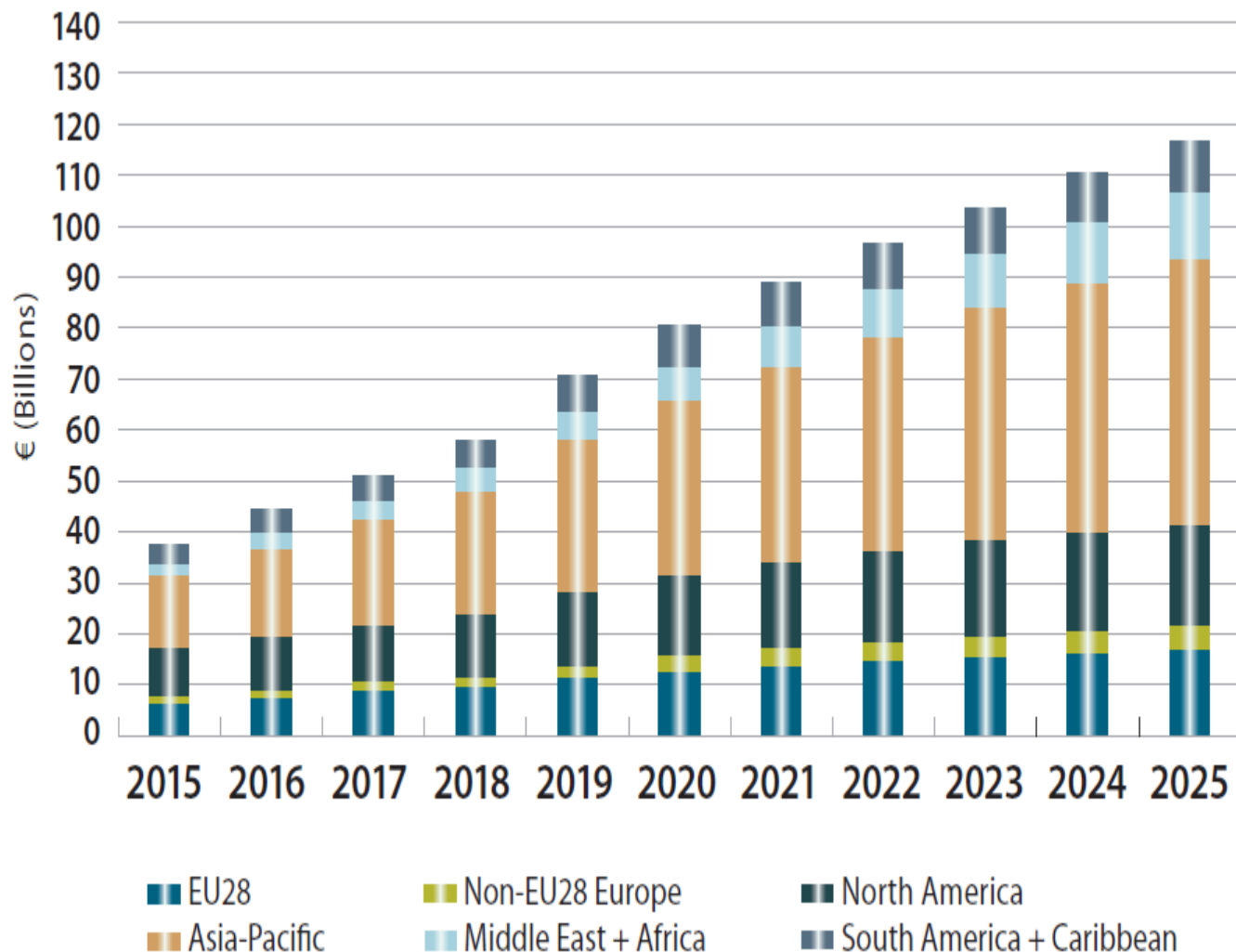
ДОХОДЫ ОТ GNSS

(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)



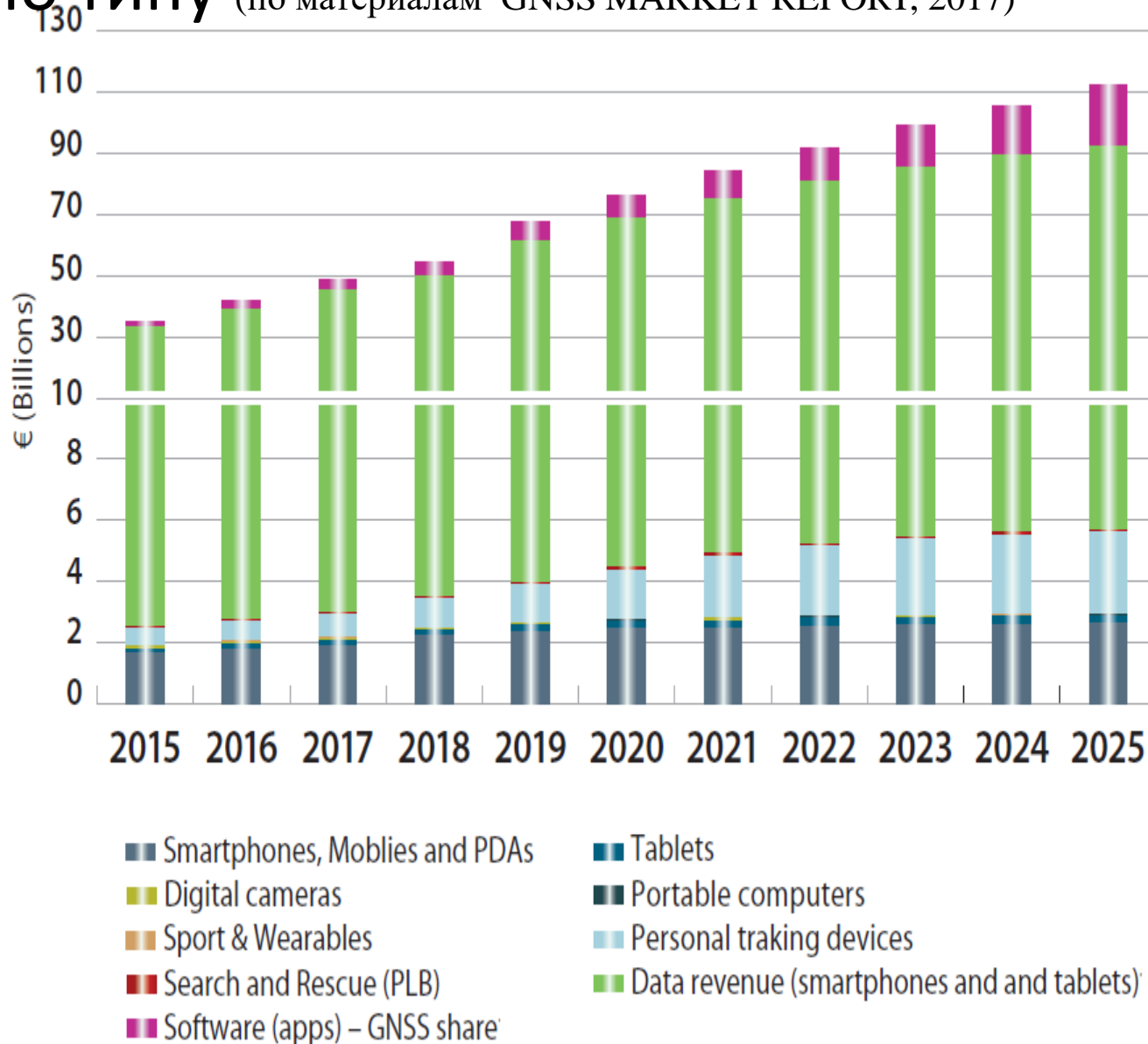
*ССТР - Совокупный среднегодовой темп роста

Доход с продаж ГНСС устройств и сервисов по регионам (по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)



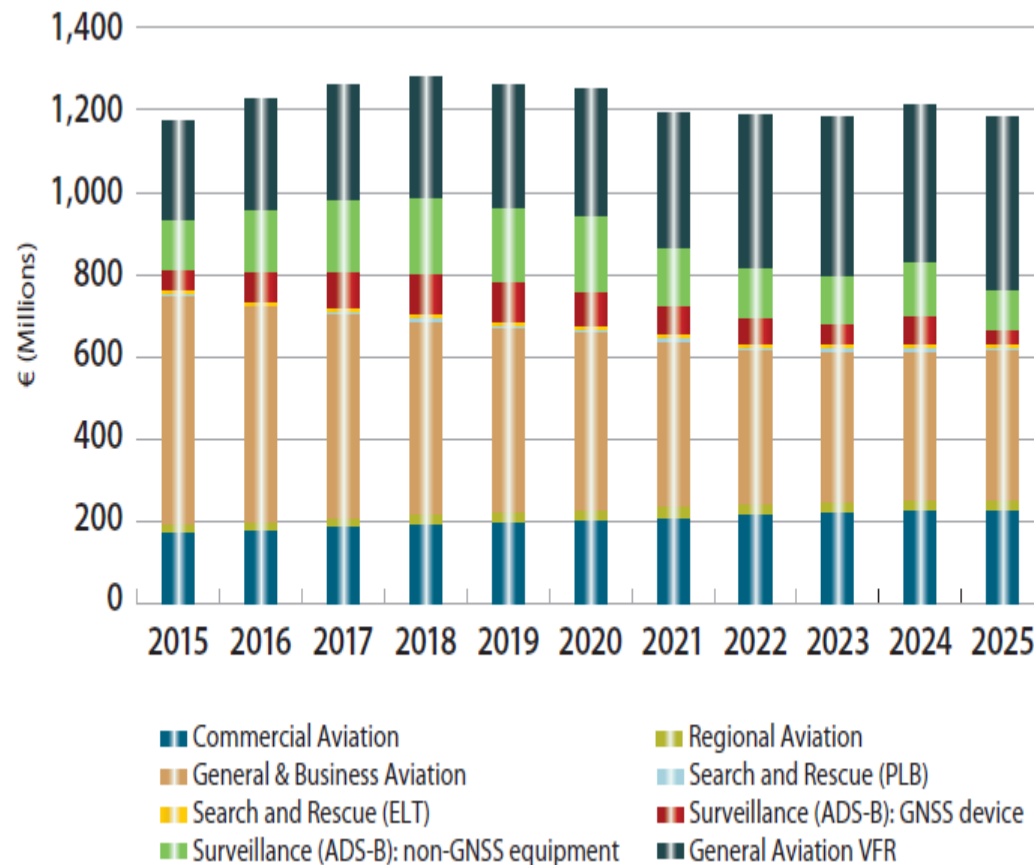
Доход с продаж ГНСС устройств и сервисов по типу

(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)



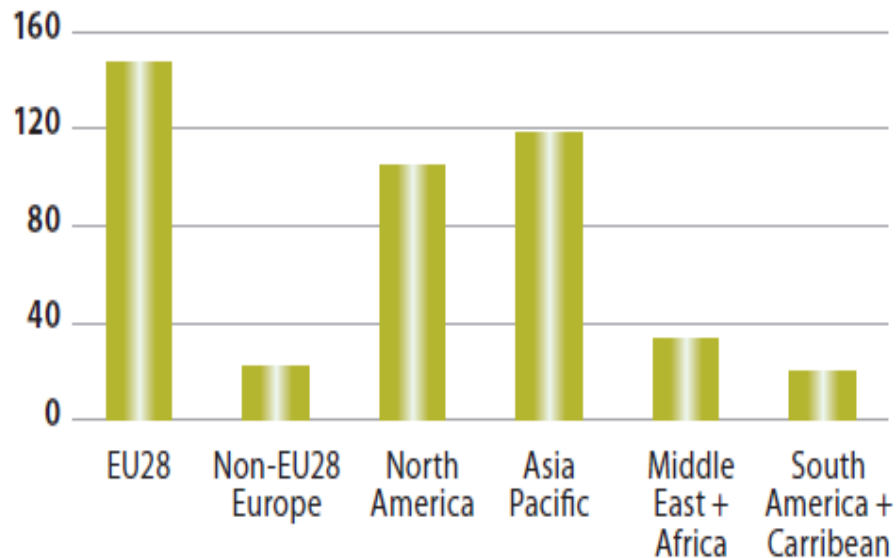
Доход продаж ГНСС устройств по применению

(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)



Количество производителей по регионам

(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)



Топ 10 компаний

(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)








Component manufacturers		System integrators		Value-added service providers	
Qualcomm	USA	Toyota	JP	Google	USA
Trimble Navigation	USA	Garmin	USA	Pioneer	JP
Broadcom	USA	General Motors	USA	Denso	JP
CSR	UK	Volkswagen	DE	Clarion	JP
Laird	UK	Ford	USA	Here Global	NL
Furuno Electric	JP	Apple	USA	Tomtom	NL
Rockwell Collins	USA	Samsung Electronics	KR	Microsoft	USA
Texas Instruments	USA	Nissan	JP	Jeppesen Sanderson	USA
Cobham	UK	China First Automob.	CN	Trimble Navigation	USA
Hexagon	SE	Honda	JP	Telenav	USA

Топ 10 компаний по доходам

Изготовители Оборудования		Интегрированные Системы		Поставщики Услуг		Пользователи
Qualcomm	USA	Toyota	JP	Google	USA	Mass Market Users, Professional Users, Users With Special Needs, Retailers
Broadcom	USA	General Motors	USA	Here Global ●	DE	
Mediatek ●	CN	Garmin	USA	Pioneer	JP	
Trimble Navigation	USA	Ford	USA	Denso	JP	
Hexagon	SE	China First	CN	Microsoft	USA	
u-blox ●	CH	Volkswagen	DE	Boeing ●	USA	
STM ●	CH	Samsung Elec.	KR	Ericsson ●	SE	
Cobham	UK	Apple	USA	Garmin ●	USA	
Furuno Electric	JP	Nissan	JP	Clarion	JP	
Topcon ●	JP	Honda	JP	Tomtom	NL	

● Новички в топ 10

(по материалам GNSS MARKET REPORT, 2017)

	Изготовители компонентов (Europe: 20%)			Интеграторы систем (Europe: 27%)		
	Europe*	North America	Asia+Russia	Europe*	North America	Asia+Russia
	6%	61%	33%	4%	36%	60%
	51%	23%	27%	30%	21%	48%
	25%	65%	10%	23%	76%	1%
	31%	46%	23%	33%	14%	53%
	43%	9%	47%	37%	37%	26%
	6%	63%	31%	42%	39%	19%
	36%	40%	24%	37%	34%	29%

«ЭКОНОМИКА ??» ИЗ ПРЕДЫДУЩЕГО СЛАЙДА

Количество специалистов с высшим образование в области GNSS (количество новых рабочих мест к 2025 году) =

$$50 \times 10^9 \text{€} \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 2000,$$

где

$50 \times 10^9 \text{€}$ - полный доход между 2023 и 2022 годами;

$k_1 = 0.01$ – пусть Украине достанется одна сотая этого дохода (мы входим в 10 космических государств);

$k_2 = 0.4$ - 40 % на развитие (создание рабочих мест);

$k_3 = 1/(20 \times 10^3)$ – стоимость нового рабочего места);

$k_4 = 0.01$ – на 100 рабочих 1 инженер.

GNSS технологии могут занять третью ступеньку после агро- и IT- технологий

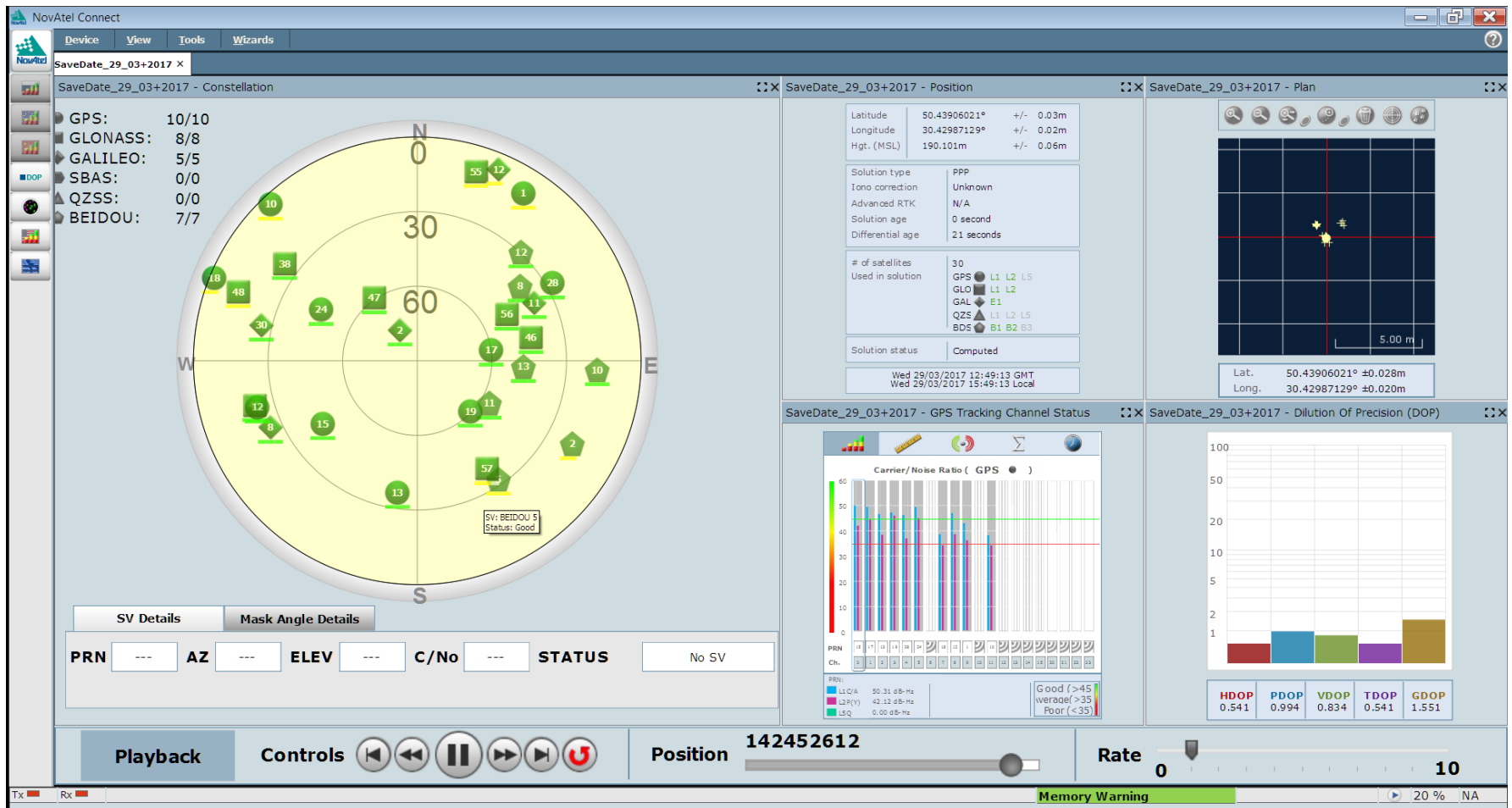
ТРЕБОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К СИГНАЛУ В ПРОСТРАНСТВЕ

Operational Phase-of-Flight	Accuracy (95%)	Time-to-Alert	Integrity Alert Limit	Probability of HMI	Availability (Range)	Continuity (Loss of Nav.)	Associated RNP Type (H/V)
Oceanic, En route & Remote	12.4 nm	2 min	12.4 nm	10 ⁻⁷ / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10 ⁻⁵ / hr	5 – 20 (No Vertical)
Domestic En route	2.0 nm (3.7 km)	1 min	2.0 nm	10 ⁻⁷ / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10 ⁻⁶ / hr	2 – 10 (No Vertical)
Terminal	0.4 nm (0.74 km)	30 sec	1.0 nm	10 ⁻⁷ / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10 ⁻⁶ / hr	1 (No Vertical)
Non-Precision (LNAV)	220 m (720 ft)	10 sec	0.3 nm	10 ⁻⁷ / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10 ⁻⁵ / hr	0.5 – 0.3 (No Vertical)
APV-1 (LNAV/VNAV)	100m	8 sec	556m (H) 50m (V)	10 ⁻⁷ / hr	0.99 – 0.99999	1-5 x 10 ⁻⁵ Approach	0.3/125
LPV (WAAS)	7.6 (16) m (H) 7.6 (20) m (V)	6 sec	40m (H) 50m (V)	1-2 x 10 ⁻⁷ / Approach	0.99 – 0.99999	1-5.5 x 10 ⁻⁵ / Approach	0.03/125
APV-2 (TBD) (Notional)	XXm (H) XXm (V)	5.2 sec	40m (H) 20m (V)	6 x 10 ⁻⁸ / Approach	0.99 – 0.99999	Y x 10 ^{-Z} / hr	0.03/50
Precision (PT-1) Category I	16 m (H) 4.0 m (V)	6 sec	40 m (H) 10 m (V)	2 x 10 ⁻⁷ / Approach	0.99 – 0.99999	8.0 x 10 ⁻⁶ / Approach	0.02/40
Precision (PT-2) Category II	6.9 m (H) 2.0 m (V)	2 sec	17.3 m (H) 5.3 m (V)	2 x 10 ⁻⁹ / Approach	0.99 – 0.99999	4 x 10 ⁻⁶ / 15s	0.01/15
Precision (PT-3) Category III	6.2 m (H) 2.0 m (V)	2 sec 1 sec (goal)	15.5 m (H) 5.3 m (V)	2 x 10 ⁻⁹ / Approach	0.99 – 0.99999	2 x 10 ⁻⁶ / last 15s 1 x 10 ⁻⁷ / last 15s (vertical)	0.003/z

ТРЕБОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К СИГНАЛУ В ПРОСТРАНСТВЕ

Типовая операция	Точность в горизонтальной плоскости с вероятностью 95%	Точность по вертикали с вероятностью 95%	Целостность	Время до предупреждения	Непрерывность	Эксплуатационная готовность	Соответствующие типы RNP
Полет по маршруту	3,7 км (2,0 м.мили)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	5 мин	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,99 до 0,99999	20...10
Полет по маршруту или в зоне аэродрома	0,74км (0,4 м. мили)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	15с	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,999 до 0,99999	5...10
Начальный заход на посадку, промежуточный заход на посадку, неточный заход на посадку (NPA), вылет	220м (720 фут)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	10с	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,99 до 0,99999	0,5 ... 0,3
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-I)	220м (720 фут)	20м (66 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	10с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,3/125
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-II)	16,0м (52 фут)	8,0м (26 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	6с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,03/50
Точный заход на посадку по 1 категории	16,0м (52 фут)	от 6,0 м до 4,0 м (20 фут- 13 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	6с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,02/40

ЛАБОРАТОРИЯ НАУ- МГНОВЕННАЯ ВИДИМОСТЬ 25 НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ



СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ В НАУ

Учебные дисциплины

Глобальные спутниковые навигационные системы

Аэрокосмические информационные технологии

Спутниковые системы связи, навигации, наблюдения

Моделирование аэронавигационных систем

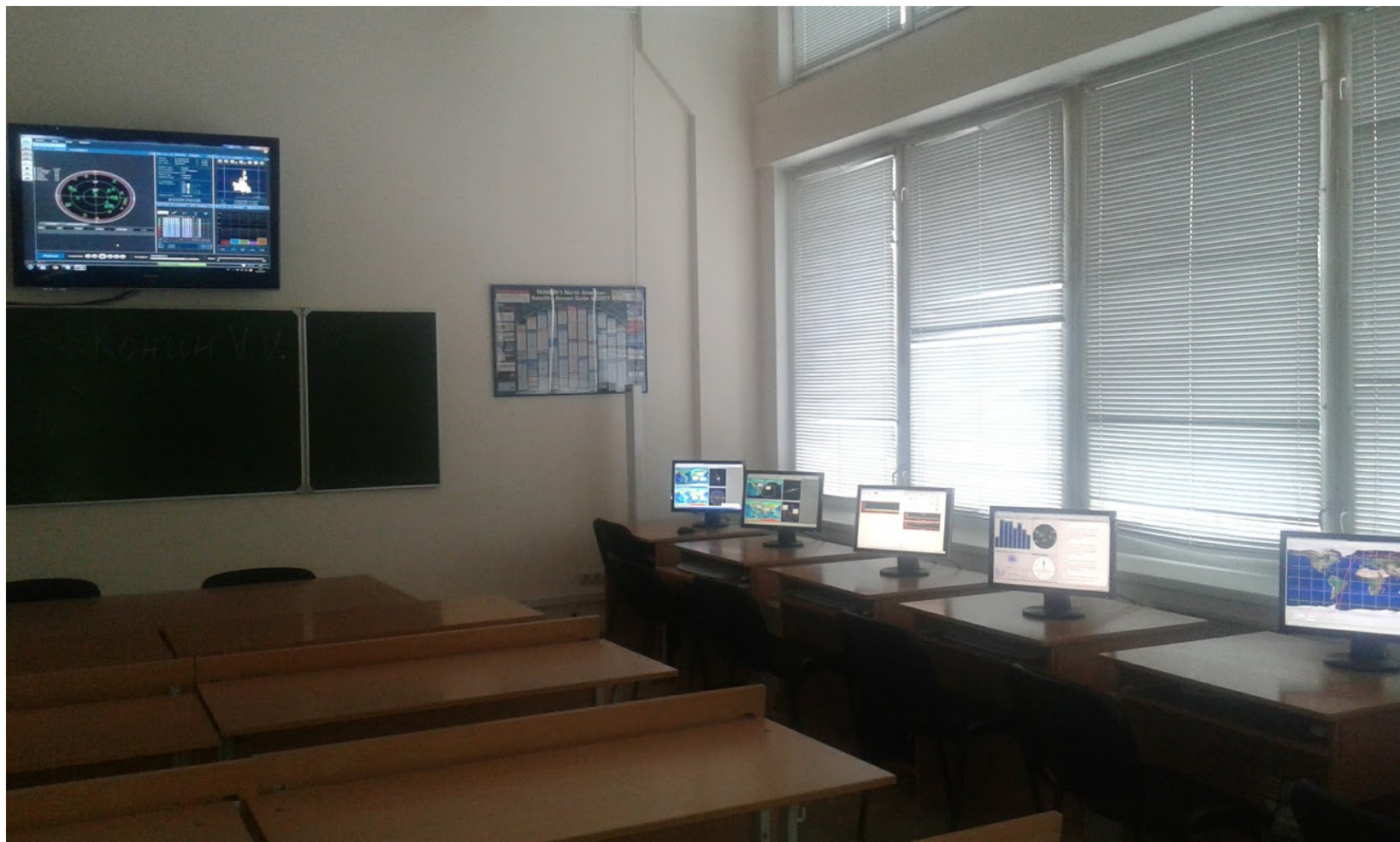
Спутниковые навигационные системы

Основы спутниковых авиационно-навигационных систем

Перспективные навигационные системы

ЛАБОРАТОРИЯ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

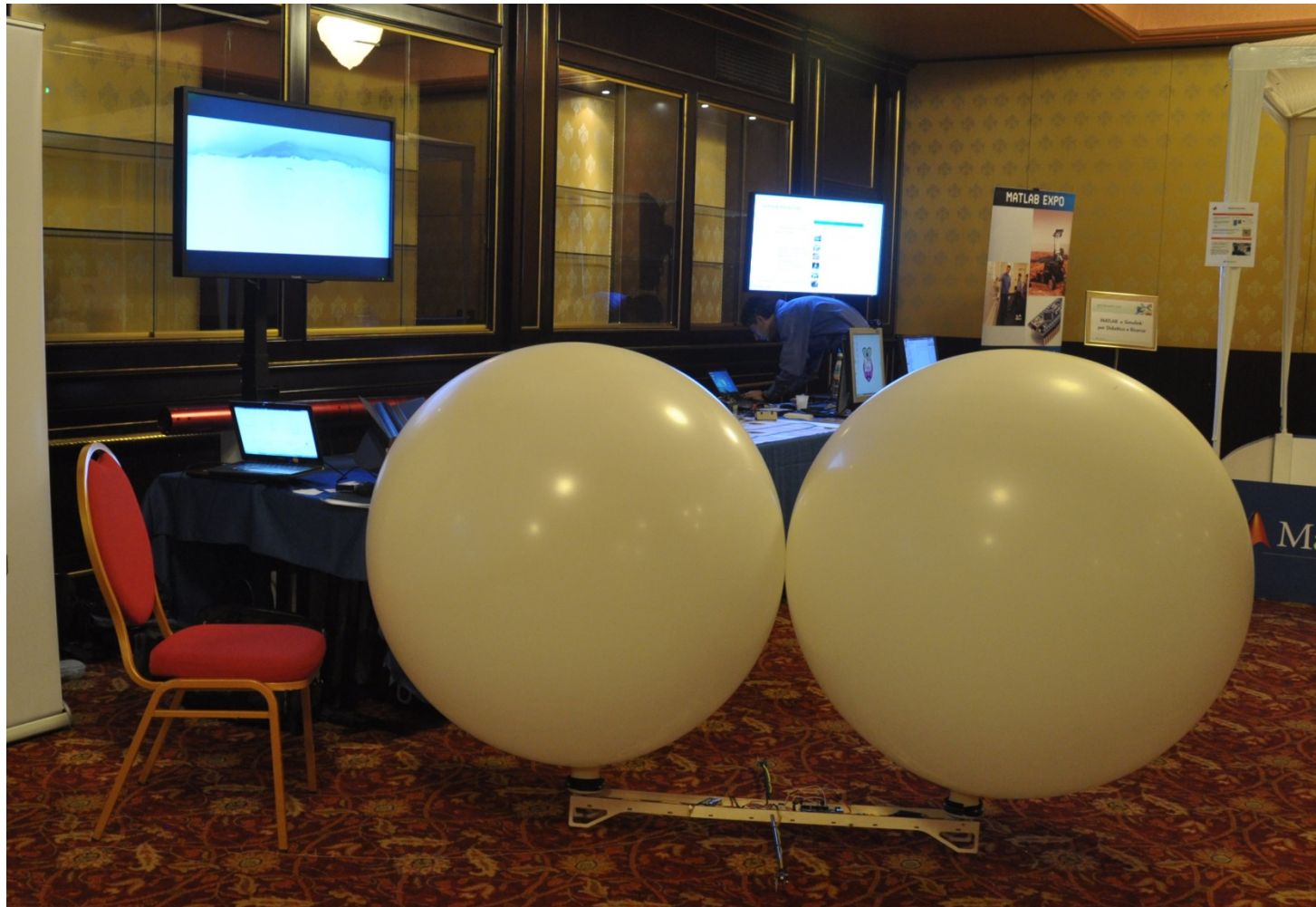
(учебный класс)



Центр управления студентами



У НИХ ТАК



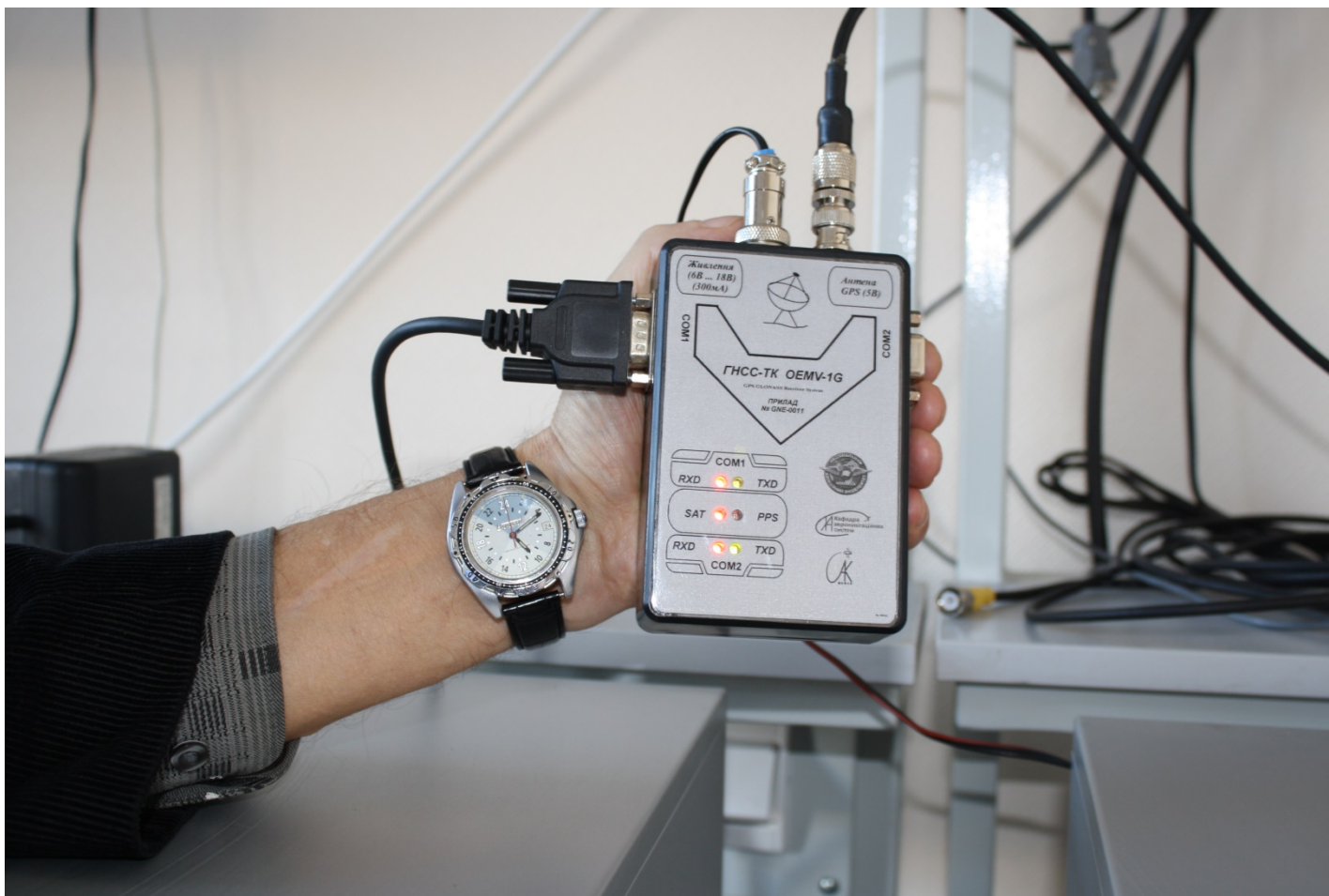
АНТЕННОЕ ПОЛЕ (GPS, ГЛОНАСС, EGNOS, GALILEO, OmniStar, TerraStar)



Экспериментальный стенд кафедры АНС



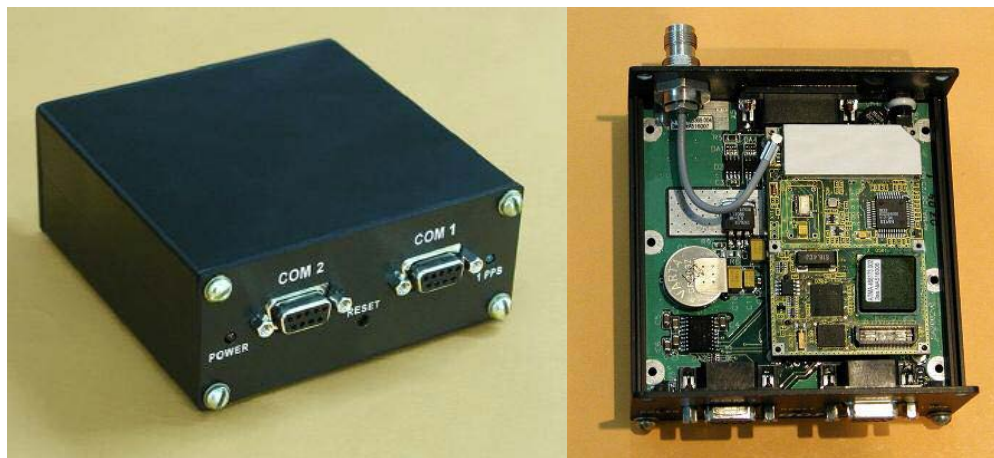
ГЛОНАСС-GPS-EGNOS приемник, разработанный в НУЦ «Аэрокосмический центр» НАУ и внедренный в учебный процесс



Учебный экспериментальный стенд с ГЛОНАСС-GPS-EGNOS приемником



EXPERIMENTAL EQUIPMENT: CN 4701 (SMELA)



BM_Ctrl - ver. 02.01

Дата	11.09.2008	Широта	50°26.34407N	Ск. по шир,м/с	-0.002	Ид. аппарат.	4701	01.06.18/10/05
Время	11:49:18	Долгота	30°25.79243E	Ск. по долг,м/с	0.003	Каналы	24	
СКО, м	3.59	Высота	186.193 м	Ск. по выс,м/с	0.037	Раб. КА	7+4	

Настройки

Выкл

Параметры:

COM1

19200

BINR

Tx Rx

Ошибки пр.

0

☐ Запрос на тест РПУ (11->43)
☐ Запрос версии ПМО (1B->70)
☐ Контроль наличия связи (26->54)
☐ Прогноз геометр. фактора (B1->C1)
☐ Режим работы BINR (B2->C2)
☐ Доп. параметры работы (D7->E7)

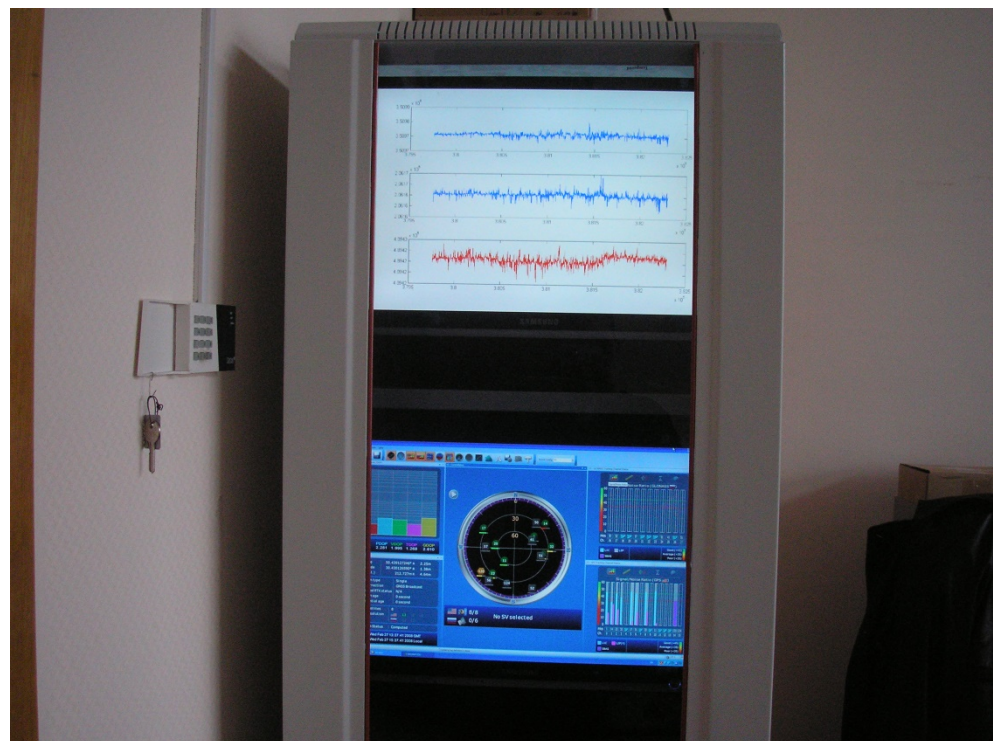
☒ Отмена всех запросов на передачу
☒ Перезапуск системы (01)
☐ Производ. пакеты

☐ Запрос/установка сост. порта (0B->50)
☐ Установка параметров работы (0D->51)
☐ Запрет/разреш. исп. спутника (12->47)
☐ Запрос путевого угла и скор. (13->41)
☐ Состояние каналов приемника (17->42)
☐ Запрос измер. каналов РПУ (18->43,49)
☐ Запрос/загр. эфемерид, инфор. (19->49)
☐ Запрос парам. связи шкал врем. (1E->74)
☐ Запрос парам. св. врем. и част. (1F->72)
☒ Запрос/загрузка альманаха (20->40)
☐ Количество исп. спутников (21->60)
☐ Запрос/устан. часового пояса (23->46)
☐ Запрос видимых спутников (24->52)
☐ Оцифровка метки времени (25->53)
☐ Запрос передачи вектора сост. (27->88)
☐ Ввод инф. о местополож. и врем. (32->89)
☐ Выдача последнего решения (37->84,41)
☐ Выдача экстраполир. коорд. (38->85,41)
☐ Информация о каналах РПУ (39->87)
☐ Запрос измерений каналов РПУ (D4->E4)
☐ Запрос ионосферных парам. (2A->4A)
☐ Связь шк. GPS, ГЛОНАСС, UTC (2B->4B)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС (фирма TRIMBLE)

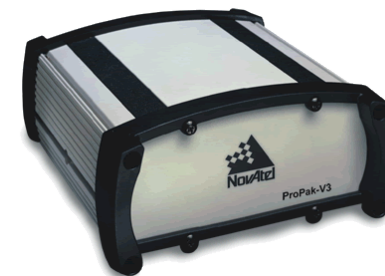


СТАНЦИЯ МОНИТОРИНГА СПУТНИКОВОГО НАВИГАЦИОННОГО ПОЛЯ





МОНИТОРИНГ GPS+GLONASS+EGNOS



ВЫСОКОТОЧНАЯ НАВИГАЦИЯ (2 см)

LATITUDE 50.43905948 +/- 0.03m

LONGITUDE 30.42986910 +/- 0.02m

HEIGHT 190.100 +/- 0.05m

Solution Type PPP

IONO Correction Unknown
Adv RTK Correction N/A

Solution Age 0 Sec
Differential Age 15 Sec

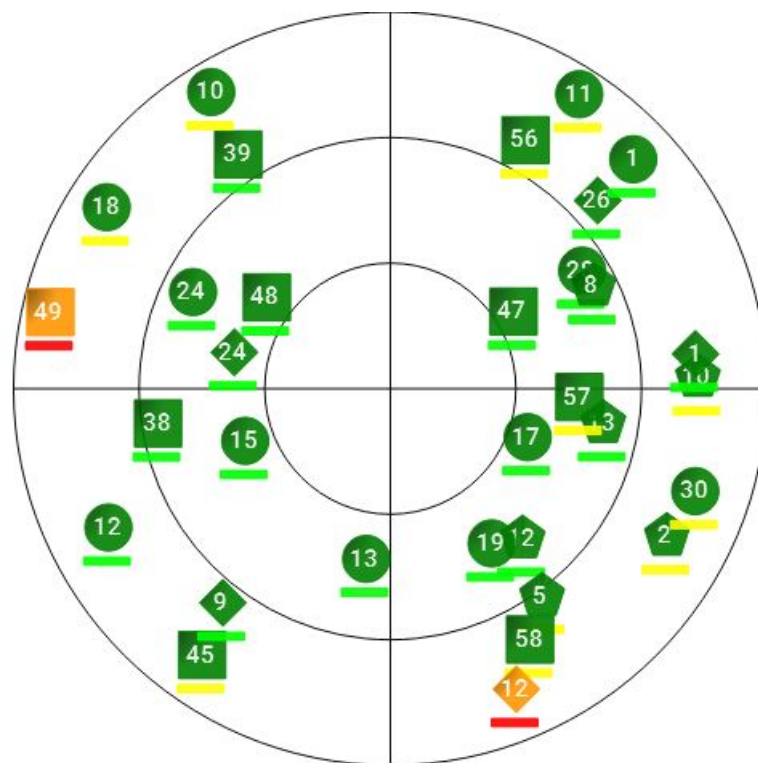
of Satellites Used in Solution 22

● GPS L1 L2 L5
■ GLONASS L1 L2
◆ GALILEO E1
▲ QZSS L1 L2 L5
◆ BEIDOU B1 B2 B3

Time

C6 01/04/2017 08:33:32 GM

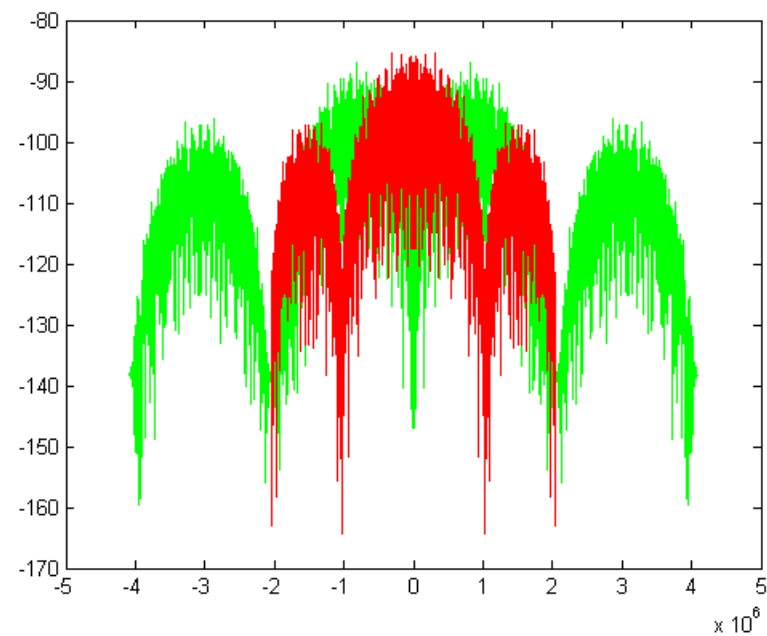
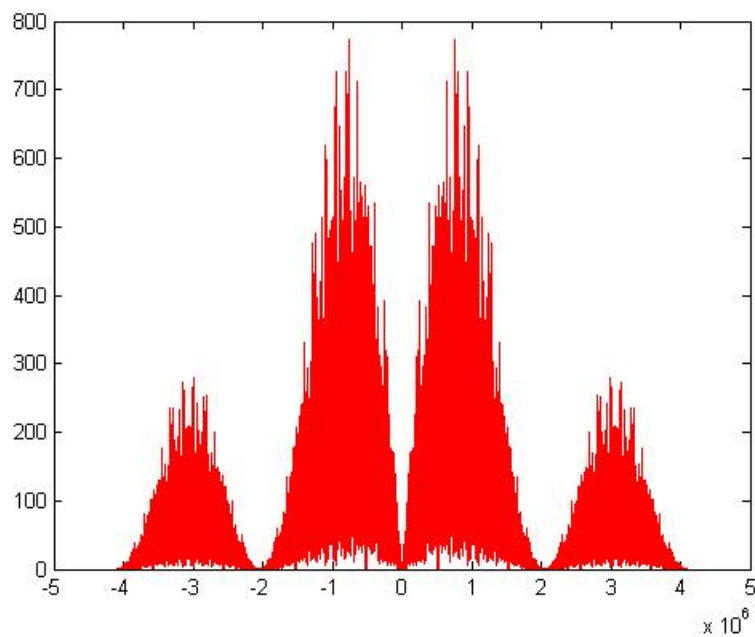
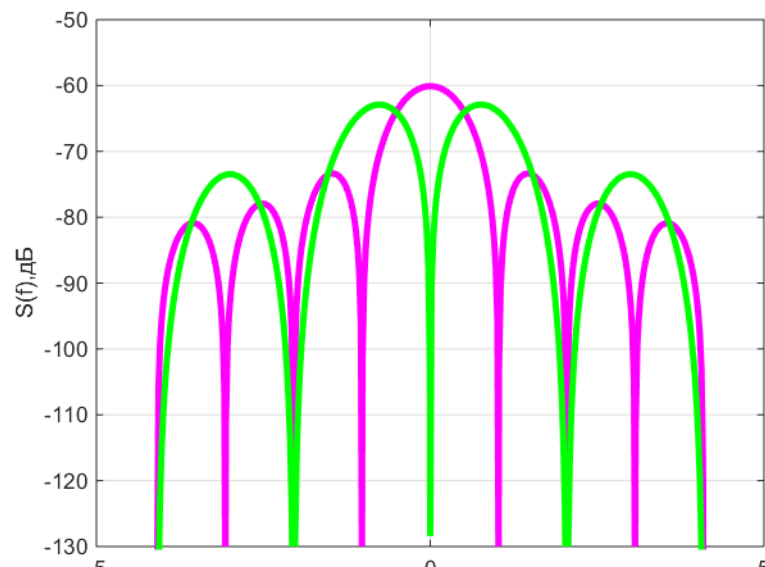
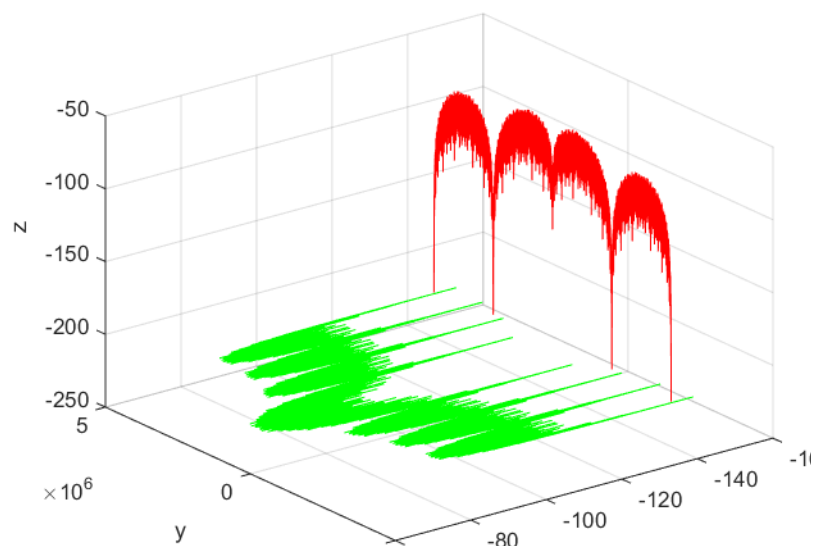
C6 01/04/2017 11:33:32 Lo



