

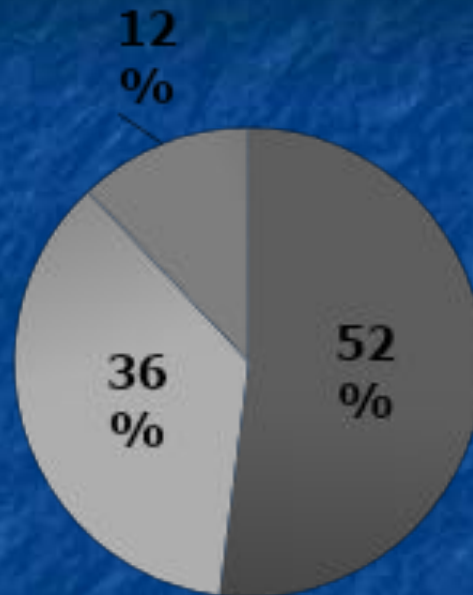
*Военный авиационный инженерный университет
(г. Воронеж)*

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ДОПОЛНЕНИЯ К
СПУТНИКОВЫМ
РАДИОНАВИГАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ**

*Гамаюнов И.Ф.
доцент кафедры, к.т.н.*

Погрешности навигационно-временного обеспечения СРНС

- трасса радиосигнала "НС - АП"
- НС и КИК
- АП



Способы снижения влияния среды ОКП:

1. Использование моделей ПЭС ионосферы;
2. Увеличение числа рабочих частот СРНС;
3. Применение *функциональных дополнений* к СРНС.

Функциональные дополнения к СРНС –

аппаратные и программные средства, повышающие *точность, доступность, целостность и непрерывность* навигационных определений до уровня *требуемых навигационных характеристик*

Функциональные дополнения используют:

дифференциальный режим работы

(обычный и режим относительной навигации)

дополнительные спутники

(геостационарные и наземные псевдоспутники)

наземные станции контроля целостности

Классификация функциональных дополнений СРНС:

бортового базирования
(по классификации ИКАО - ABAS)

наземного базирования (GBAS)

космического базирования (SBAS)

Функциональные дополнения бортового базирования (ABAS)

1. Автономный контроль целостности (RAIM):

- обнаружение отказов НС (< 6 НС);
- исключение отказавших НС (≥ 6 НС).

2. Бортовой контроль целостности (AAIM, VAIM):

- комплексирование с бортовыми навигационными датчиками (высотомер, точные часы, магнитный компас, ИНС);
- комплексирование с навигационными системами (GPS+ГЛОНАСС, GPS+Galileo+ГЛОНАСС).

Функциональные дополнения наземного базирования (GBAS)

- морские;
- авиационные;
- геодезические;
- специальные дифференциальные подсистемы локального и регионального радиуса действия.