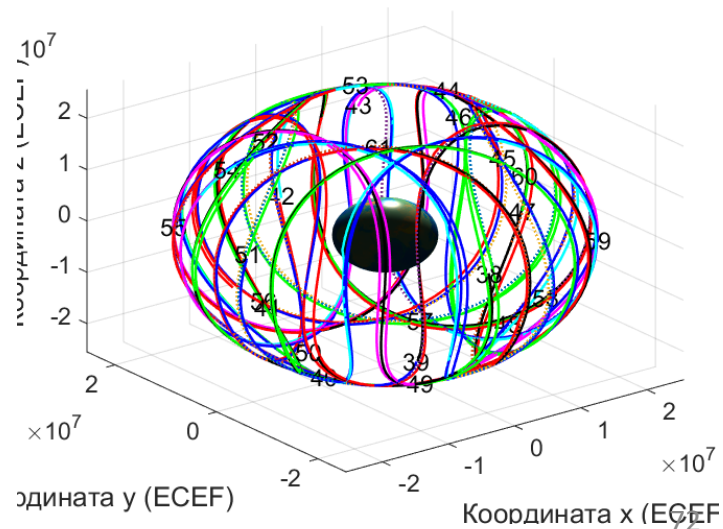
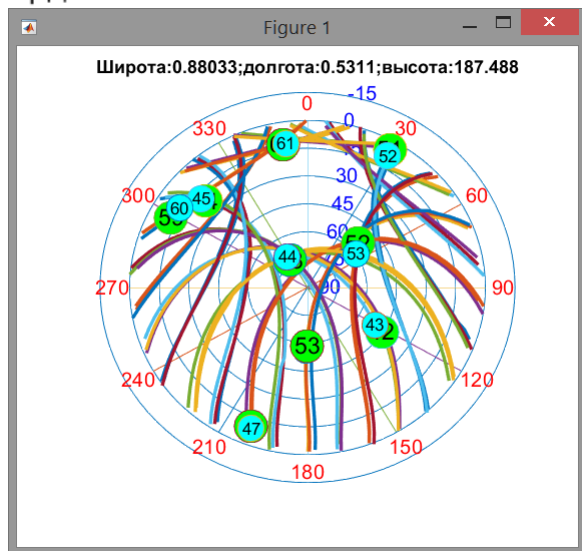
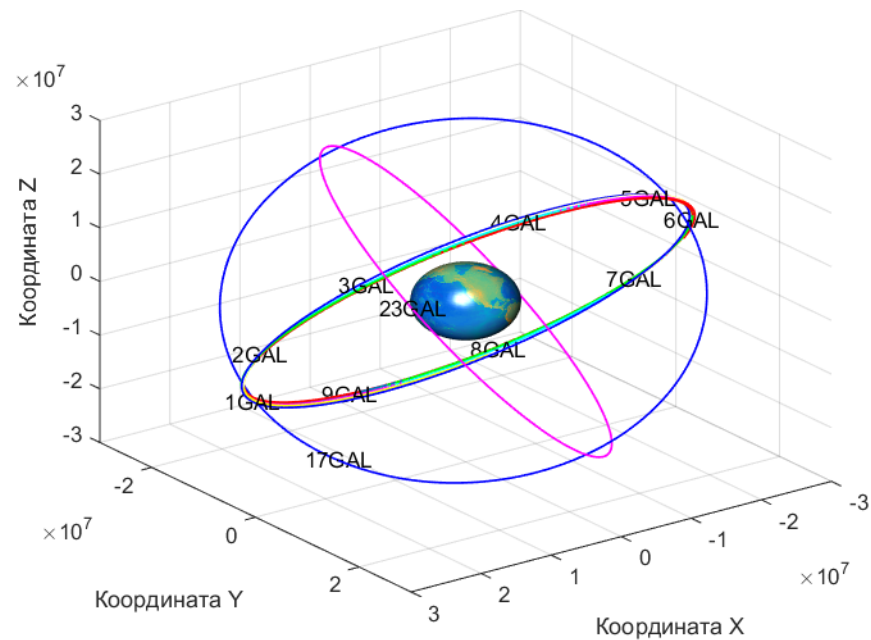
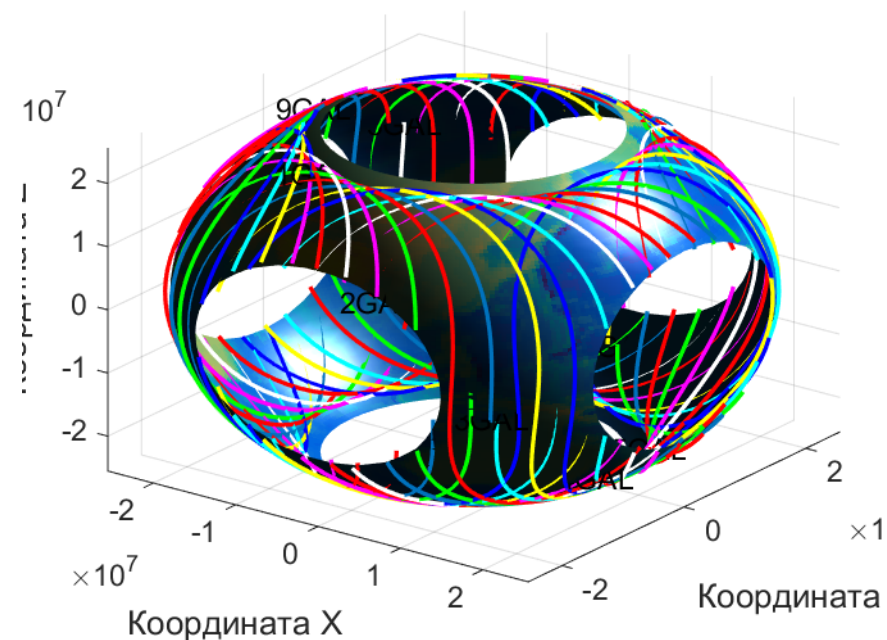
РАБОТА В ЕДИНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ КНО УКРАИНЫ



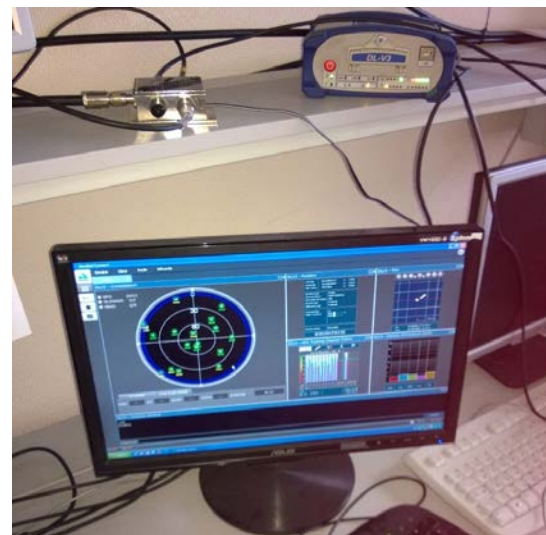
ИЗУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ GNSS (СИГНАЛЫ GALILEO)



ИЗУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРБИТ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ



АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС



ПАКЕТЫ ПРОГРАММ

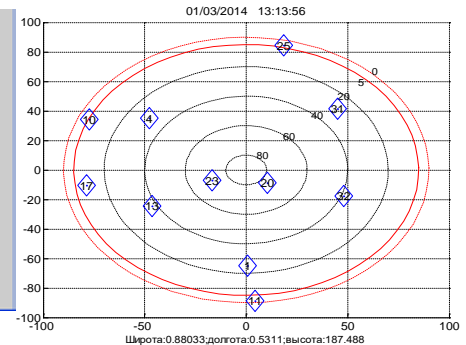
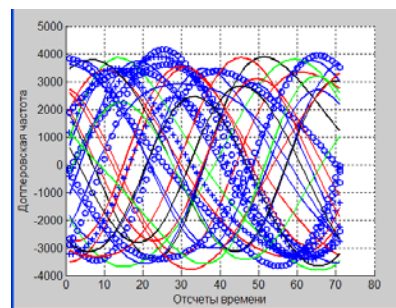
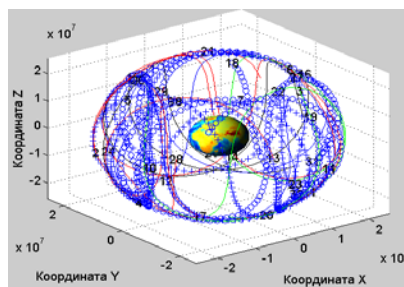
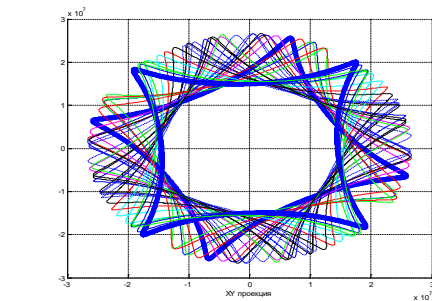
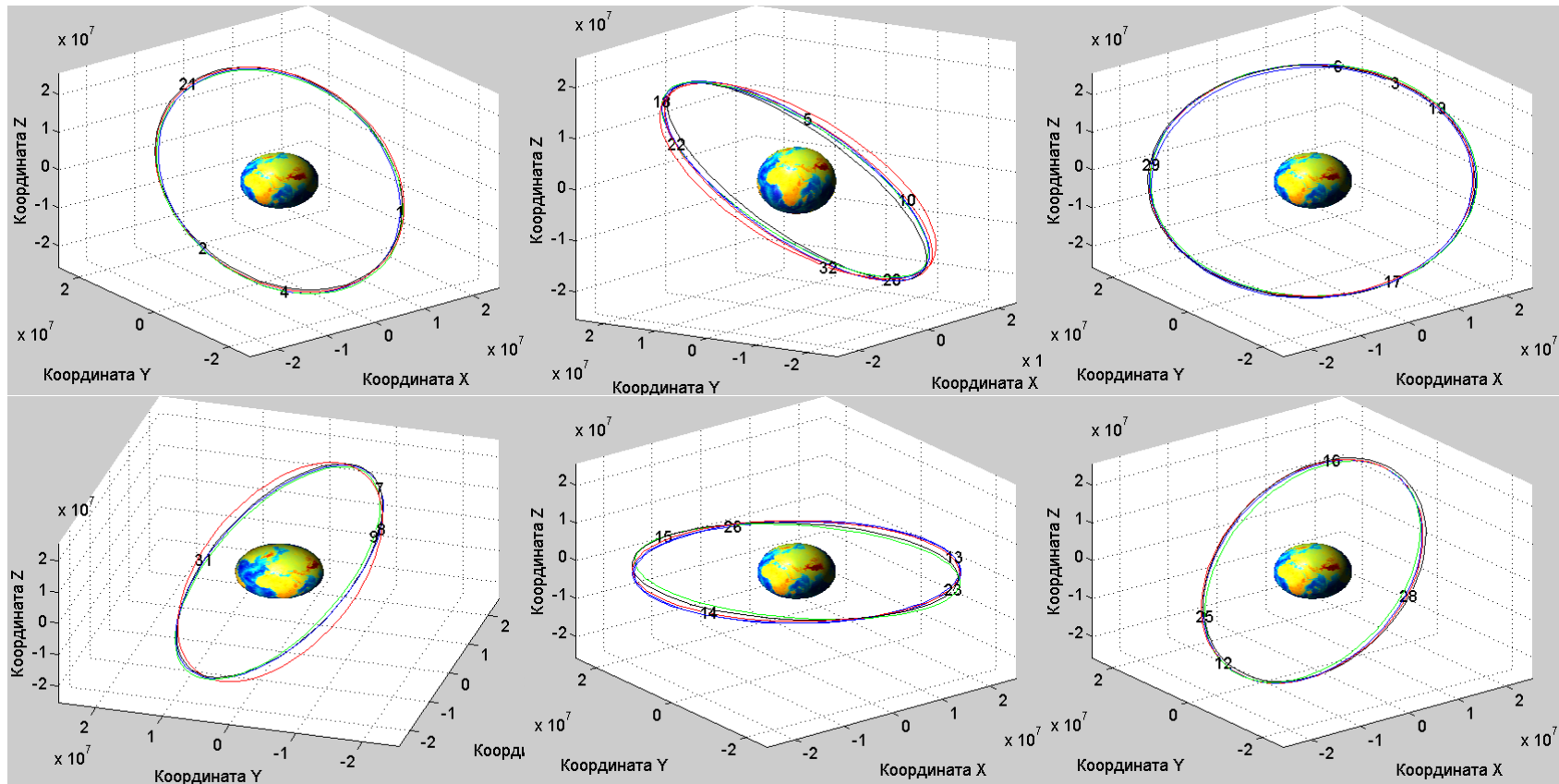
1. Пакет программ № 1 для оценки, точности и доступности ГНСС на геостационарной орбите
- 2. Пакет программ № 2 для решения навигационной задачи по сигналам GPS**
3. Пакет программ № 3 для решения навигационной задачи по сигналам ГЛОНАСС
- 4. Пакет программ № 4 для решения навигационной задачи по сигналам двух и более систем**
5. Пакет программ № 5 для решения навигационной задачи в двухчастотном режиме
- 6. Пакет программ № 6 для исследования орбитального движения спутников GPS**
7. Пакет программ № 7 для исследования орбитального движения спутников ГЛОНАСС
- 8. Пакет программ № 8 для исследования орбитального движения спутников действующих и перспективных систем**
9. Пакет программ № 9 для геометрических факторов

Функции пакета № 4 (иллюстрация)

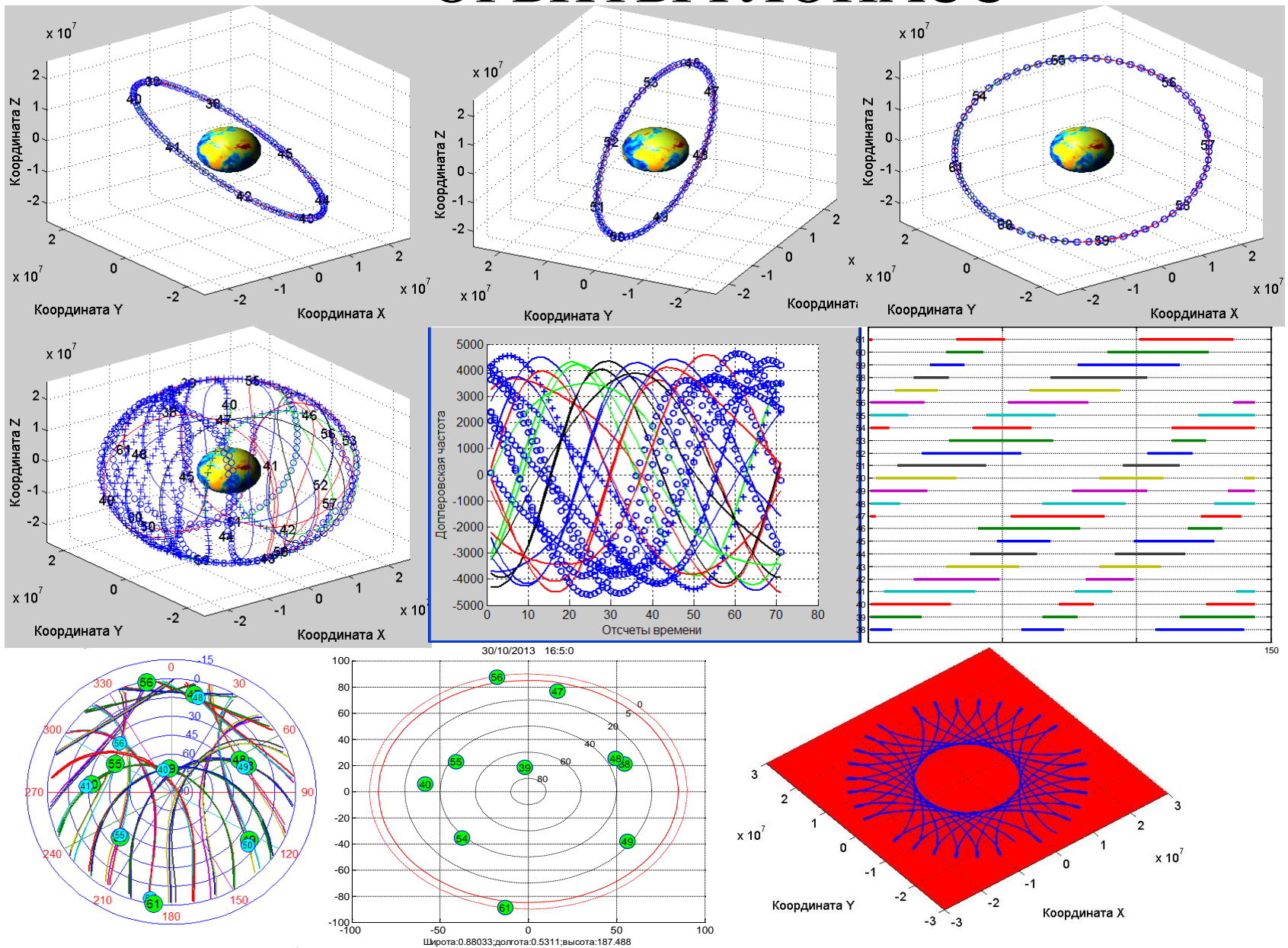
- var_sign.m
- utc_nut_fi_eps.m
- utc_nut.m
- ti_correct.m
- swap2byte.m
- s0_Nut.m
- read_XYZ.m
- Read_TIME.m
- read_range.m
- Read_PSRXYZ.m
- Read_IONUTC.m
- Read_EphGl.m
- Read_Eph.m
- pz90_eci.m
- pozGPSGL.m
- positionV0.m
- Matric.m
- mainGG10.m
- koef.m
- kepler.m
- JD_from_epohi.m

- JD_epohi.m
- JD_data.m
- init_xyz.m
- init_satvis_satpos.m
- init_Range.m
- init_Poz.m
- init_data_gps.m
- init_data_gln.m
- init_data.m
- glne_dvdt_ODE1.m
- glne_cos.m
- gln_e.m
- EphGIF.m
- EphF.m
- eci_to_ecef.m
- e_norm.m
- CRC_OEM4.m
- CRC32Value.m
- CRC32.m
- CRC32_new.m
- CalculateBlockCRC32.m

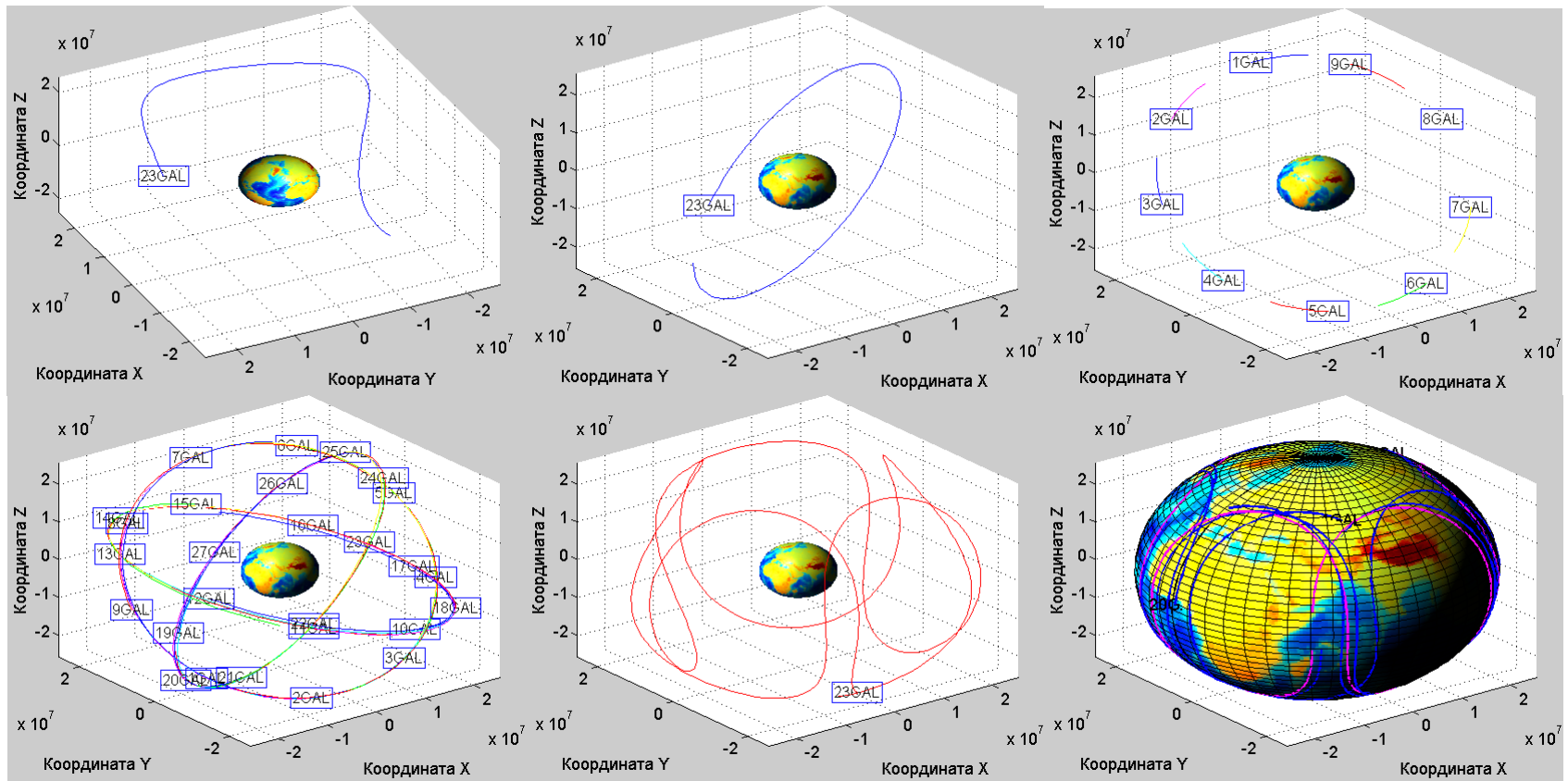
Орбиты GPS



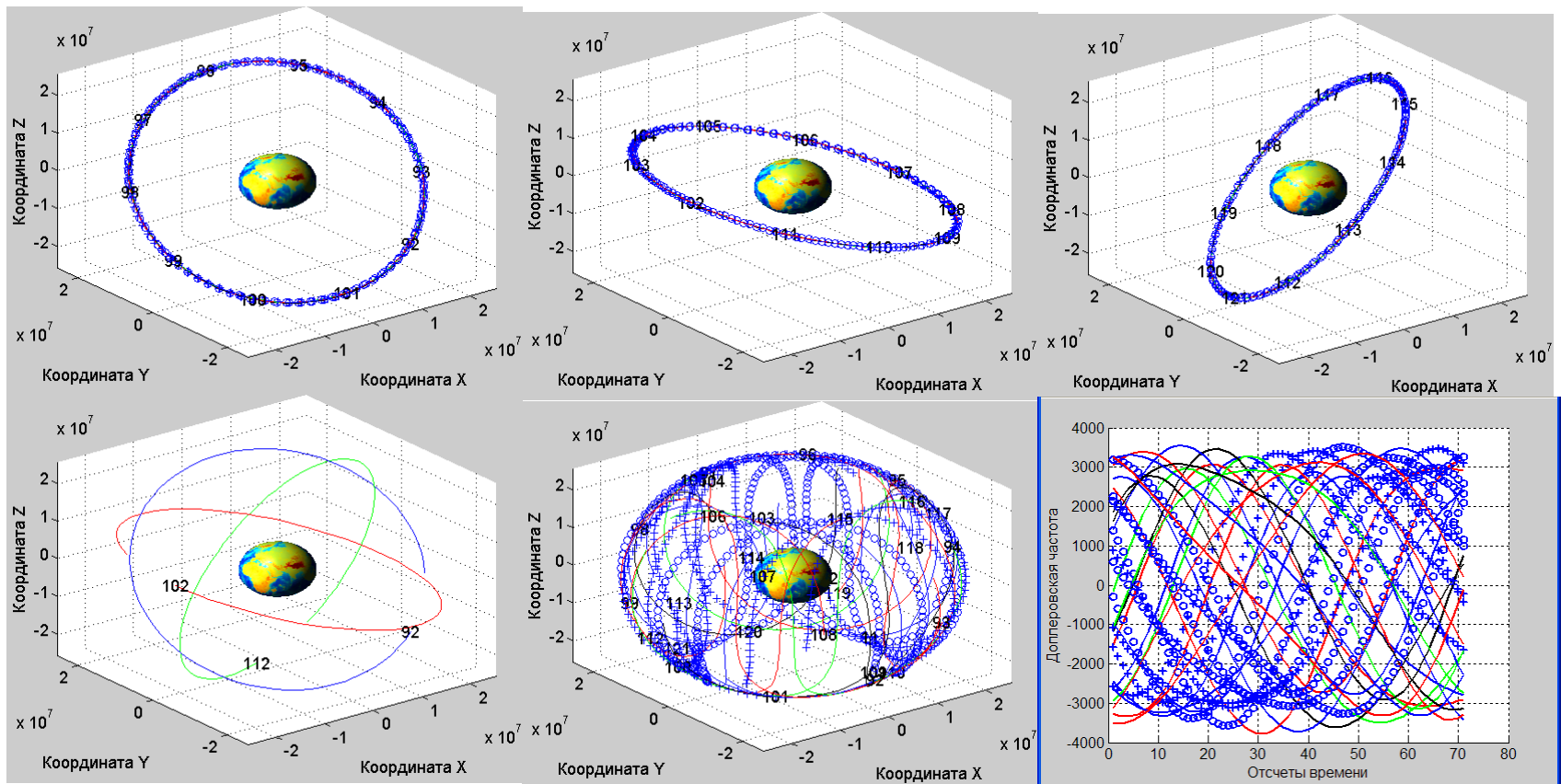
ОРБИТЫ ГЛОНАСС



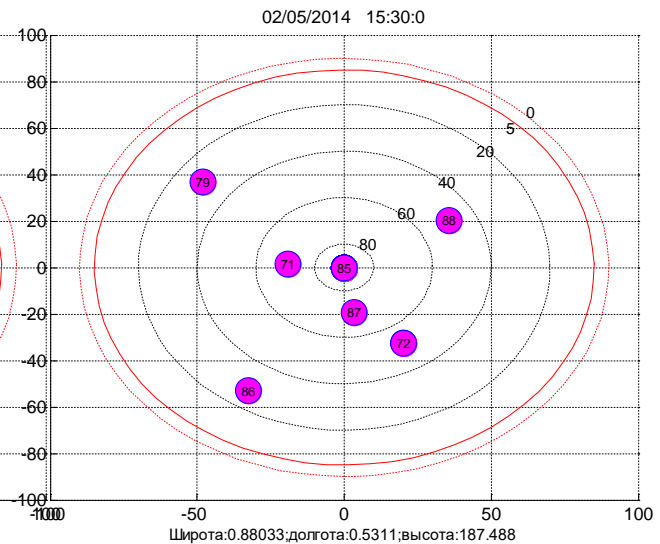
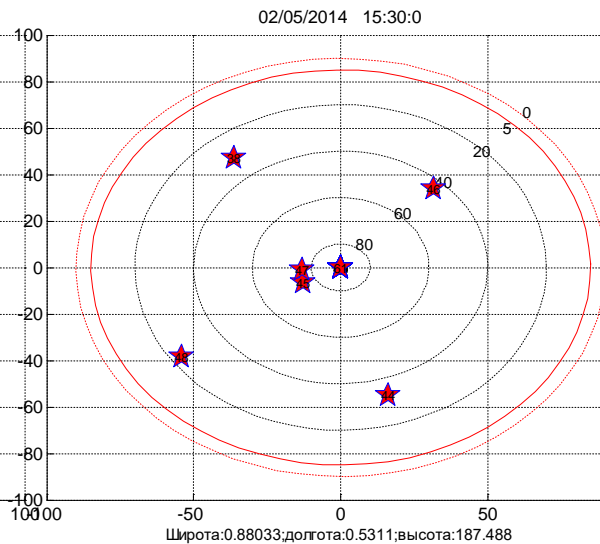
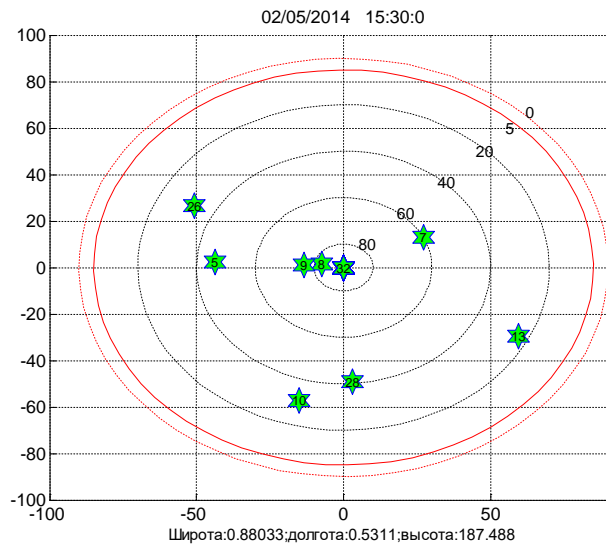
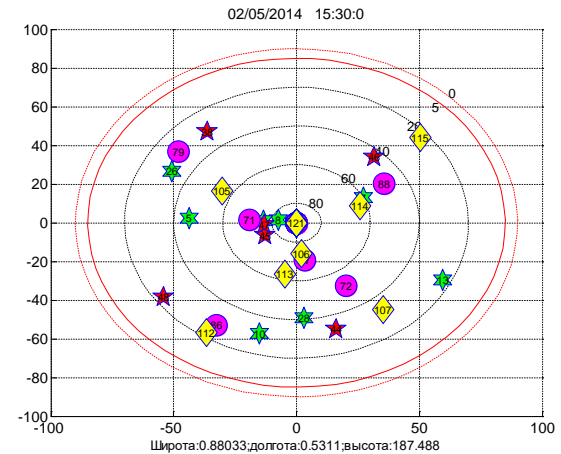
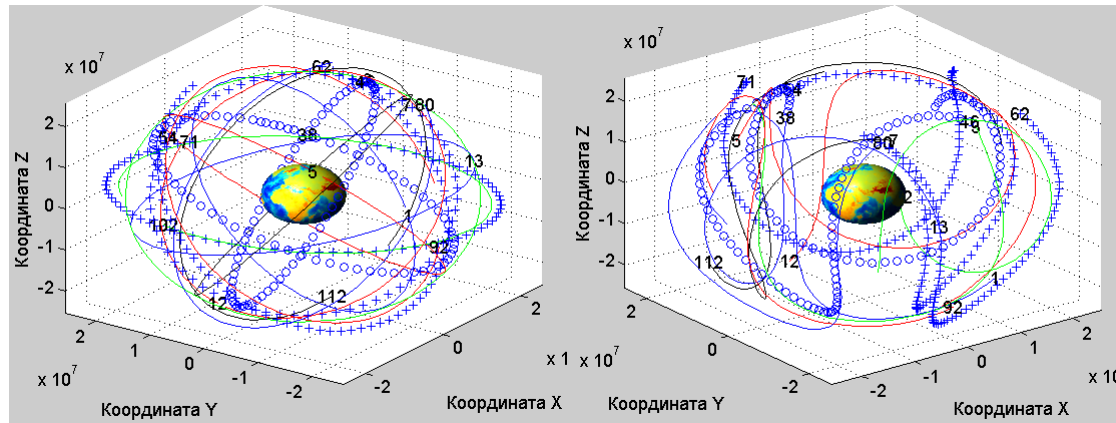
ОРБИТЫ GALILEO



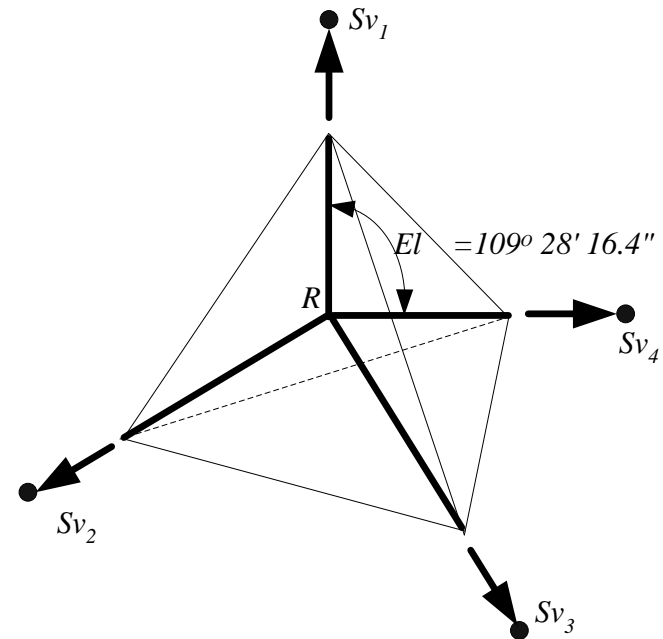
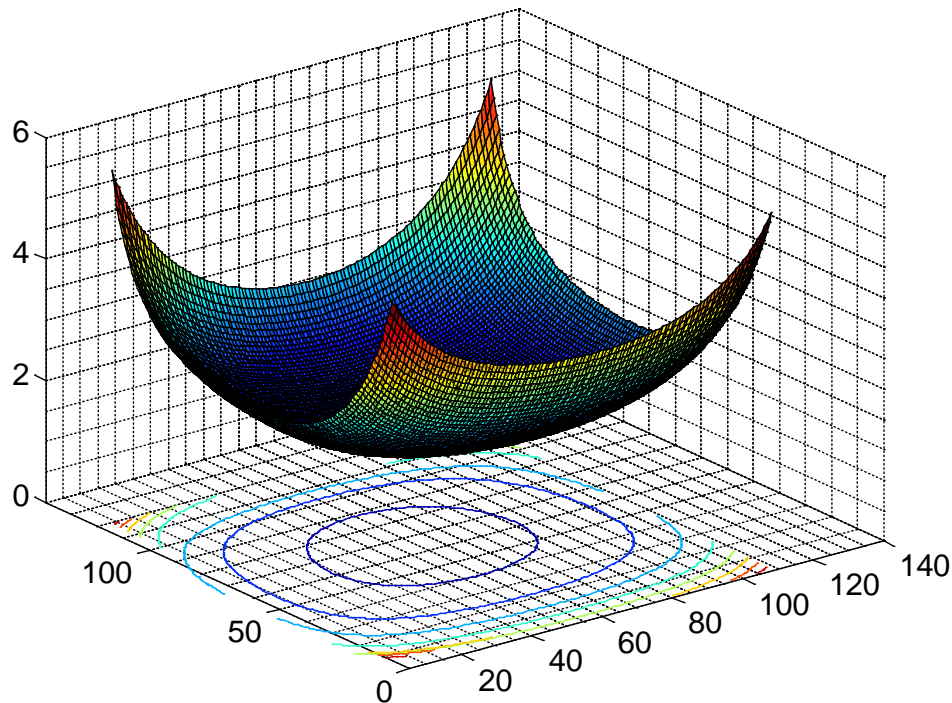
ОРБИТА COMPASS



ОРБИТЫ НЕСКОЛЬКИХ СОЗВЕЗДИЙ

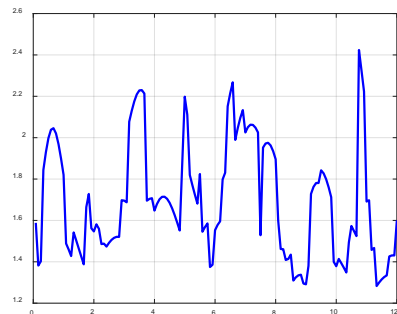


ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ФАКТОР

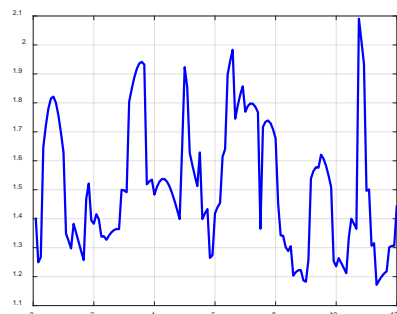


КЛАССИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДЛЯ 4 СПУТНИКОВ В ВЕРШИНЕ ПИРАМИДЫ.
МИНИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ GDOP В ПРАВИЛЬНОЙ ПИРАМИДЕ

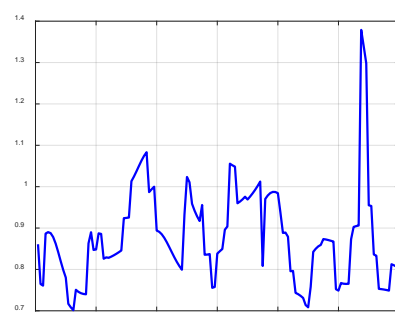
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ФАКТОР



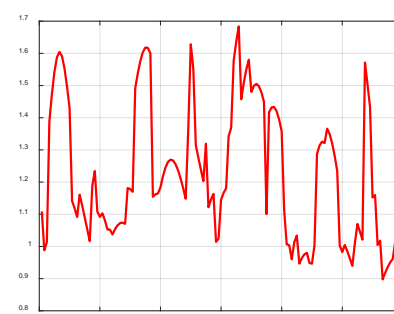
GPS: GDOP



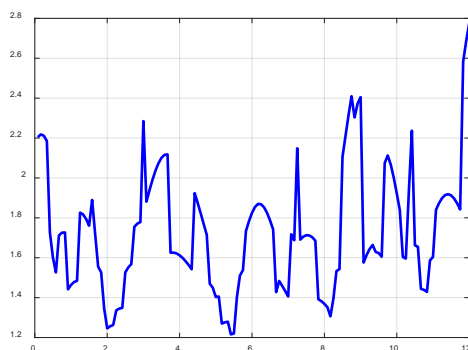
PDOP



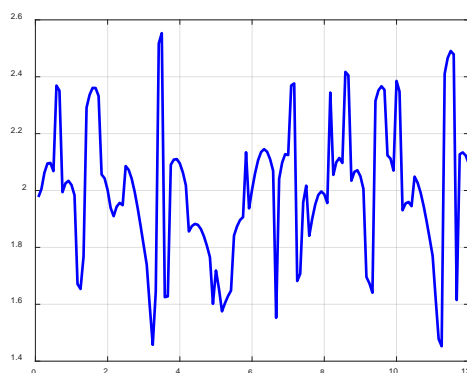
HDOP



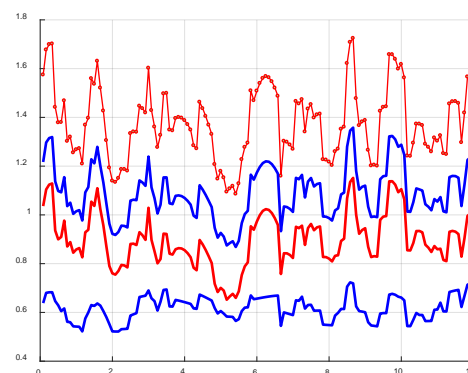
VDOP



GPS: GDOP

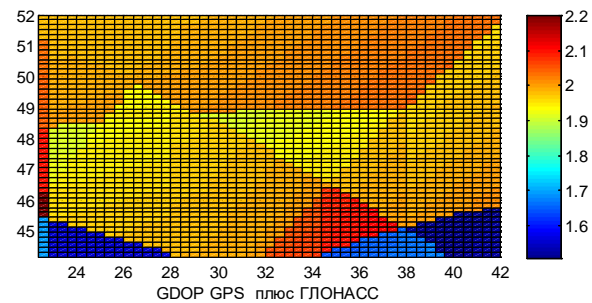
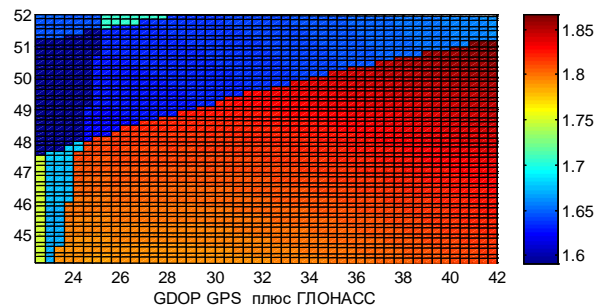
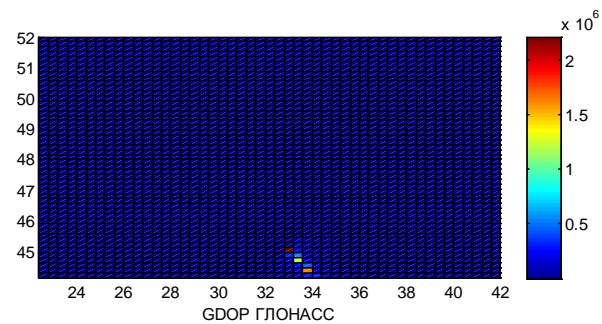
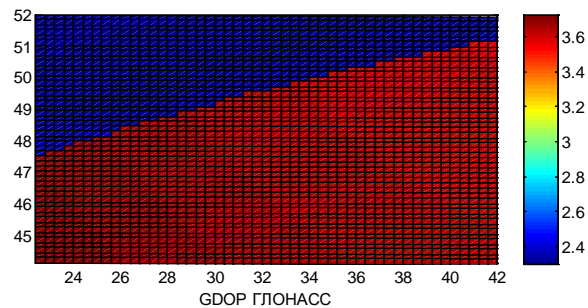
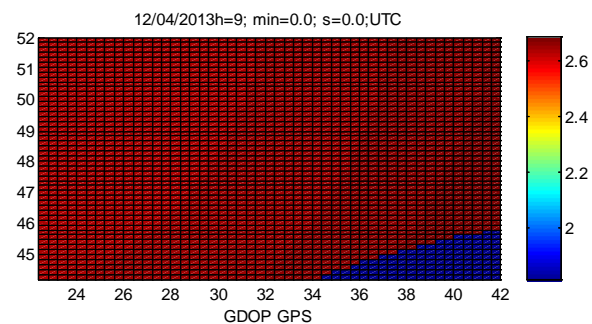
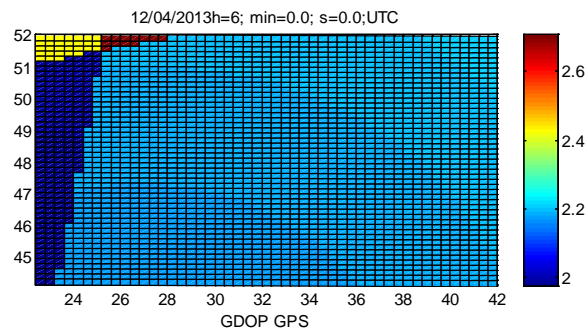


ГЛОНАСС: GDOP



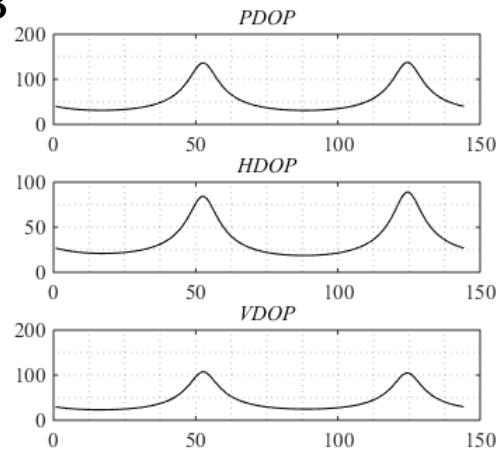
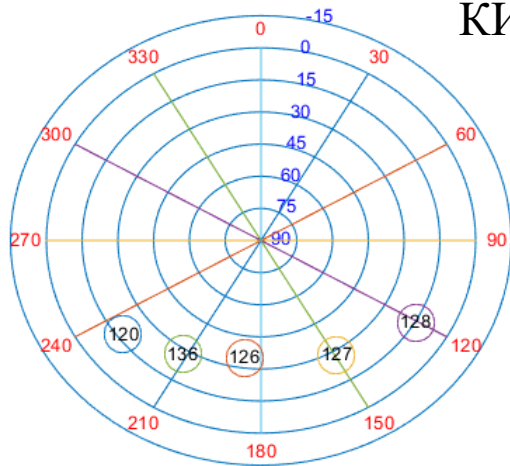
GPS+ГЛОНАСС
GDOP, PDOP, HDOP, VDOP

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ФАКТОР ПОВЕРХНОСТИ

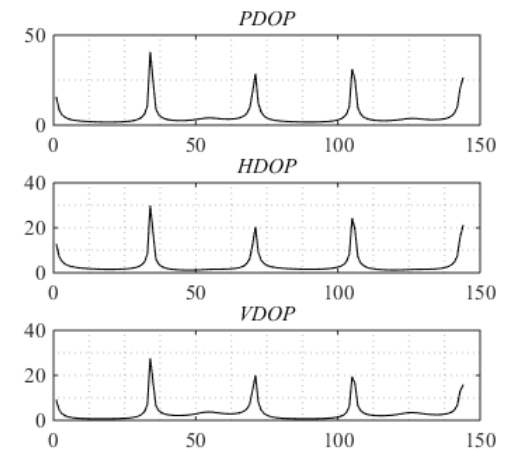
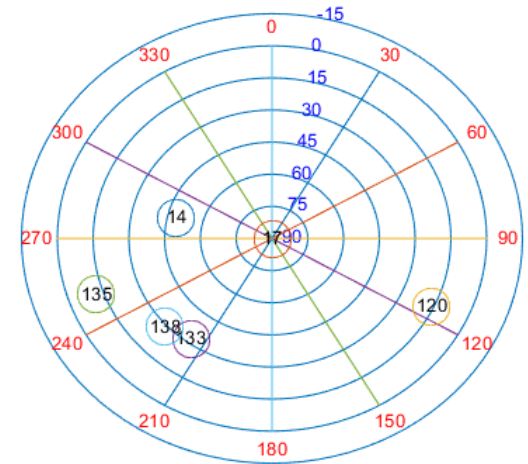
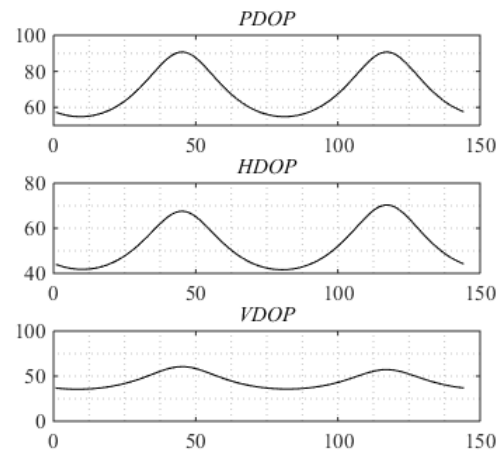
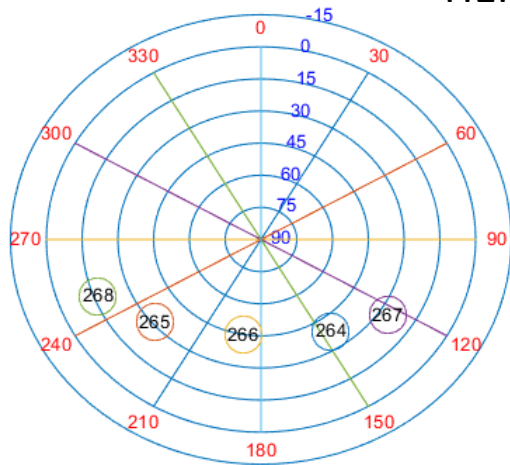


ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ФАКТОР ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ

КИЕВ

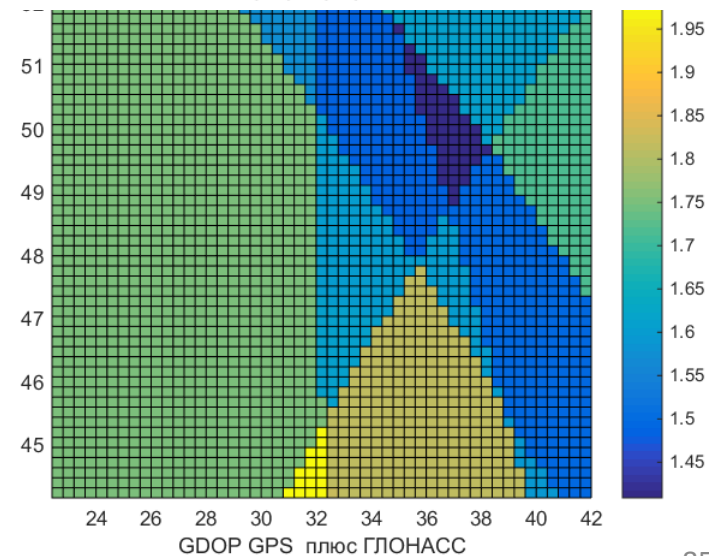
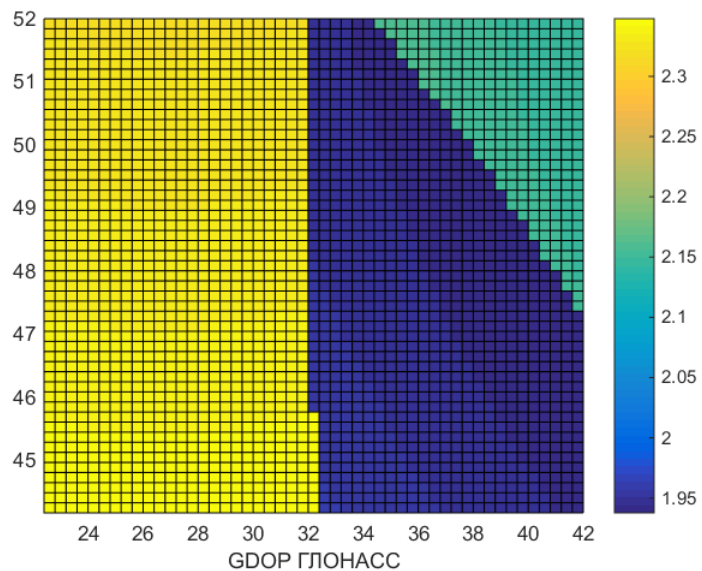
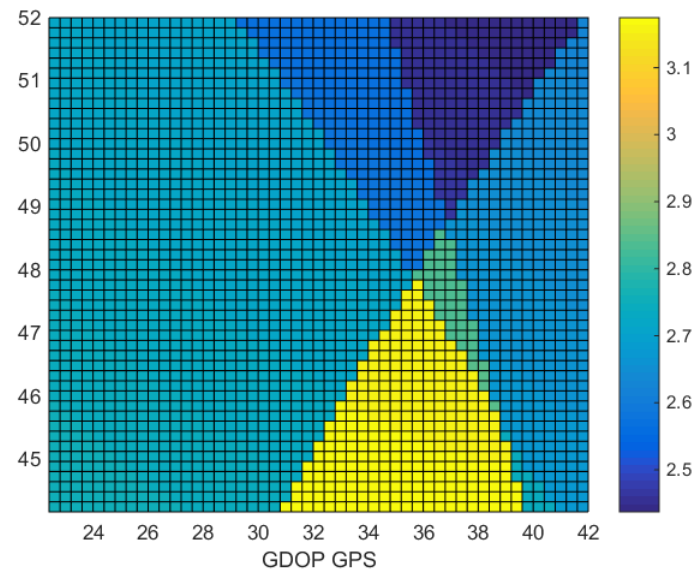
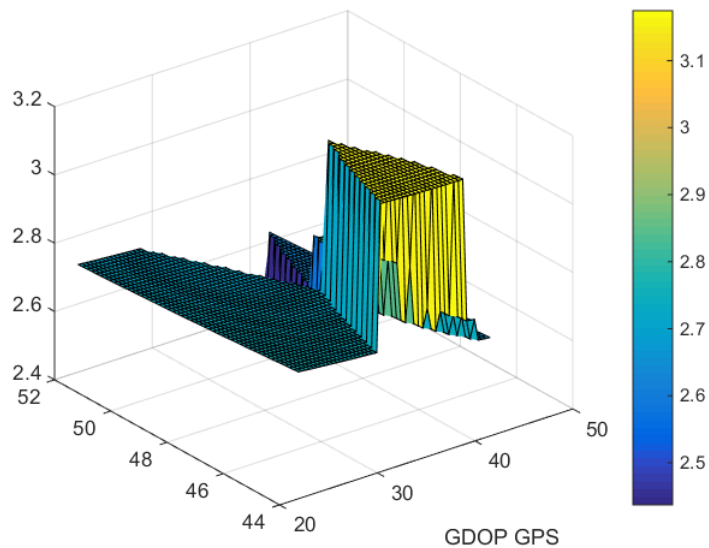


ПЕКИН



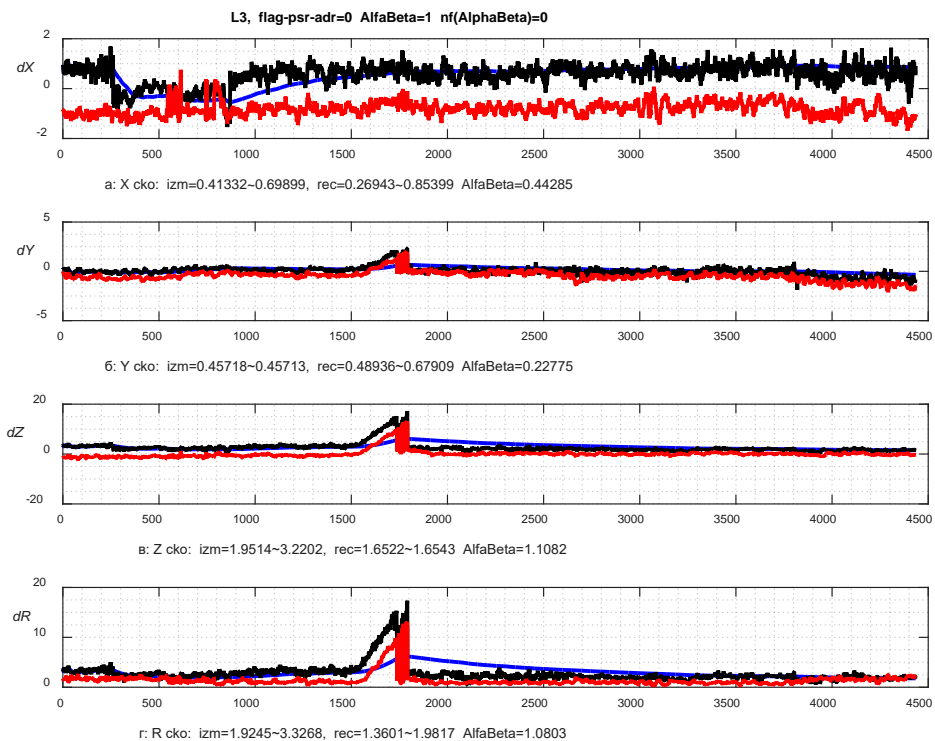
БОСТОН: 4 GEO, 2 GPS

ИЗУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ФАКТОРА (DOP {Lat*Lon})

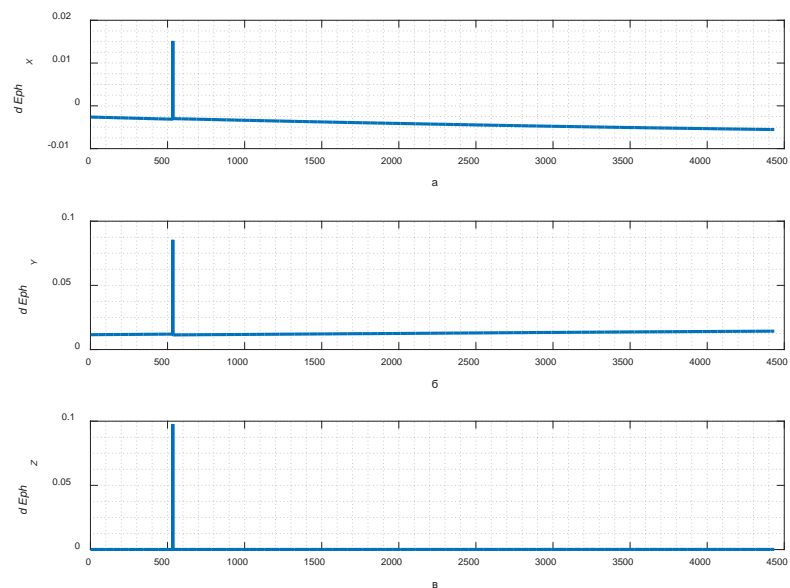


ПРОГРАММИРОВАНИЕ+МОДЕЛИРОВАНИЕ+ЭКСПЕРИМЕНТ (при решении навигационной задачи)

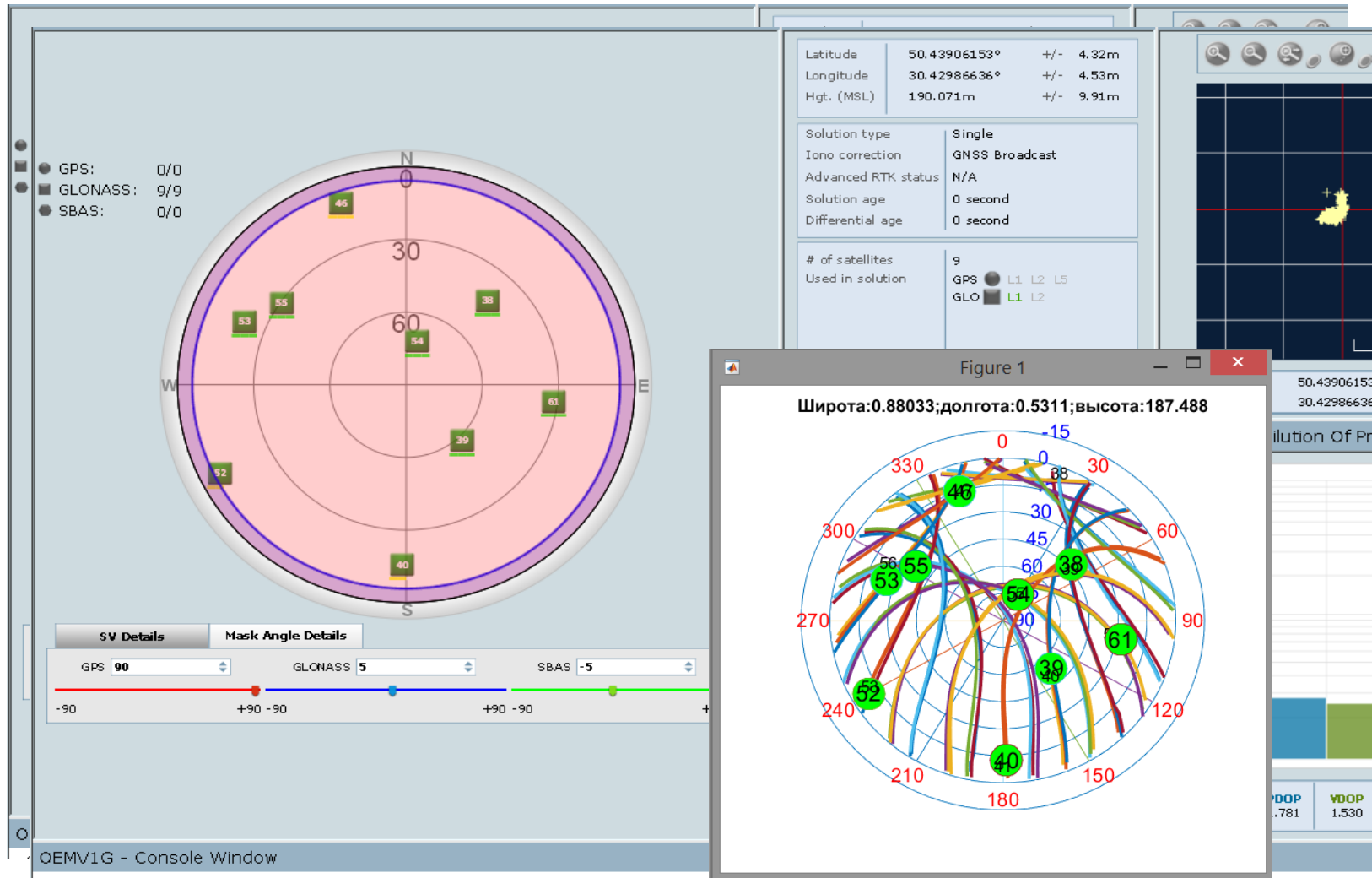
ПОЗИЦИЯ



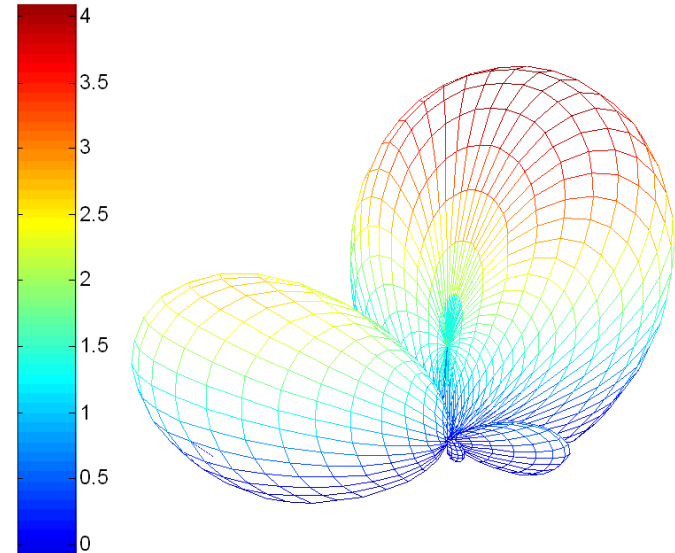
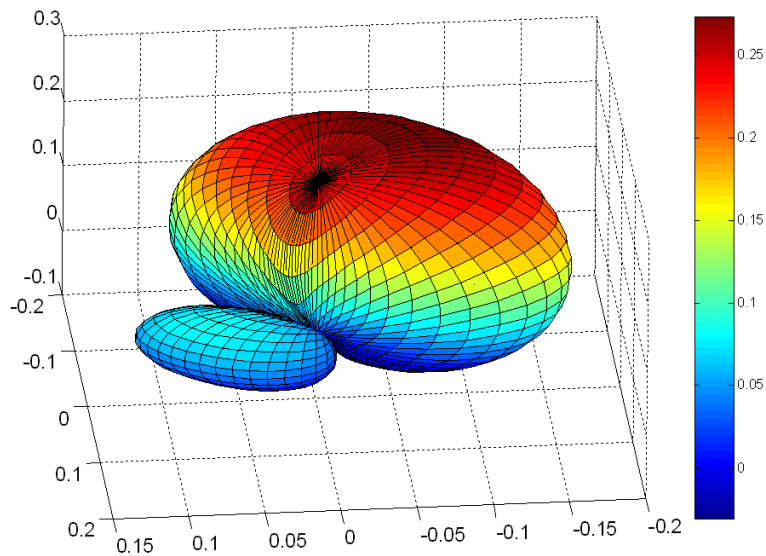
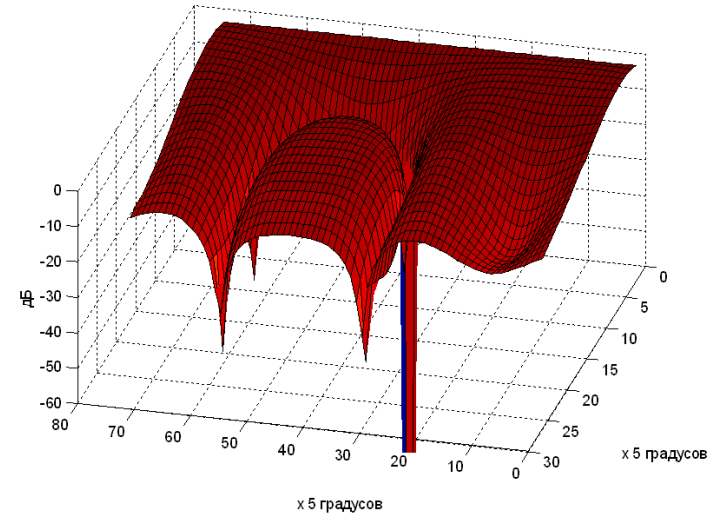
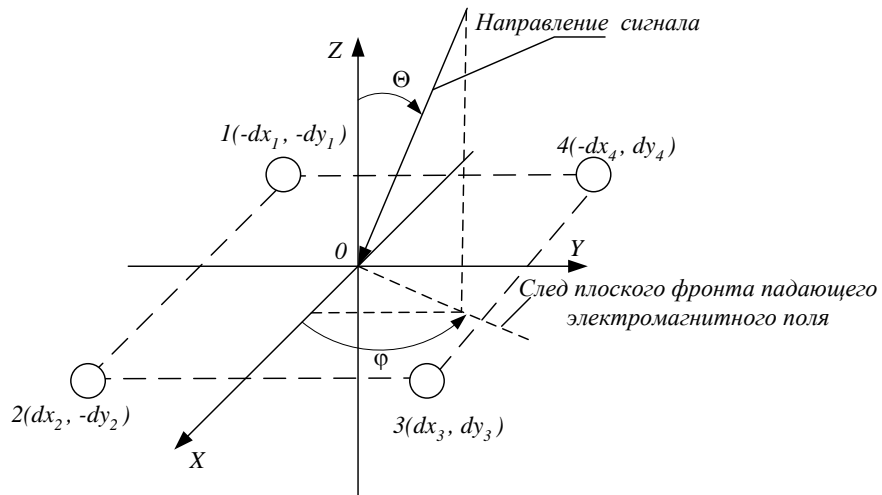
ЭФЕМЕРИДЫ



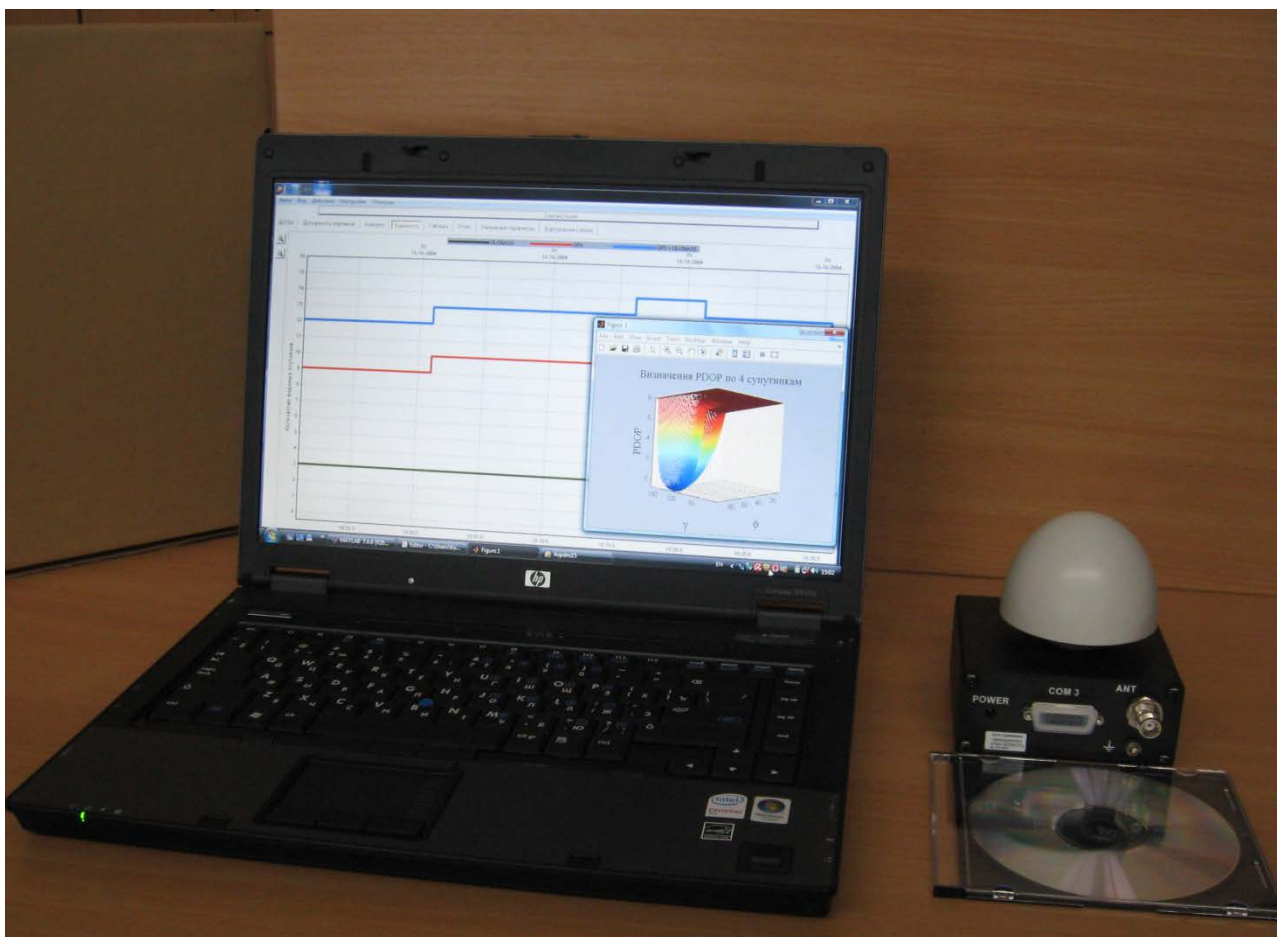
ПРОГРАММИРОВАНИЕ+МОДЕЛИРОВАНИЕ+ЭКСПЕРИМЕНТ



ANTI-JAMMING BY THE ADAPTIVE ANTENNA ARRAY



АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОСТУПНОСТИ СПУТНИКОВ ГЛОНАСС, GPS на маршруте воздушного судна



НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ

Проект Украина (международная программа ГОРИЗОНТ 2020)

Основная цель- внедрение EGNOS в Украине

В частности в рамках этого проекта проводится

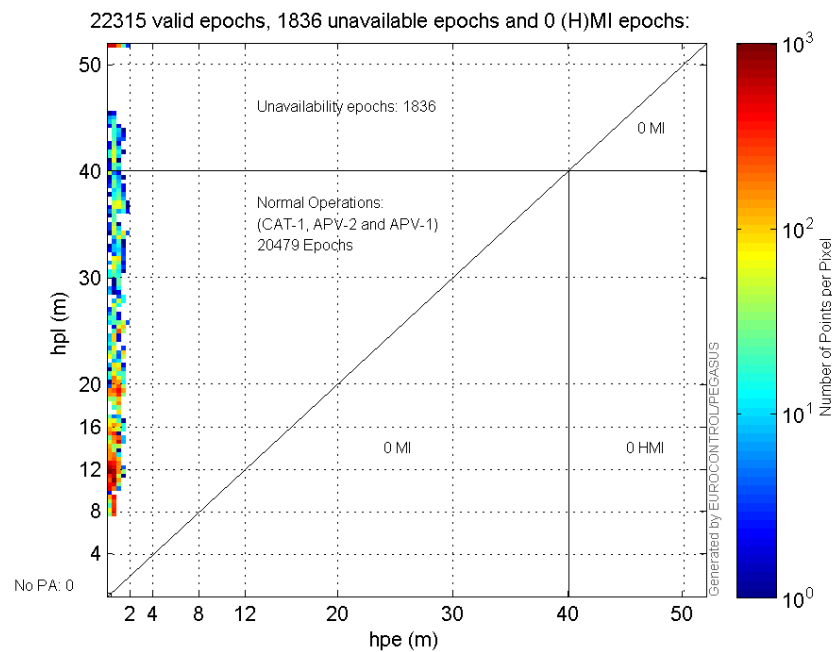
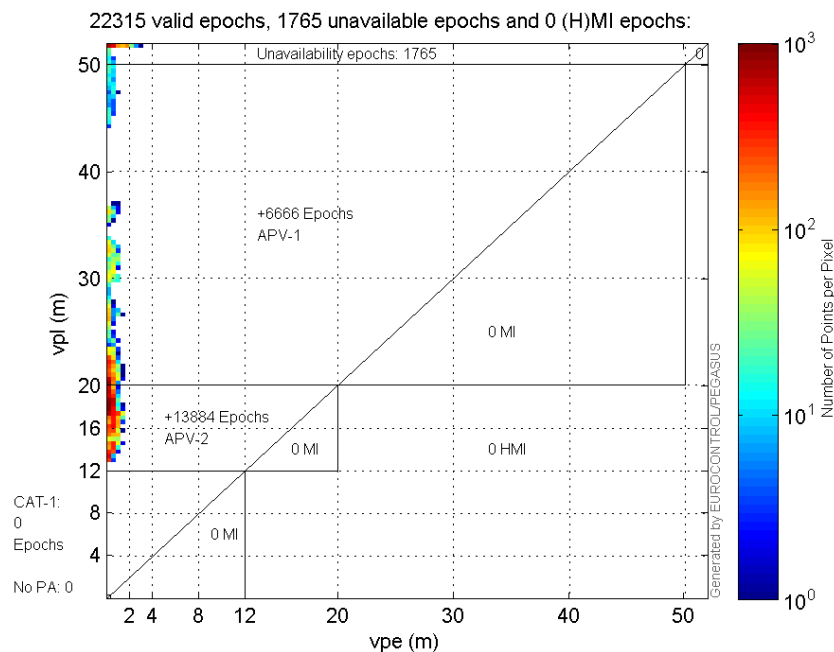
мониторинг сигнала EGNOS на полигоне кафедры аэронавигационных систем и Аэрокосмического центра Национального авиационного университета.

Систематические исследования начаты с сентября 2015

года. Подробные отчеты обработанных данных представляются на сайте www.asc.nau.edu.ua.

Некоторые результаты изображены на следующем слайде.

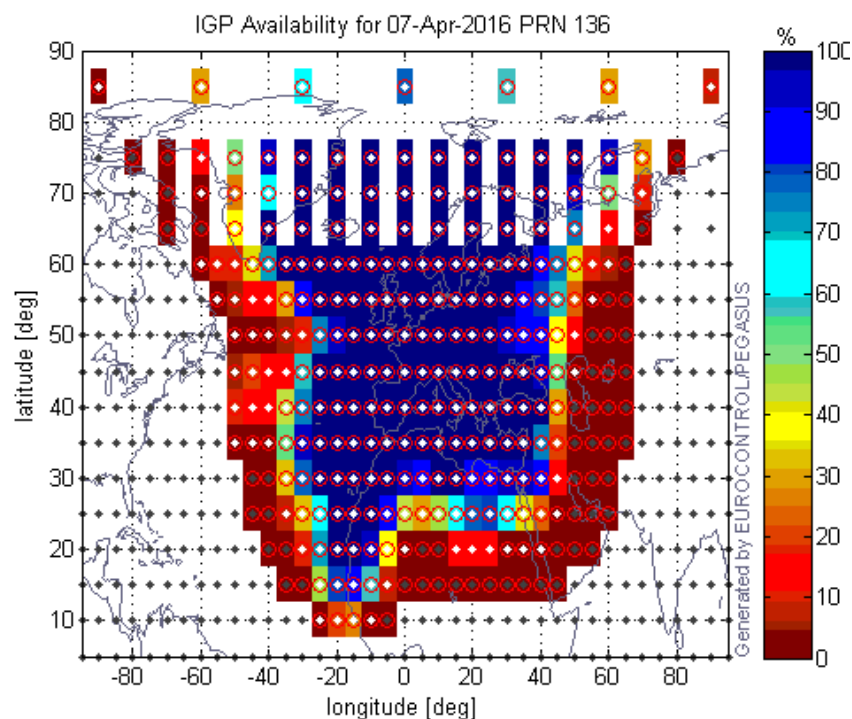
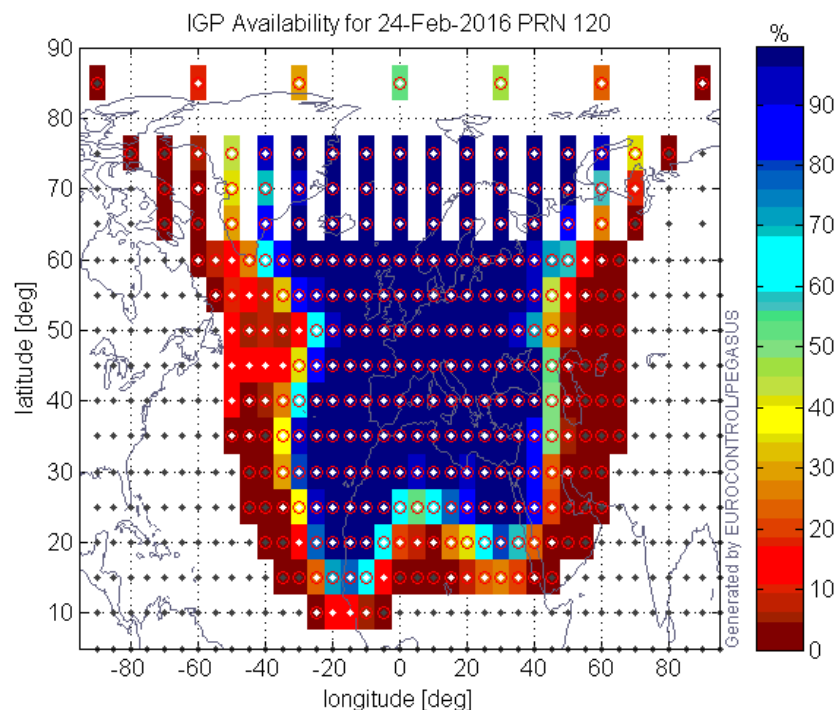
Стенфордские диаграммы: vpe-для вертикальной плоскости, hpe-для горизонтальной плоскости



Из 22315 измерений 1765 (для вертикальной плоскости)
1836 (для горизонтальной плоскости) **плохие**

ИОНОСФЕРНАЯ СЕТКА - ДОСТУПНОСТЬ

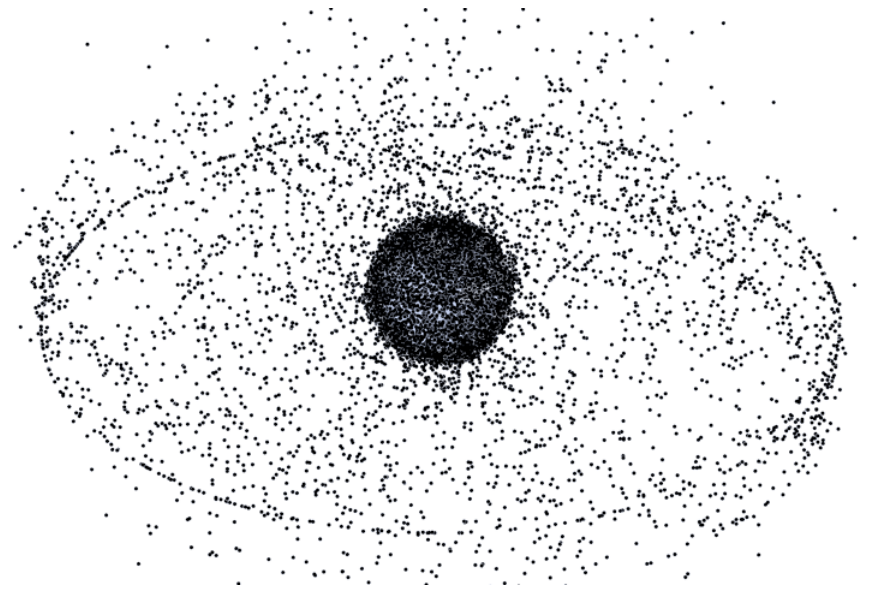
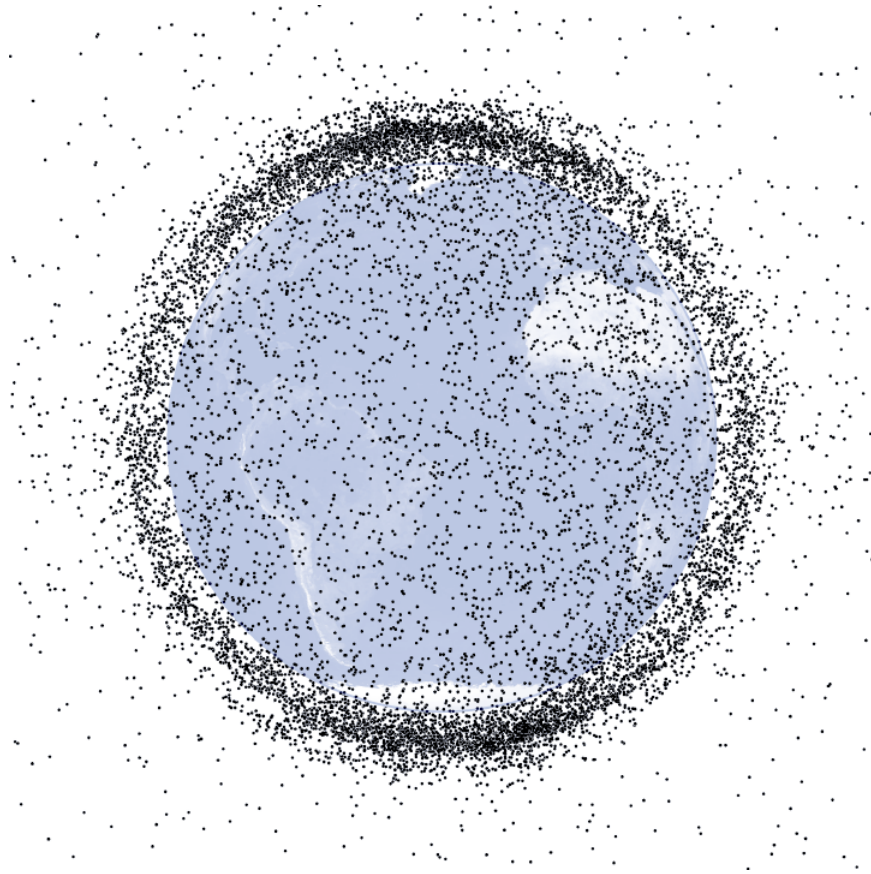
Чтобы обеспечить покрытие сигналом EGNOS всей территории Украины необходимо сместит на восток границу ионосферной сетки



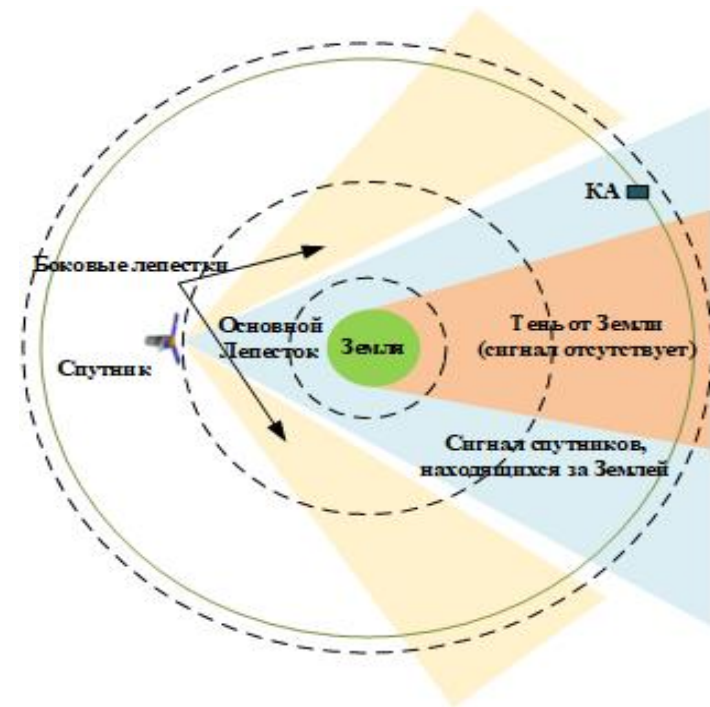
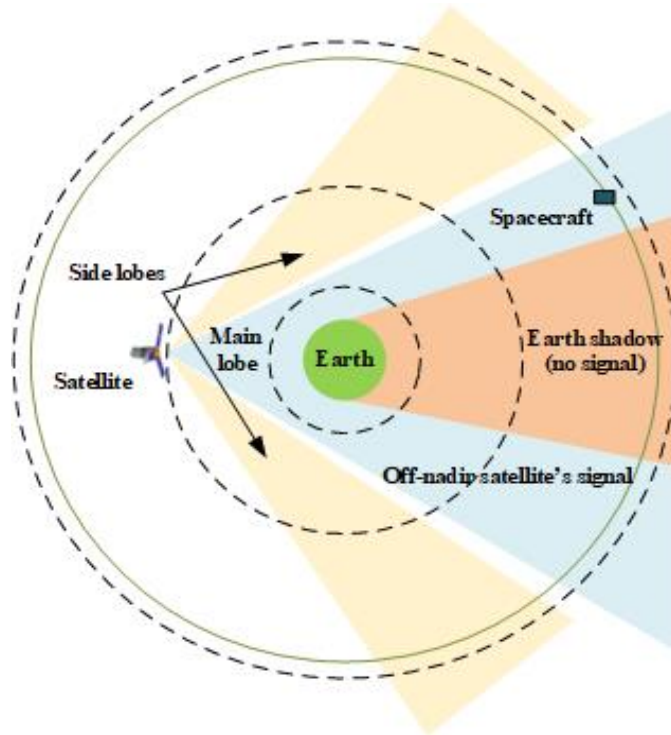
Установка в Украине RIMS – станций обеспечит
Полномасштабное применение технологий EGNOS

КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР

<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php>



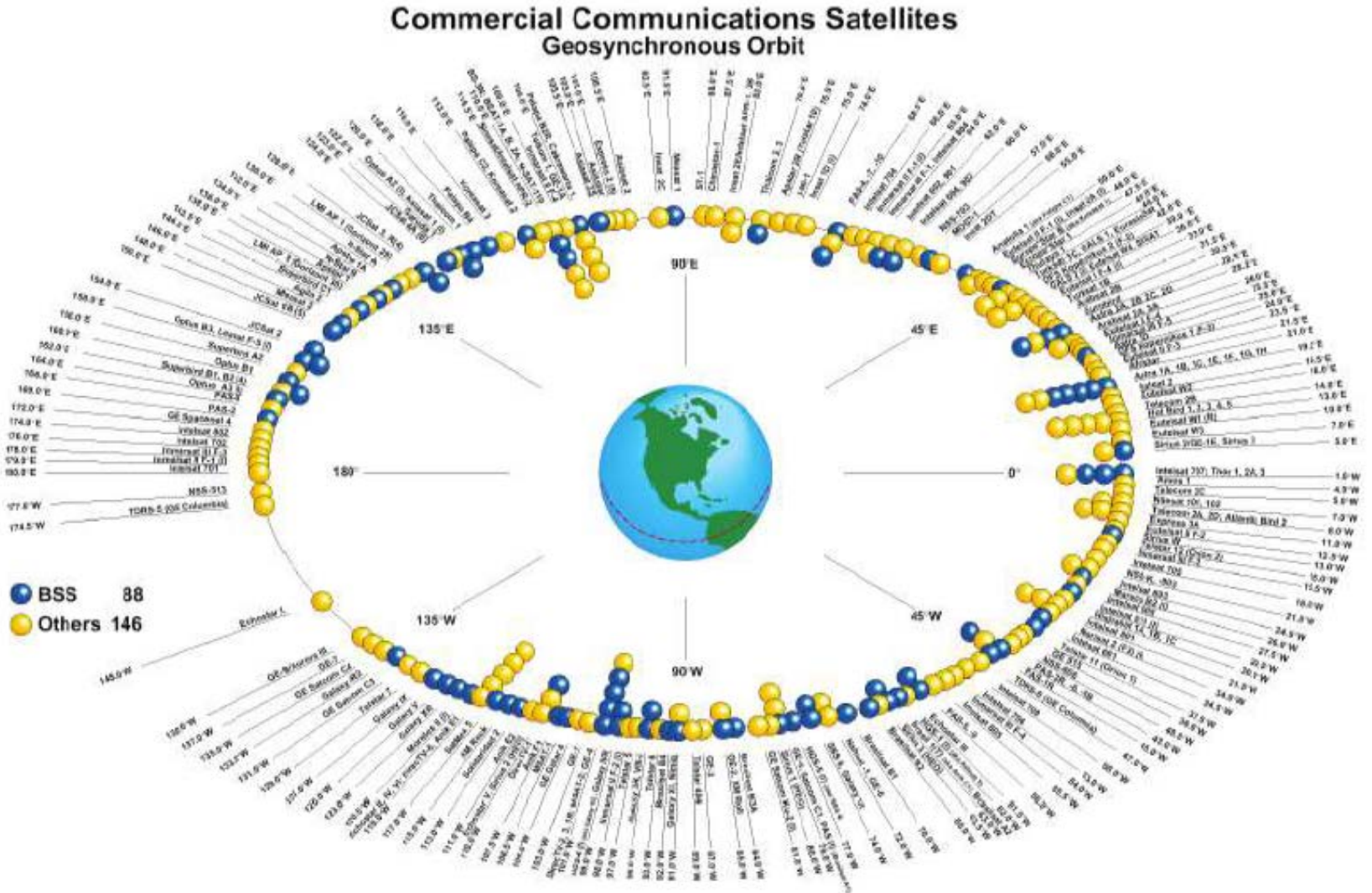
Навигация в Космической Области Обслуживания



Navigation in Space Service Volume

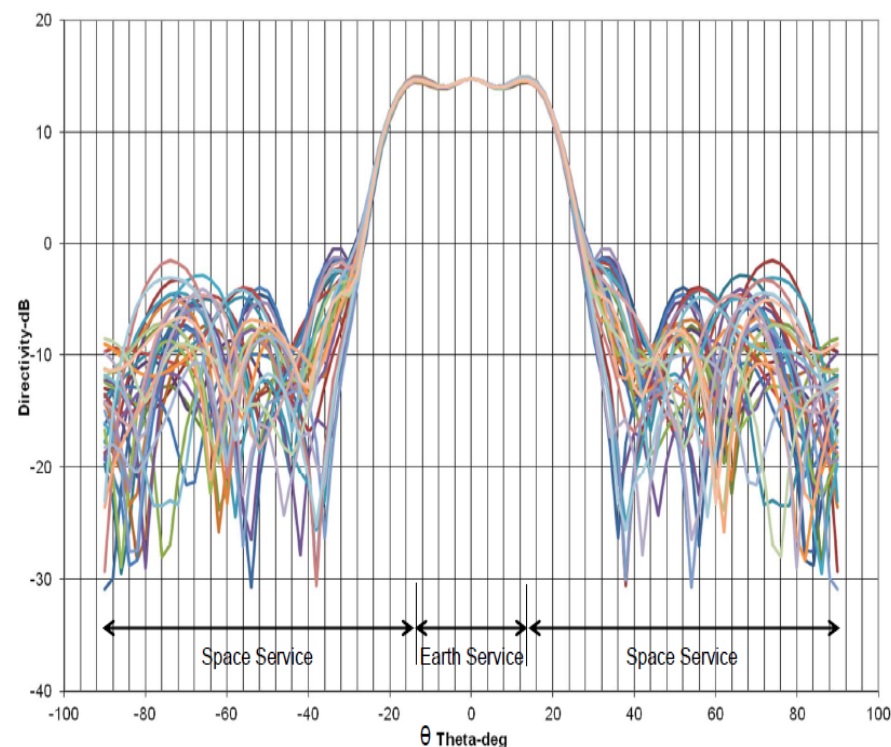
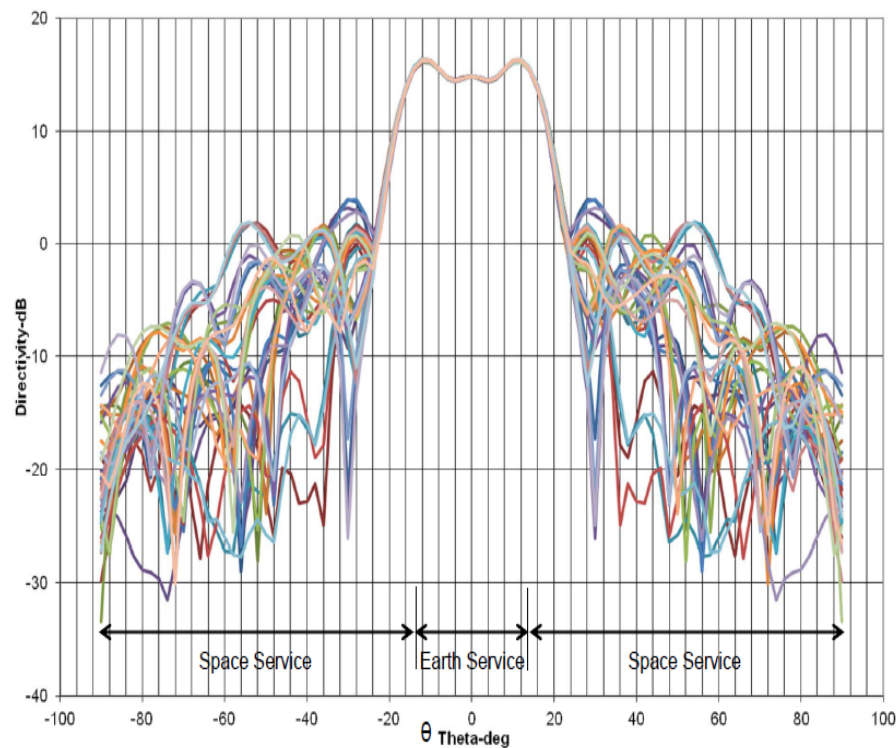
ГЕОСТАЦИОНАРНАЯ ОРБИТА

Figure 3: Geostationary Satellites by Orbital Location



GPS antenna radiation pattern

Диаграмма направленности антенны спутников GPS

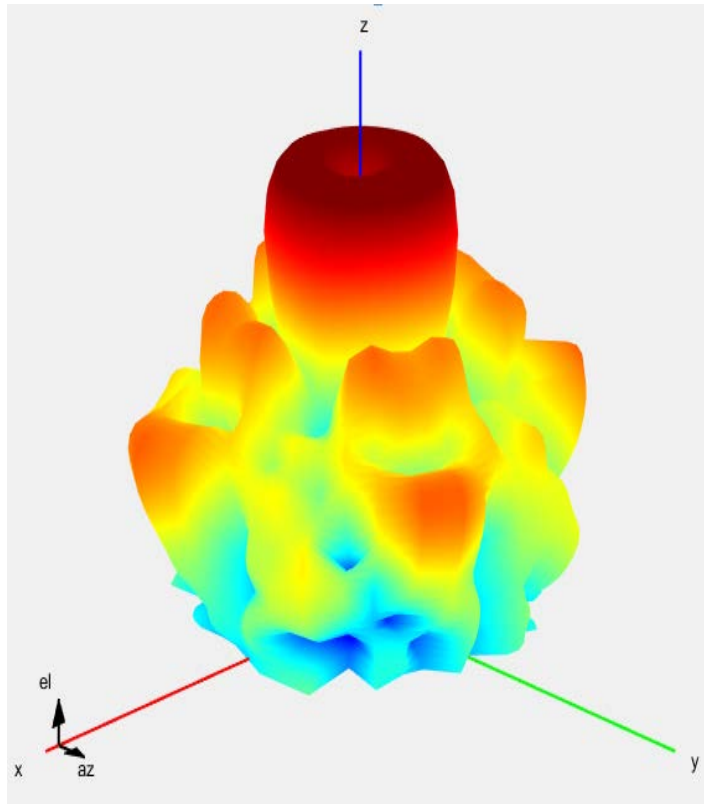


Material published by **LOCKHEED MARTIN** in 2014

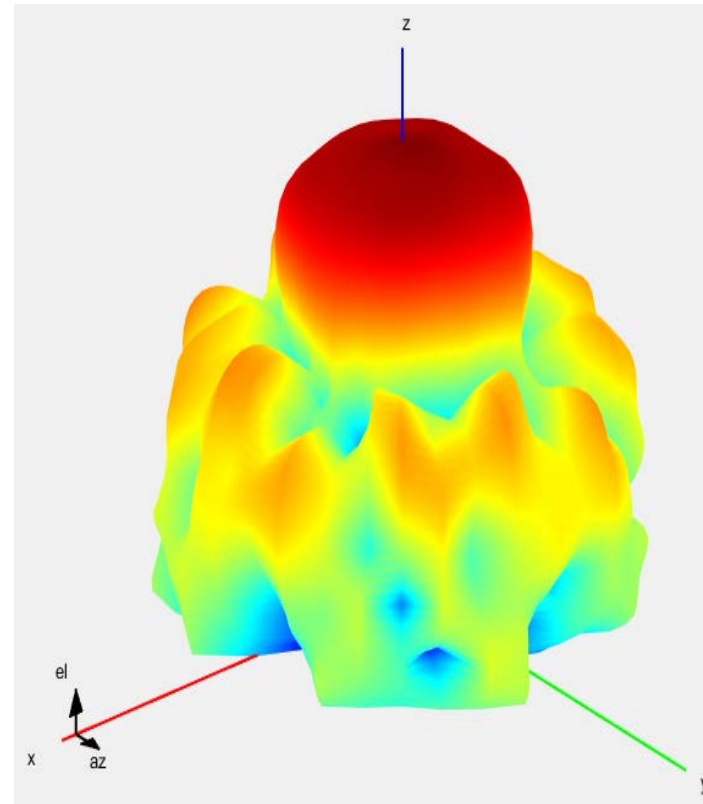
Материал опубликован **LOCKHEED MARTIN** в 2014 году

Dimensional diagram of the antennas radiation pattern of GPS satellites

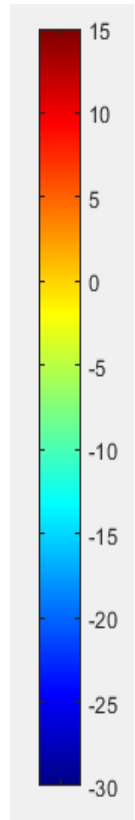
Пространственная диаграмма направленности антенн спутников GPS



L1



L2



* Сделано в НАУ с помощью программного продукта MATLAB на основе данных Lockheed Martin

* Created in NAU using MATLAB on the basis of data provided by Lockheed Martin



Errors and geometric factor

Ошибки и геометрический фактор

$$\text{Accuracy} = \text{UERE} \cdot \text{DOP}$$

$$\text{UPNE} = \text{UERE} \cdot \text{PDOP}$$

$$\text{UHNE} = \text{UERE} \cdot \text{HDOP}$$

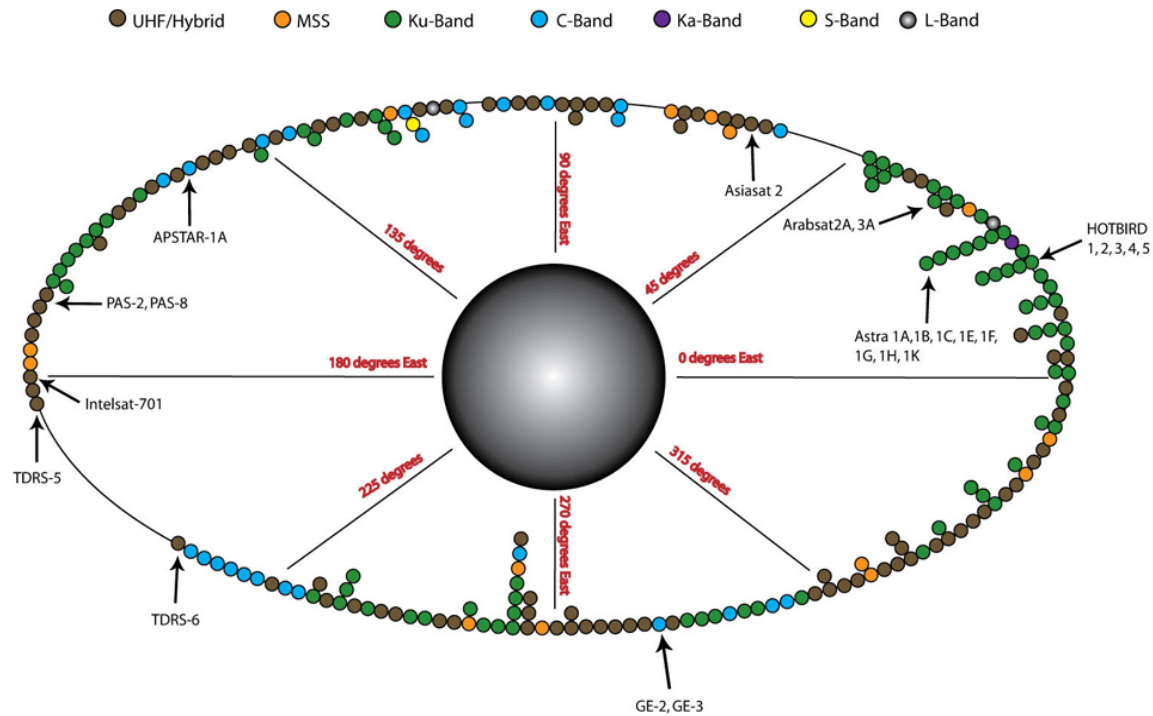
$$\text{UVNE} = \text{UERE} \cdot \text{VDOP}$$

UERE - User Equivalent Range Error - среднеквадратическая ошибка измерения псевдодальности пользователем

U...NE - U...Navigation Errors - среднеквадратические навигационные ошибки координат

Геостационарная орбита

Geostationary orbit



* Рисунок создан Smithsonian National Air and Space Museum

An example of the Space GNSS receiver

Вариант Космического приемника
ГНСС

Explorer GPS Spaceborne Receiver

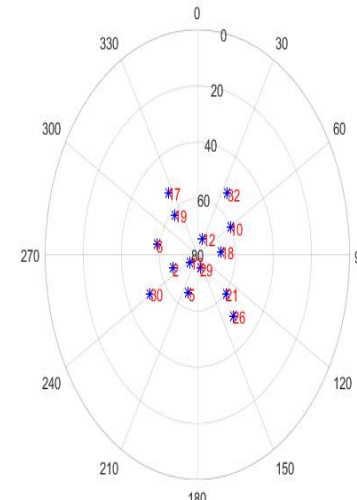
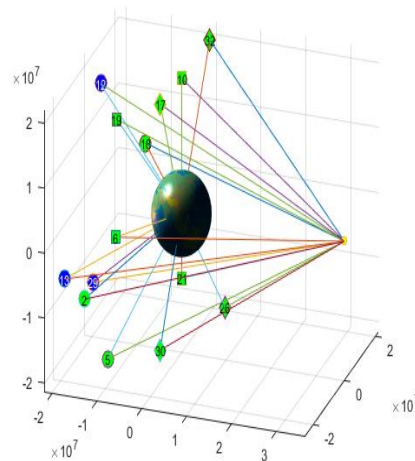
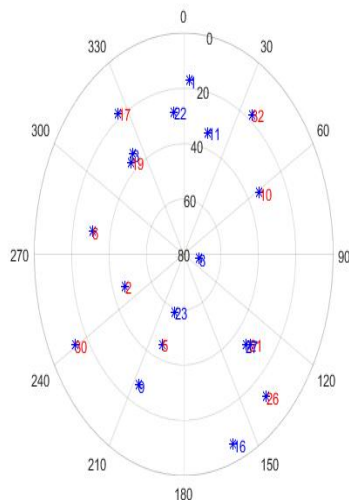
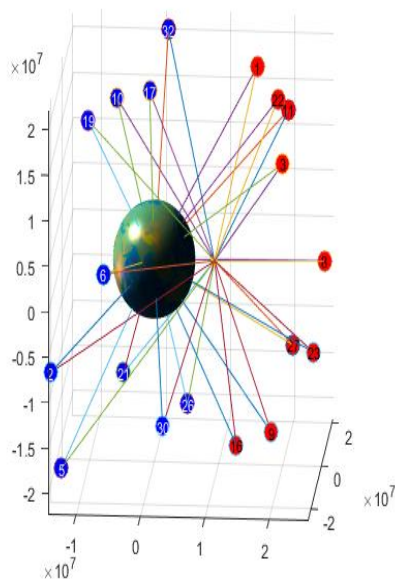


Key Features

- Space Qualified Digital Design
- Full Spaceborne Capability
- Autonomous Operation
- Pseudorange and Integrated Carrier Phase at One Second Rate
- One PPS Clock Output Synchronized to GPS Time
- Radiation Tolerant Design
- 12 Receive Tracking Channels
- Only 56 Cubic Inches
- 20 to 34 VDC Operation
- Improved Radiation Tolerant Digital Electronics
- 12 Channels Support All-in-View Tracking
- Dual Antenna – Any Channel Assigned to Either Antenna
- Fast Cold Start Mode Simplifies Integration and Autonomous Operation
- Low Signal Acquisition and Tracking Supports GEO Sidelobe Tracking
- Enhanced Resolution 1 Pulse per Second Output
- Tailorable parts level

*приемник создан General Dynamics

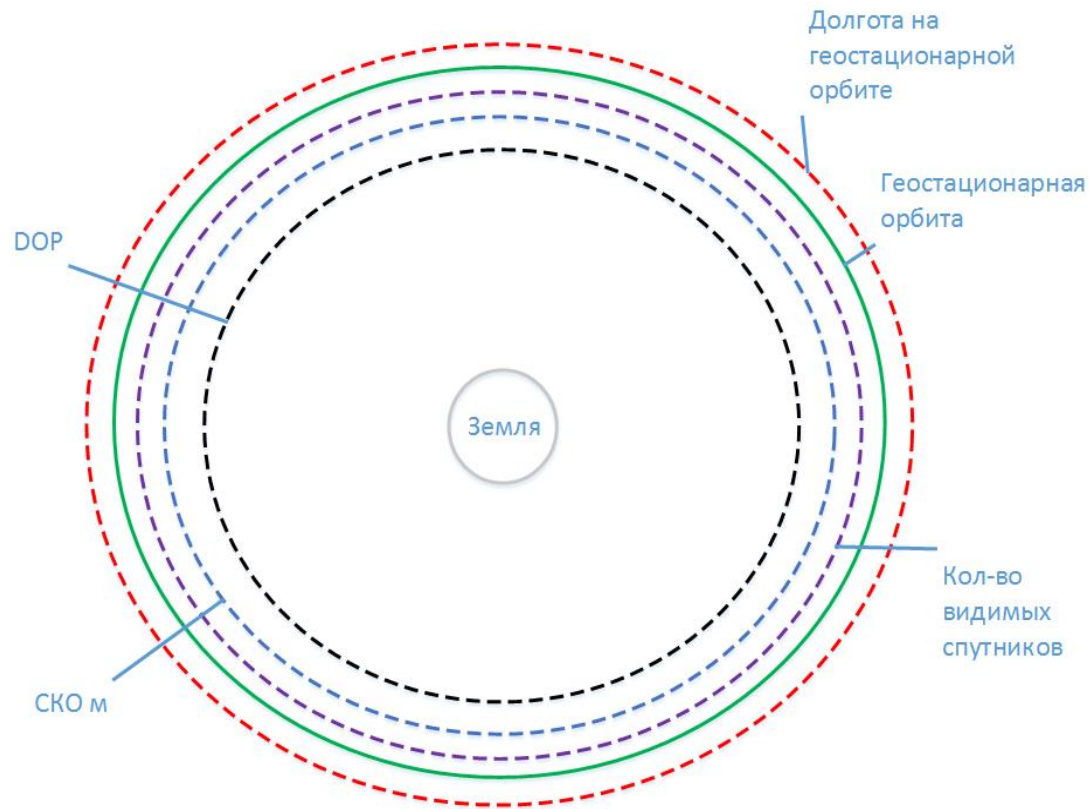
Model legend: satellite position Легенда Модели: местоположение спутников



- - надгоризонтные спутники лепестка
- - direct view satellites
- - боковые лепестки 1 порядка
- - side lobes of 1 order
- - side lobes of 3rd order
- - загоризонтные спутники основного лепестка
- - over-the-horizon satellites of main lobe
- - боковые лепестки 2 порядка
- - side lobes of 2nd order
- - боковые лепестки 3 порядка
- - side lobes of 3rd order

Рисунок геостационарной орбиты, легенда

Plot of geostationary orbit, legend





Геостационарная орбита

Geostationary orbit



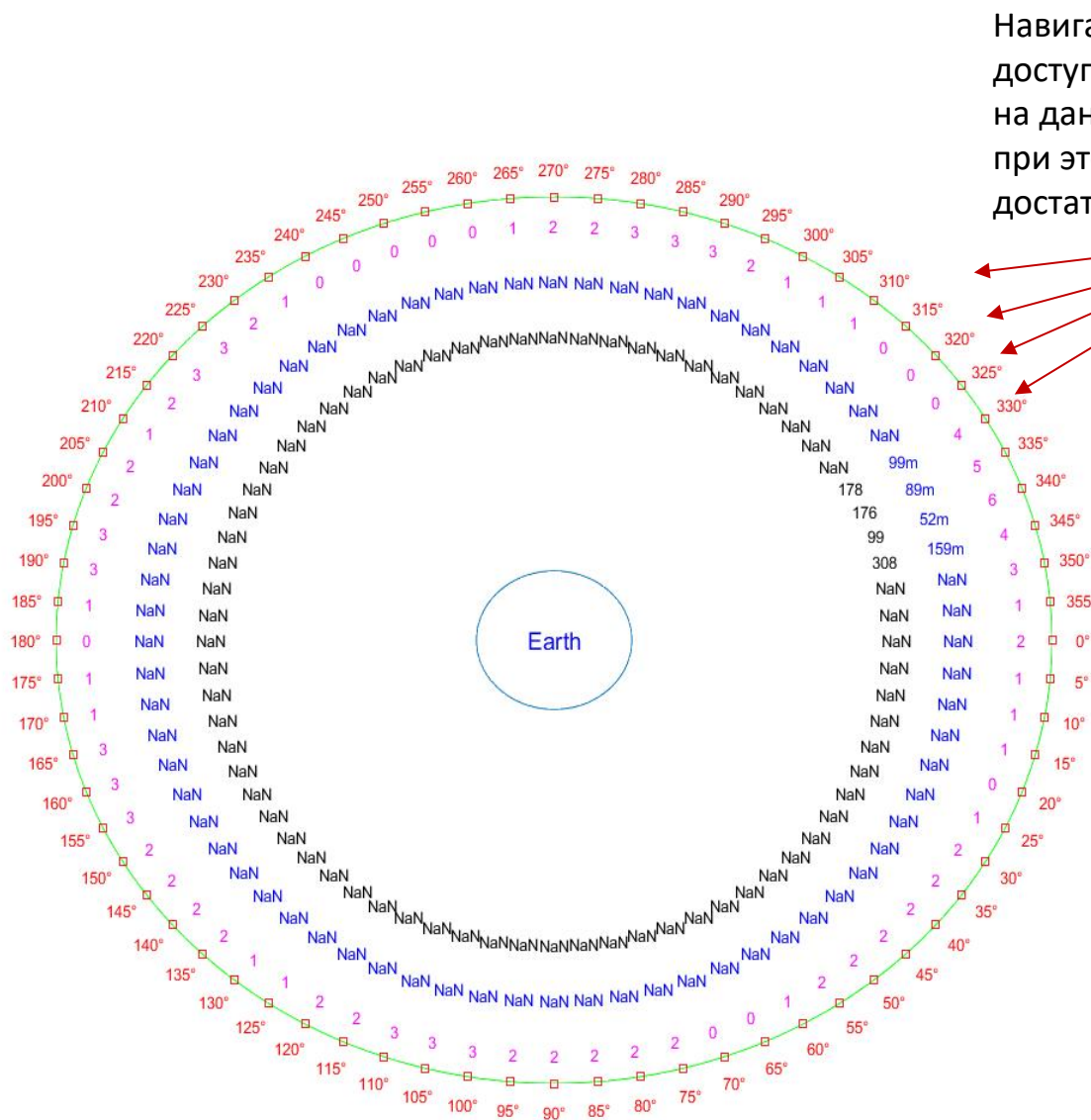
**Только сигналы
проходящие через
основной лепесток**

Main lobe signals only

Спутники на геостационарной орбите

Satellites on geostationary orbit

СКО 1.7 м
RMS 1.7 м
GPS Main
lobe



Навигационное решение
доступно только в 4 точках
на данный момент времени,
при этом точность
достаточно низкая

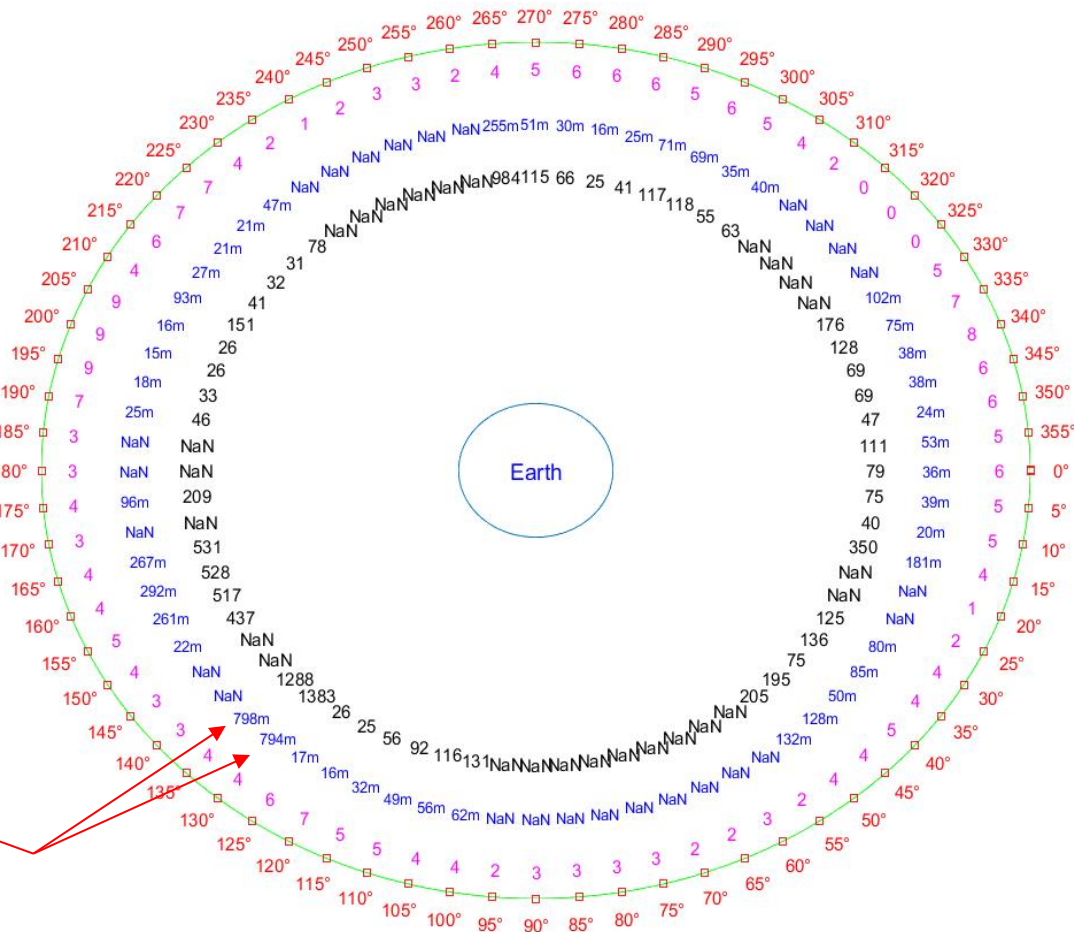
Navigation solution is
available for 4 points
in the given moment
of time, the accuracy
is pretty lacking
nevertheless.

Спутники на геостационарной орбите

Satellites on geostationary orbit

СКО 1.7 м
RMS 1.7 м
GPS+GLO+GAL
Main lobe

Использование нескольких спутниковых систем улучшает ситуацию на орбите, но при этом радионавигационное поле все еще нестабильно и, даже при наличии навигационного решения, плохое геометр. расположение может ухудшить точность определения местоположения, даже при незначительных ошибках измерения псевдодальности.



The use of multiple systems solves the problem somewhat, but the radionavigation field is still unstable. One may note that the geometrical situation on orbit can still be quite bad, leading to bad accuracy even if the navigation solution is present and the pseudorange error is low.



CKO 1.7 m

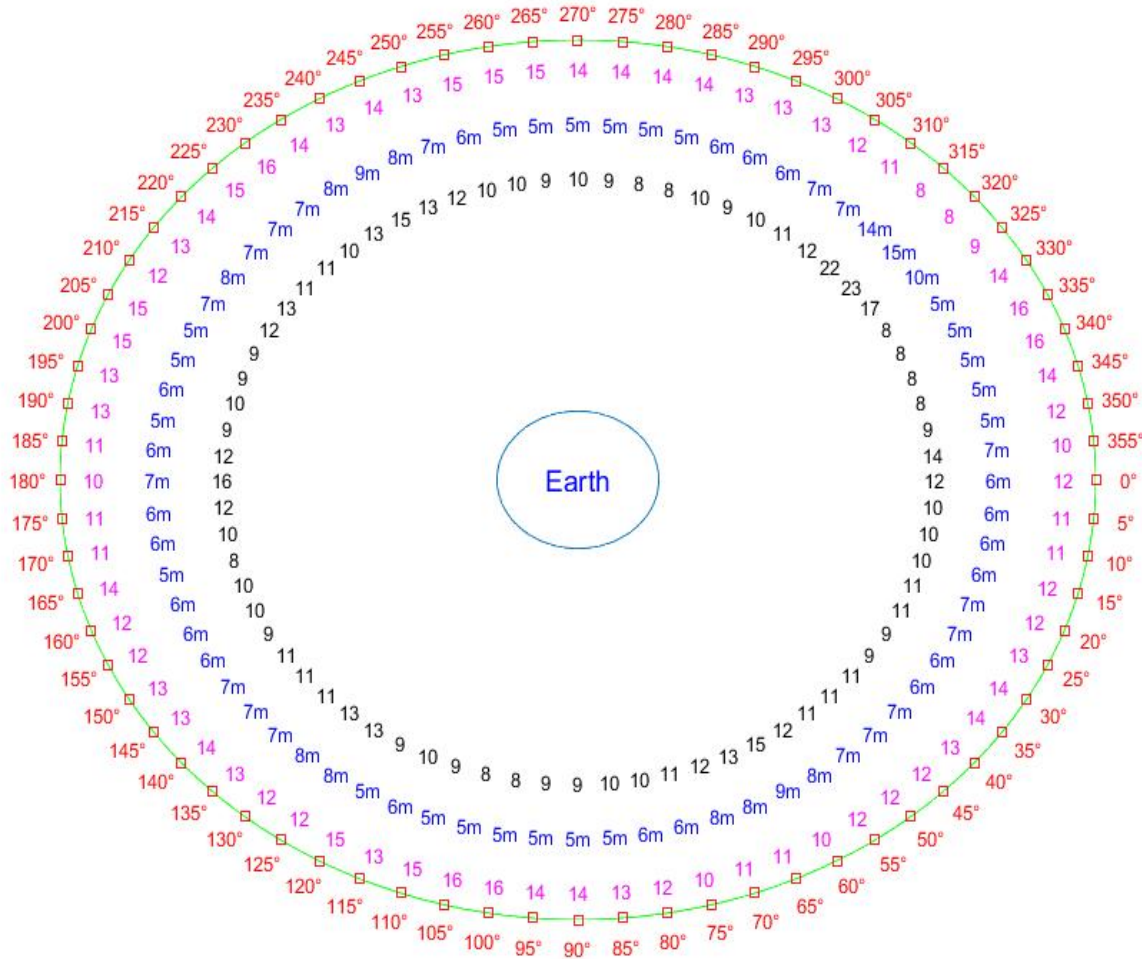
RMS 1.7 m

Спутники на геостационарной орбите

Satellites on geostationary orbit

СКО 1.7 м
RMS 1.7 м
GPS
ML + SL

Использование сигналов, проходящих через боковые лепестки, способствует улучшения точности и доступности спутников на орбите, позволяя определить собственное местоположение с довольно высокой точностью. Конфигурация спутников GPS позволяет «увидеть» довольно большое количество спутников, в данном случае – до 16ти.



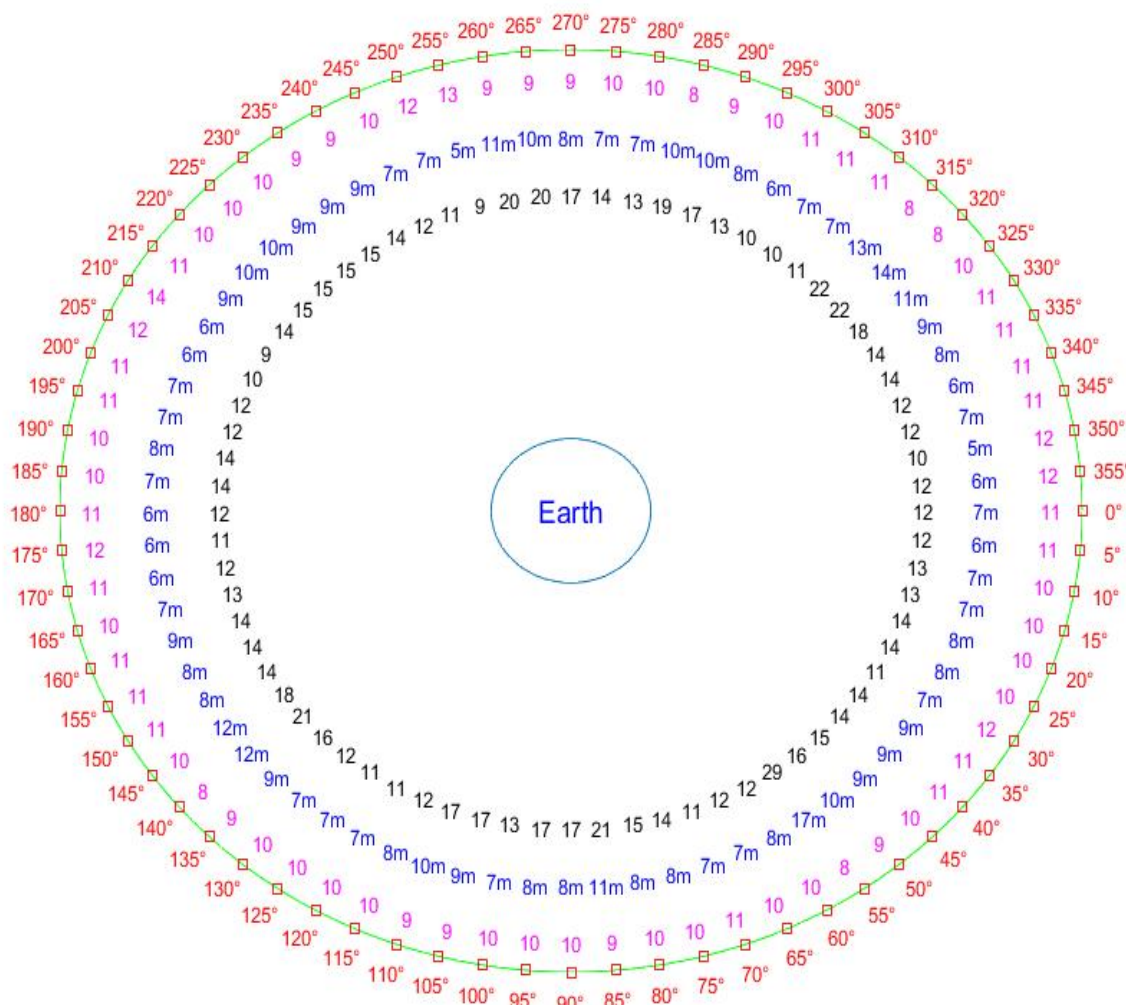
The use of signals, which are broadcast through side lobes, allows to significantly increase the accuracy and availability of position solution. The configuration of GPS allows to “see” quite a lot of satellites from a point, for example up to 16 in current solution.

Спутники на геостационарной орбите

Satellites on geostationary orbit

СКО 1.7 м
RMS 1.7 м
GLONASS
ML + SL

Использование сигналов ГЛОНАСС также позволяет получить навигационное решение с достаточно высокой точностью, но конфигурация системы позволяет «увидеть» меньшее к-во спутников по сравнению с GPS

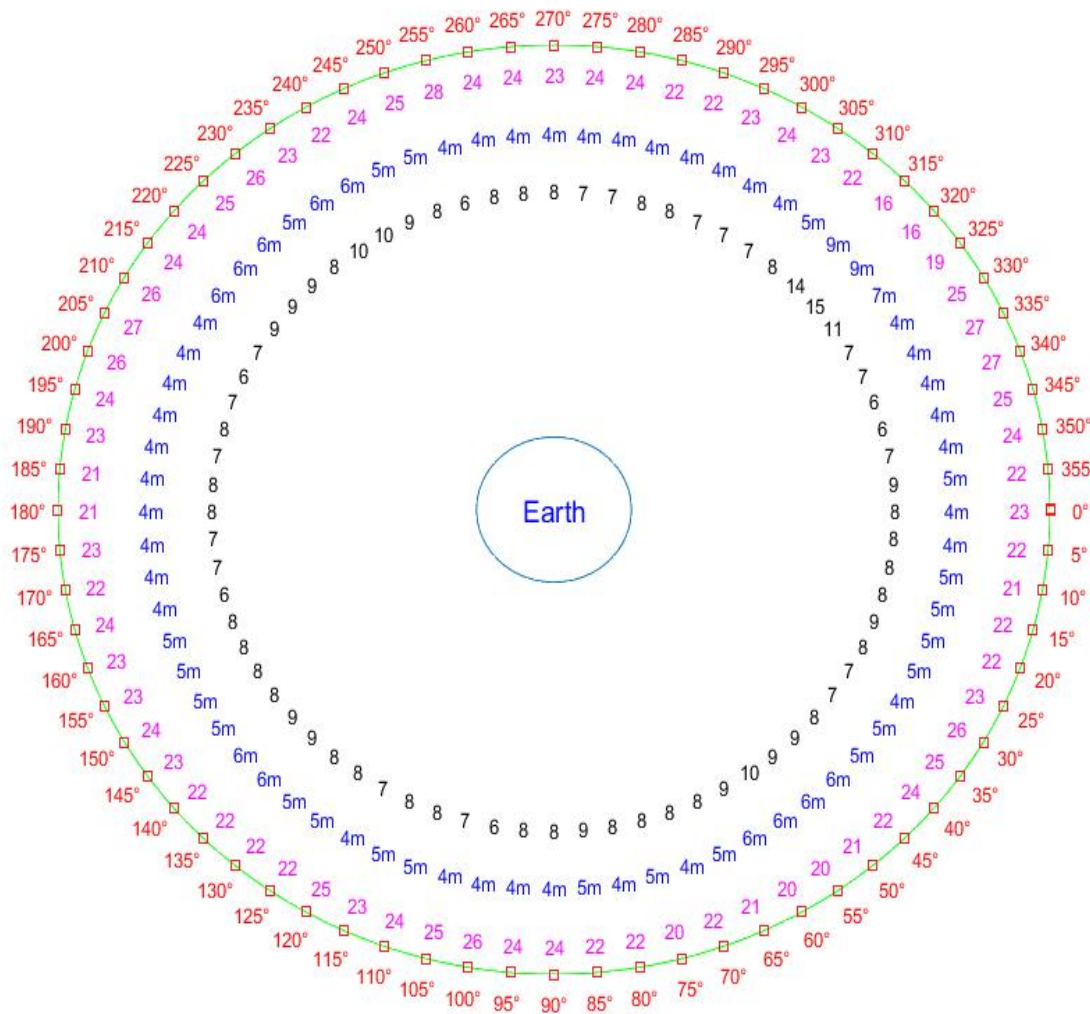


The use of signals from GLONASS allows to gain navigation solution with required accuracy, but the configuration of the system allows to “see” less satellites, as compared to GPS.

Спутники на геостационарной орбите Satellites on geostationary orbit

CKO 1.7 m
RMS 1.7 m
GPS + GLO
ML + SL

Использование сразу двух систем незначительно улучшает доступность, хоть и улучшает геометрический фактор ввиду большего количества спутников. При этом возникают вопросы совместимости систем.



The use of several systems does not significantly improve the results, but the geometric factor is better due to increased number of satellites. But there might be problems with the compatibility of systems.



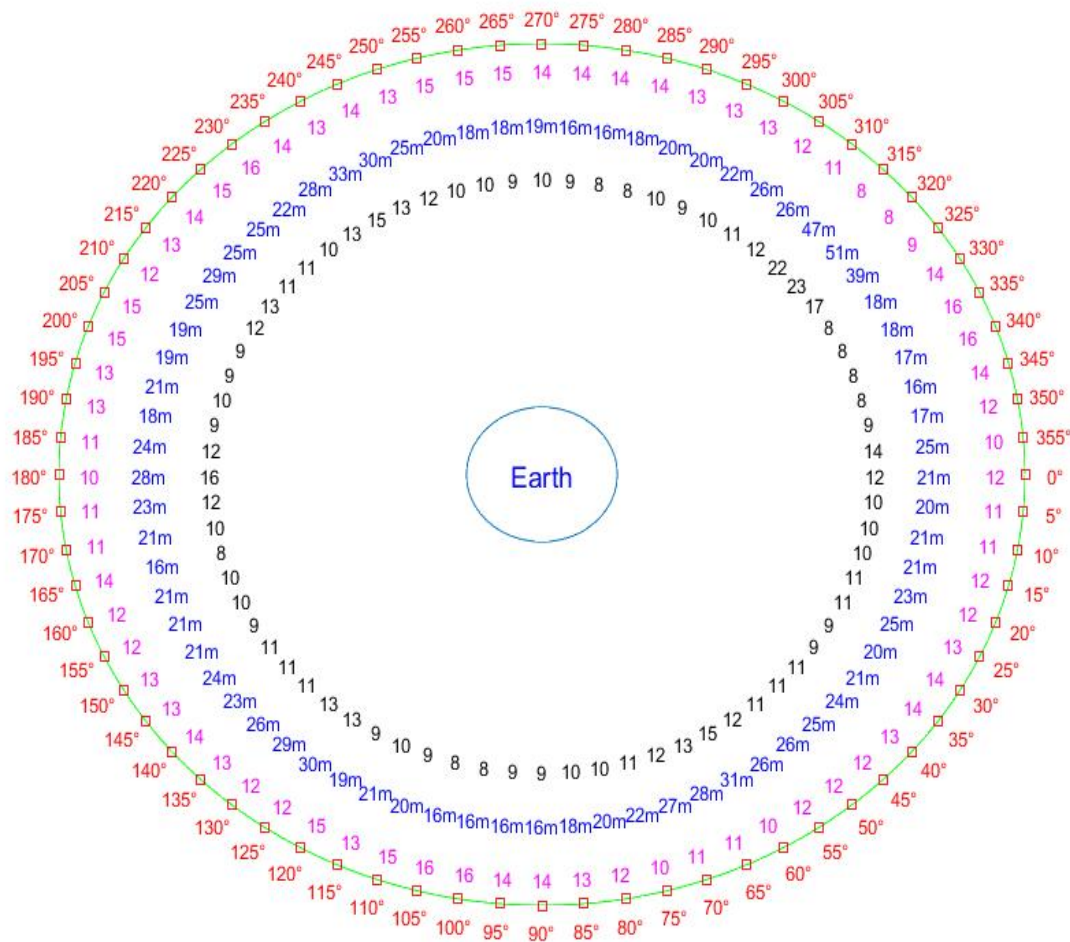
CKO 6 m

RMS 6 m

Спутники на геостационарной орбите

Satellites on geostationary orbit

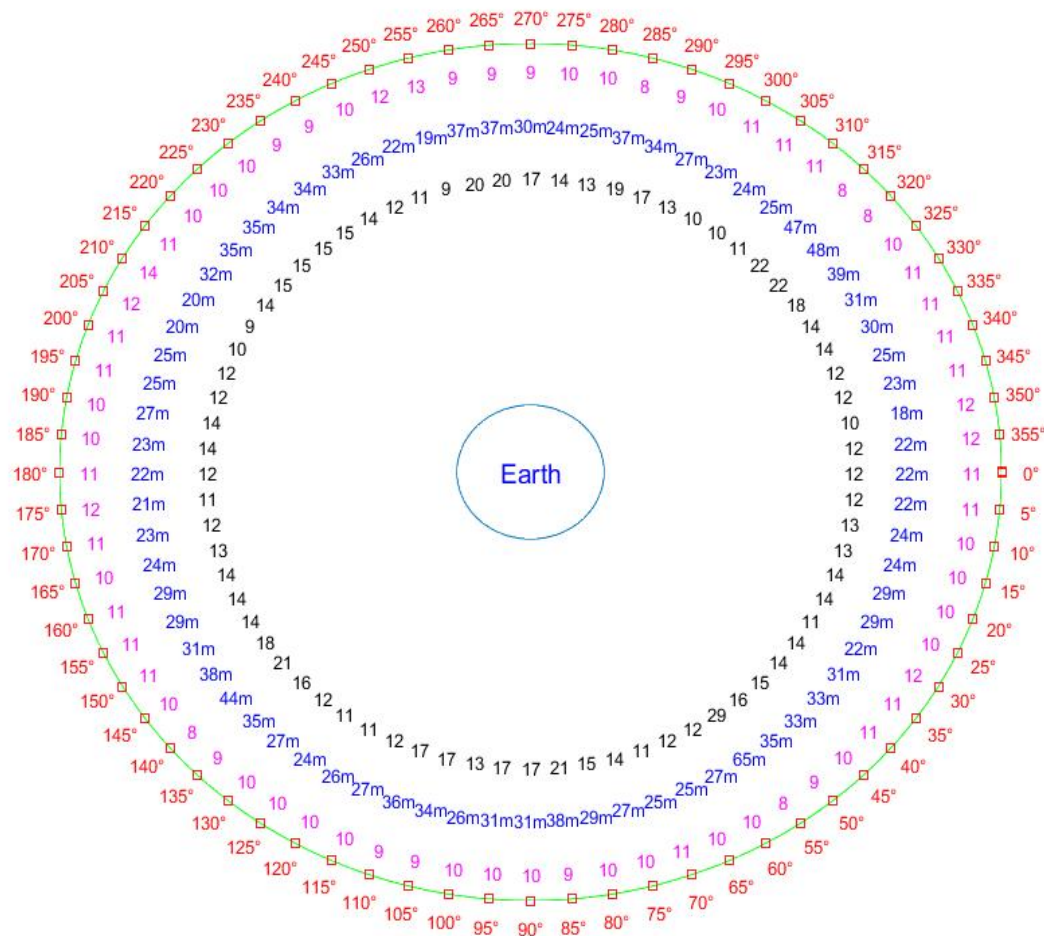
СКО 6 м
RMS 6 м
GPS
ML + SL



Спутники на геостационарной орбите

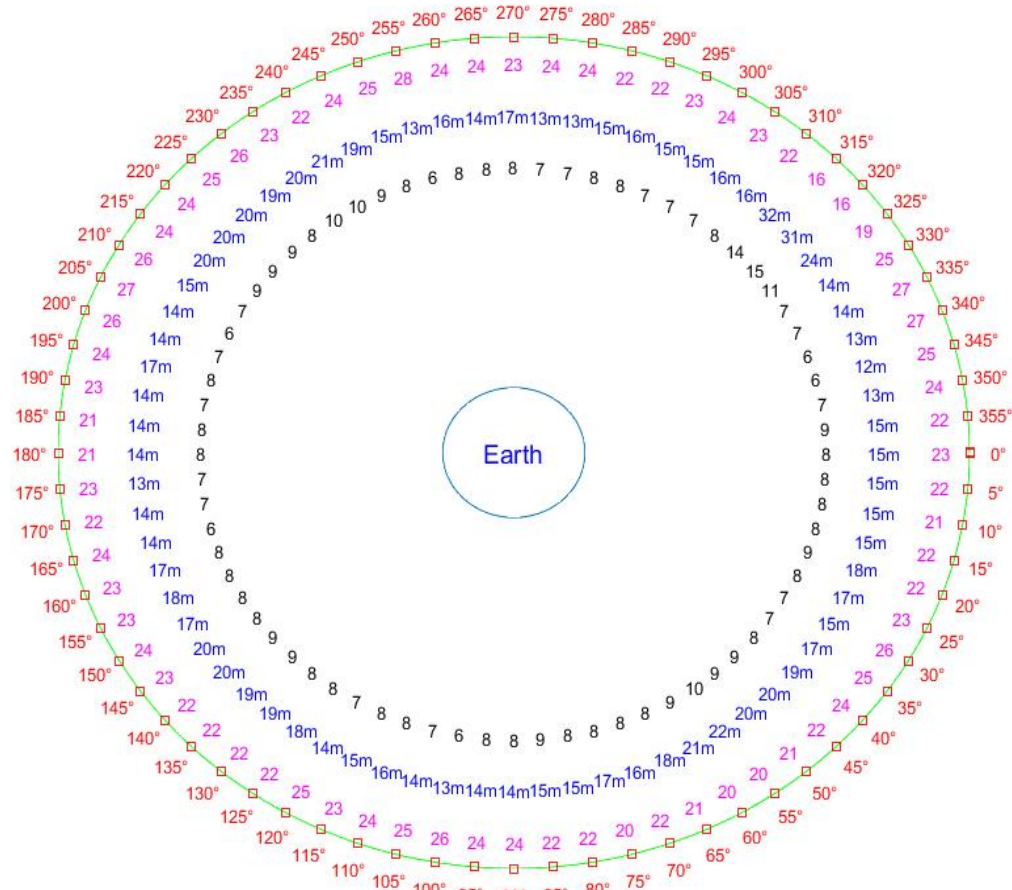
Satellites on geostationary orbit

СКО 6 м
RMS 6 м
GLONASS
ML + SL



Спутники на геостационарной орбите Satellites on geostationary orbit

CKO 6 m
RMS 6 m
GPS + GLO
ML + SL





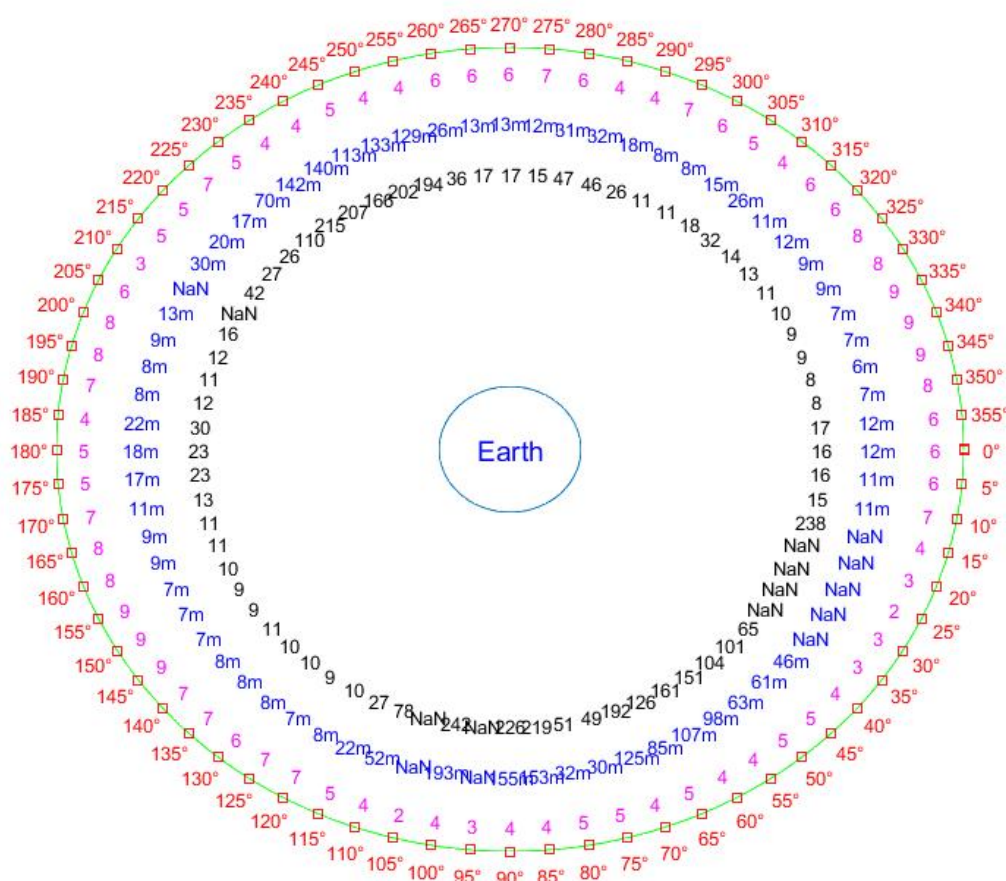
GALILEO

Спутники на геостационарной орбите

Satellites on geostationary orbit

СКО 1.7 м
RMS 1.7 м
GAL
ML + SL

Даже при условии использования сигналов проходящих через боковые и основной лепестки их недостаточно для предоставления стабильного решения навигационной задачи.



Even using the signals broadcast from main and side lobes the good navigation solution is not always available.



Конкретный случай

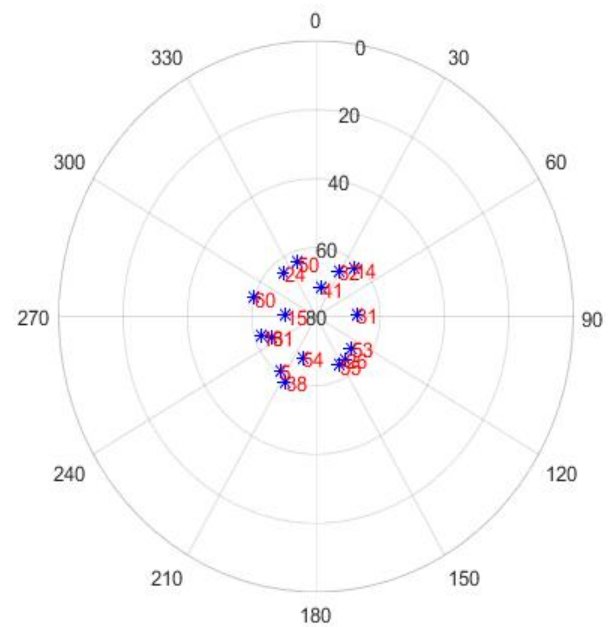
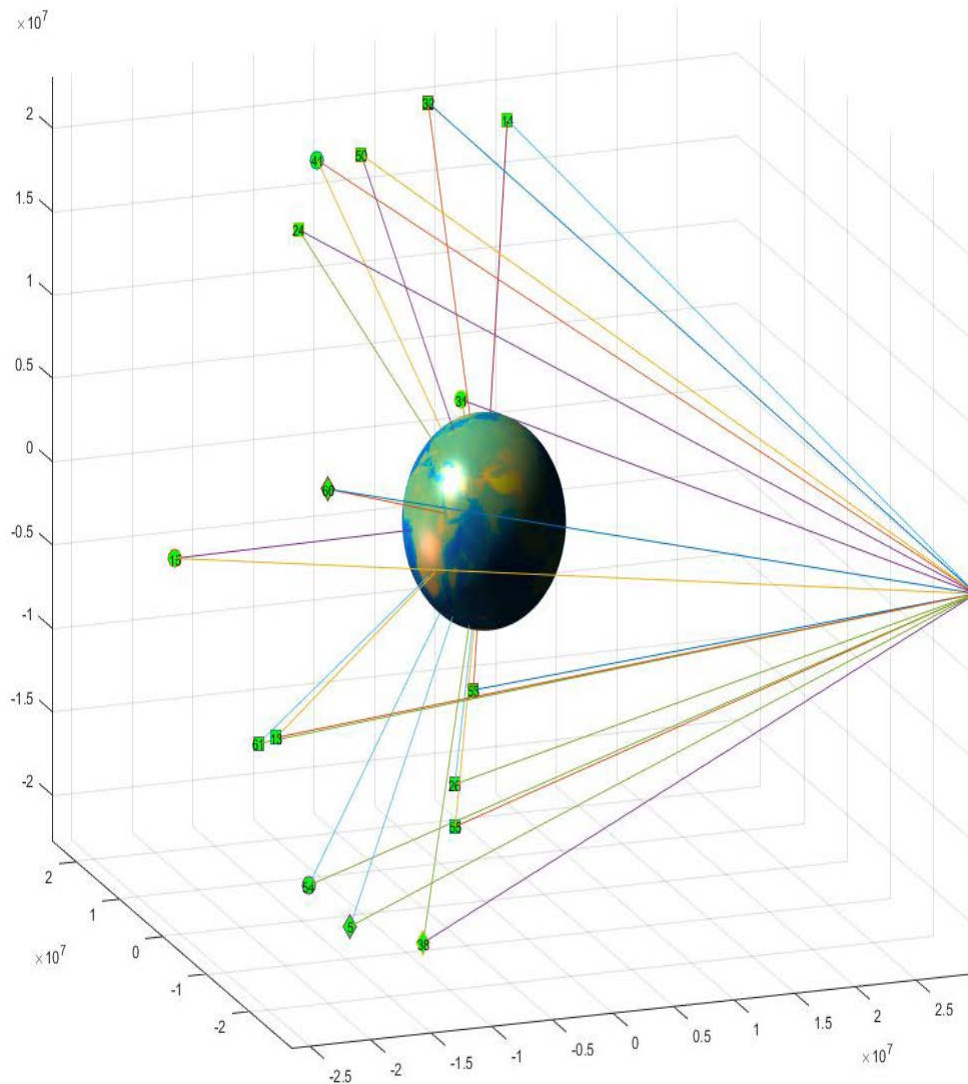
Specific case

GPS + GLO RMS 6 м СКО 6 м

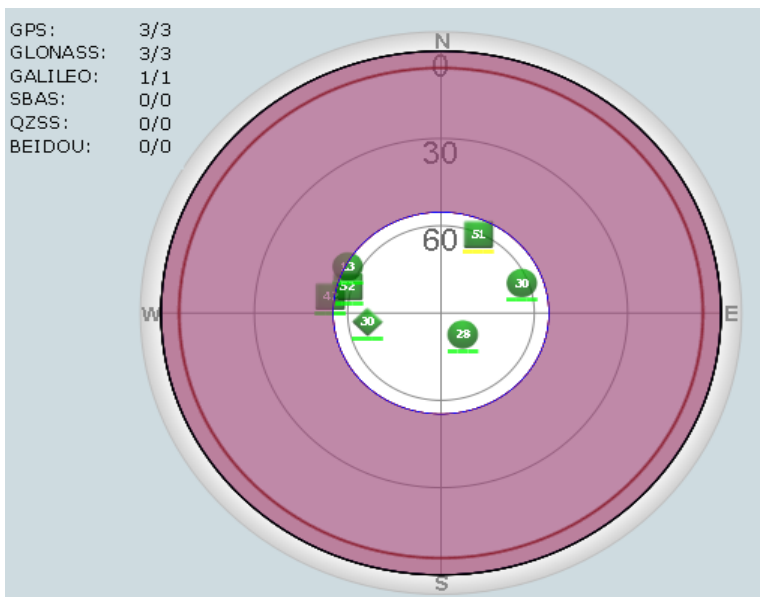
К-во спутников: 16

СКО: 32 м

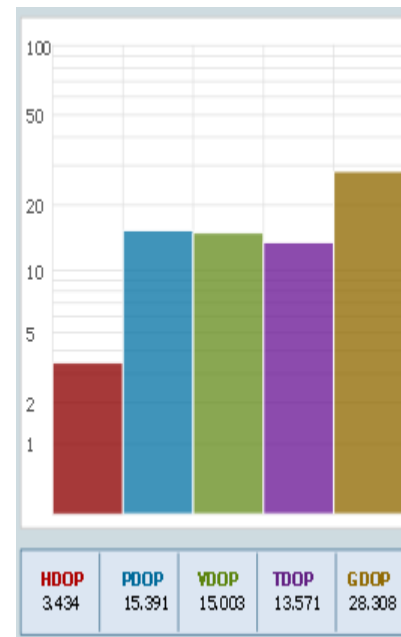
DOP: 14



Симуляция ситуации на орбите с помощью наземного приемника



Latitude	50.43912604°	+/- 21.04m
Longitude	30.42976971°	+/- 3.76m
Hgt. (MSL)	230.129m	+/- 75.36m



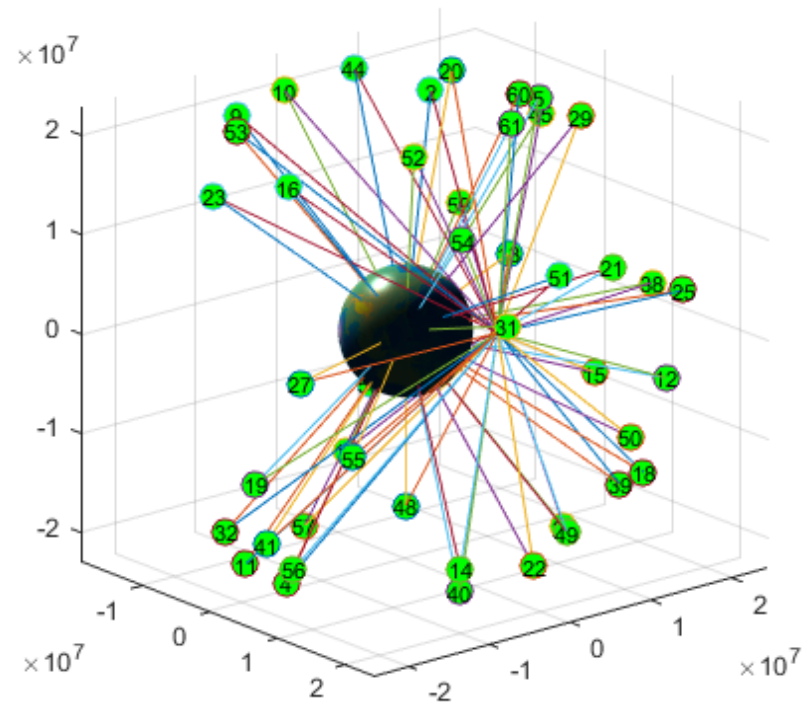
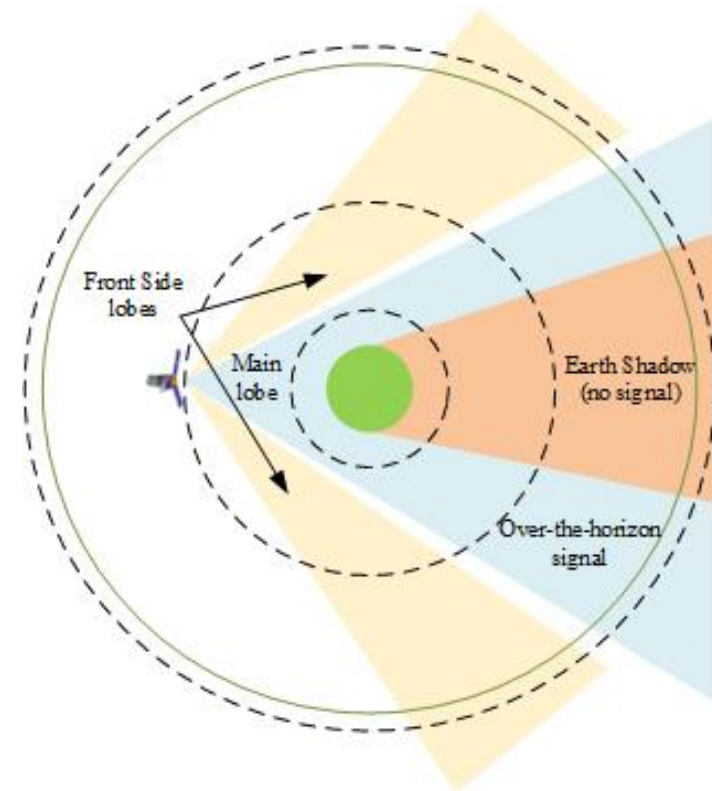


Для симуляции данных были использованы не номинальные альманахи систем (конфигурация навигационной системы согласно с интерфейсными документами), а реальные альманахи в формате YUMA для конкретного момента времени.

To simulate the data the real almanacs in YUMA format were used, as compared to the nominal almanacs of the system, which contain the satellite configuration as given in interface control document.

НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ

СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ



ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС

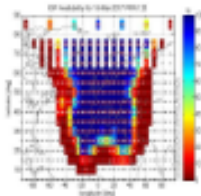
(репозитарий НАУ - <http://er.nau.edu.ua/>)

Поиск в архиве



Зарегистрированным: ▼

Коллекции этого раздела



MONITORING EGNOS [67]

<Приводятся отчеты по мониторингу EGNOS в Киеве>



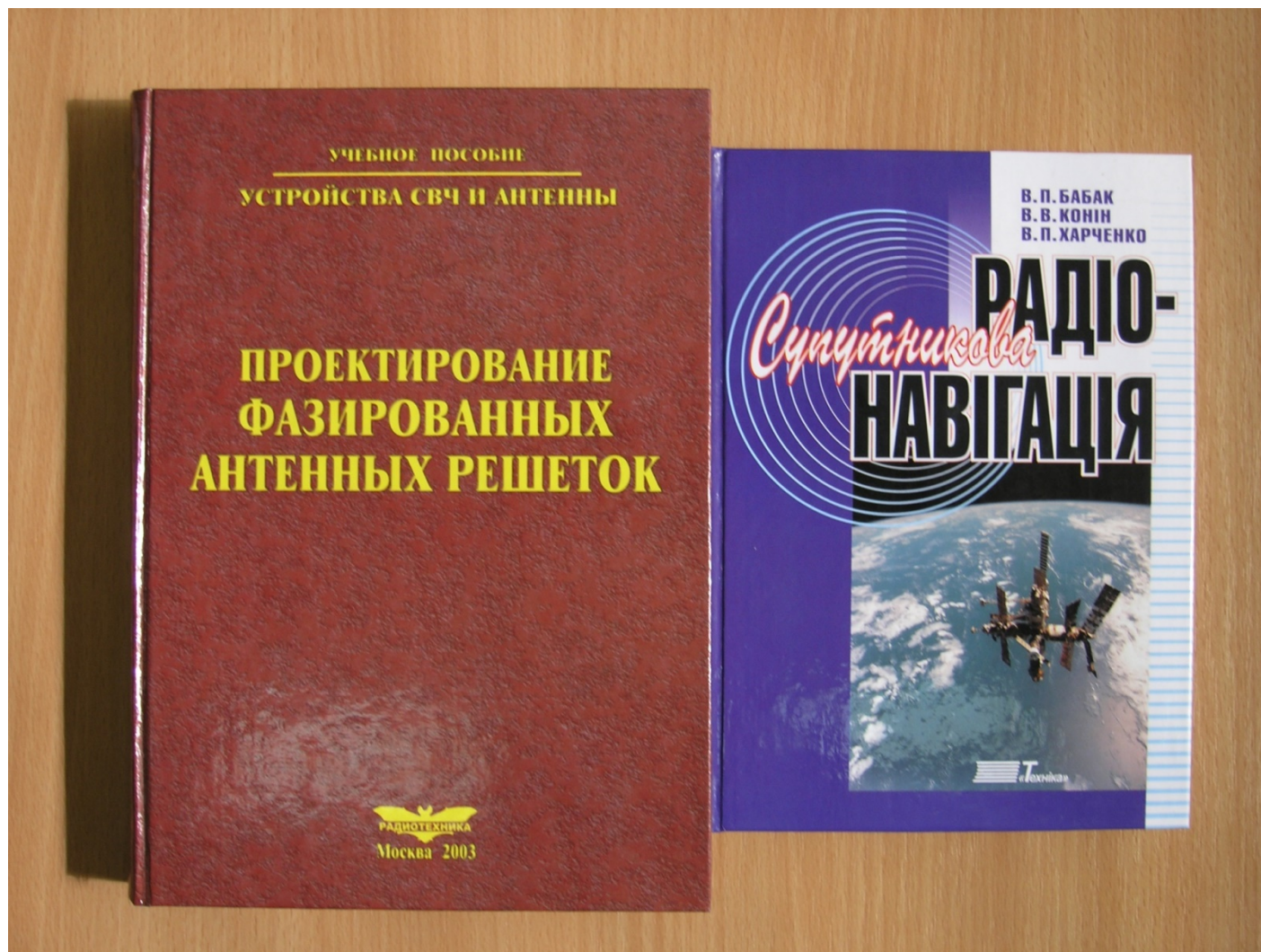
<Аэрокосмические технологии и системы> [51]

<Глобальные навигационные спутниковые системы>

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС

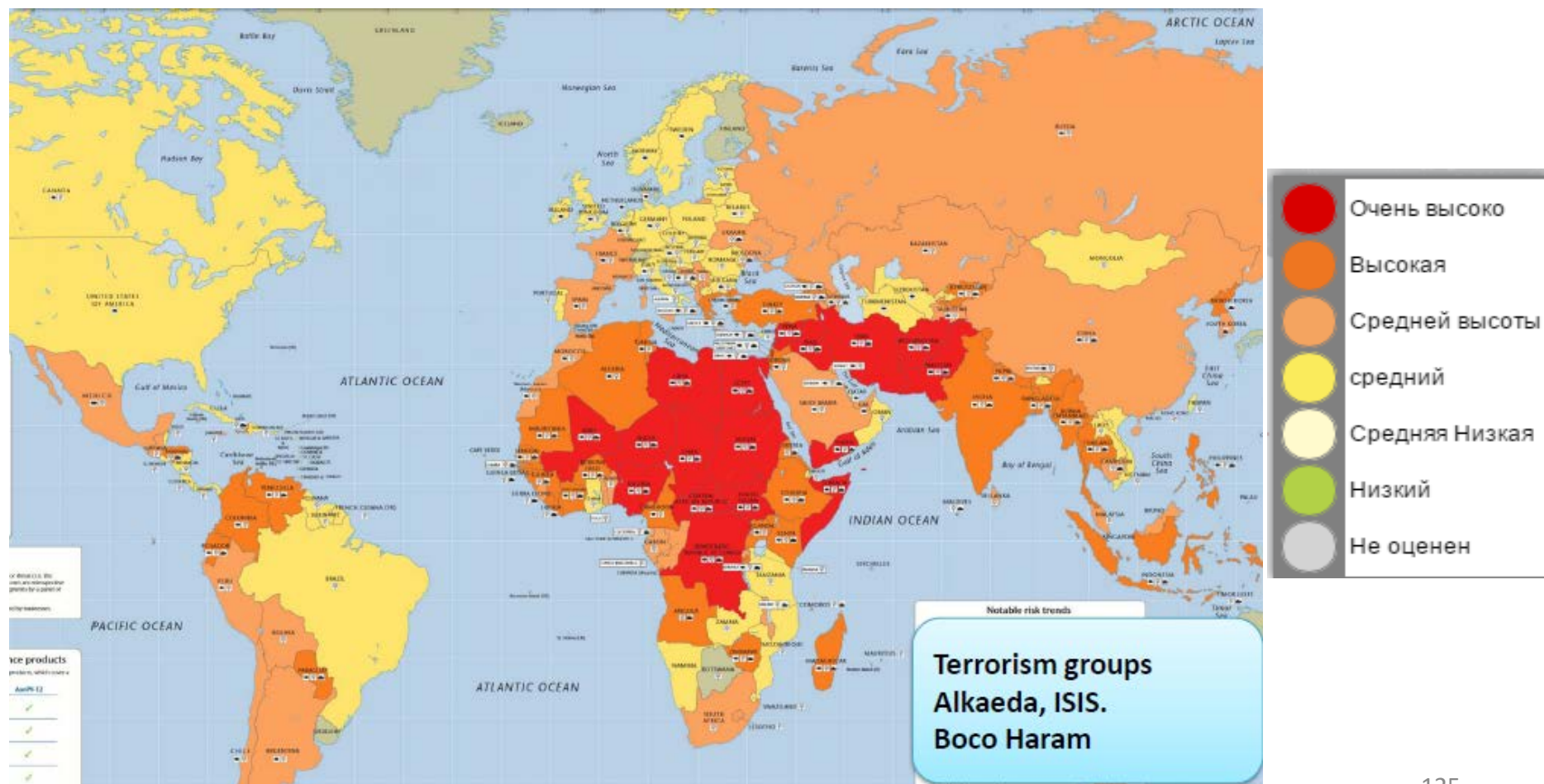


ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС



ВЫЗОВЫ: GNSS- терроризм/ Refaat

Rashad, 15 PNTAB meeting Marrriott Waterfront, Annapolis,
June 12, 2015



ЛЕТНЯЯ ШКОЛА 2016



ГОРИЗОНТ 2020 (семинар)



Финиш турецких подданных



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