WAAS

Wide Area Augmentation System

GPS Satellites

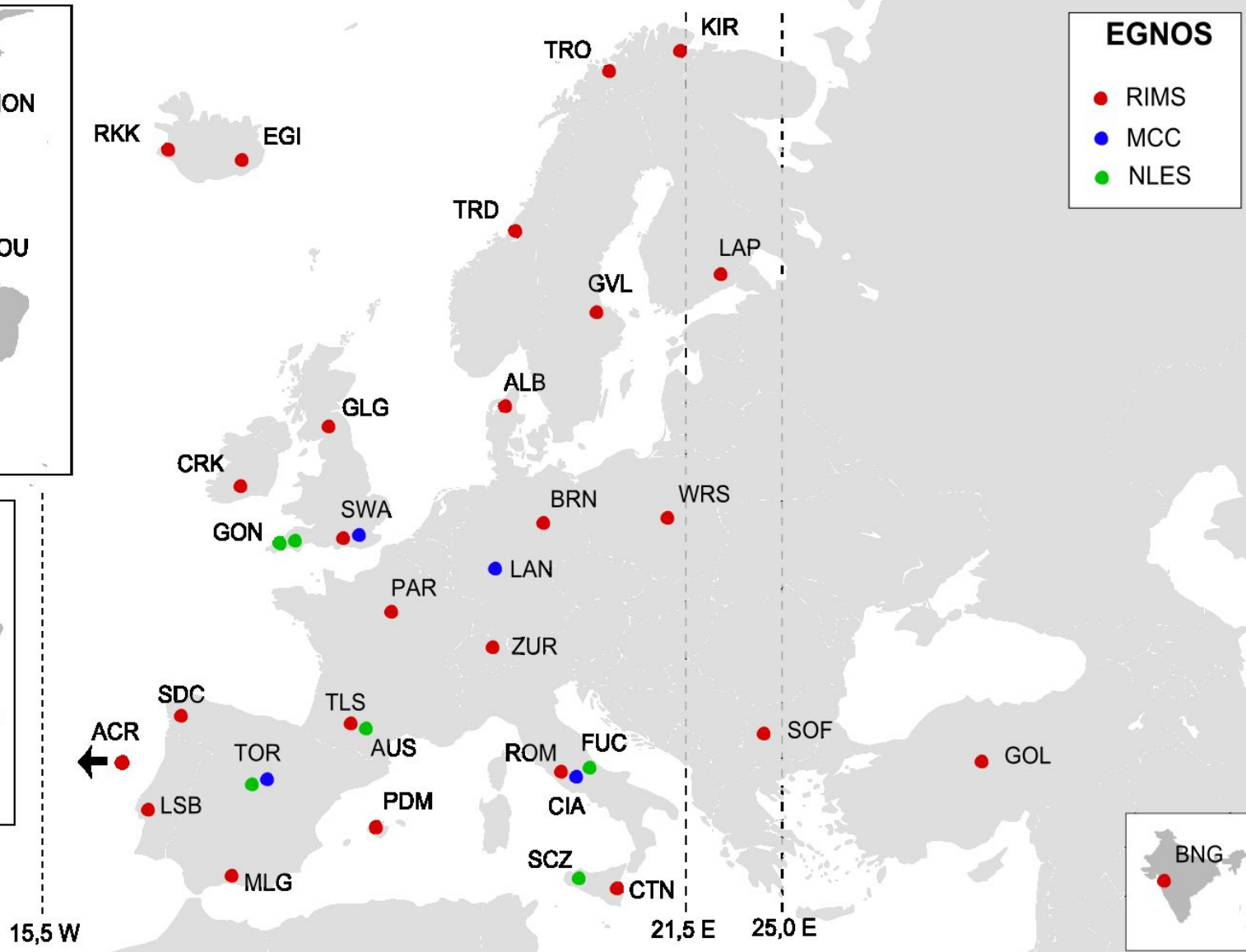
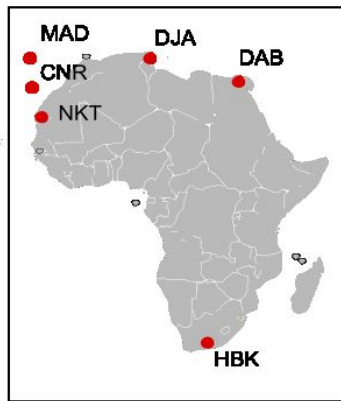
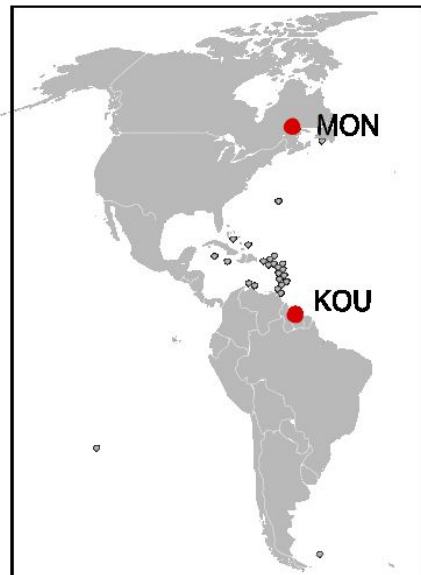


- Wide-area Reference Station (WRS)
- International WRS's
- Wide-area Master Station (WMS)
- Ground Uplink Station

GEO Satellite

GEO Satellite

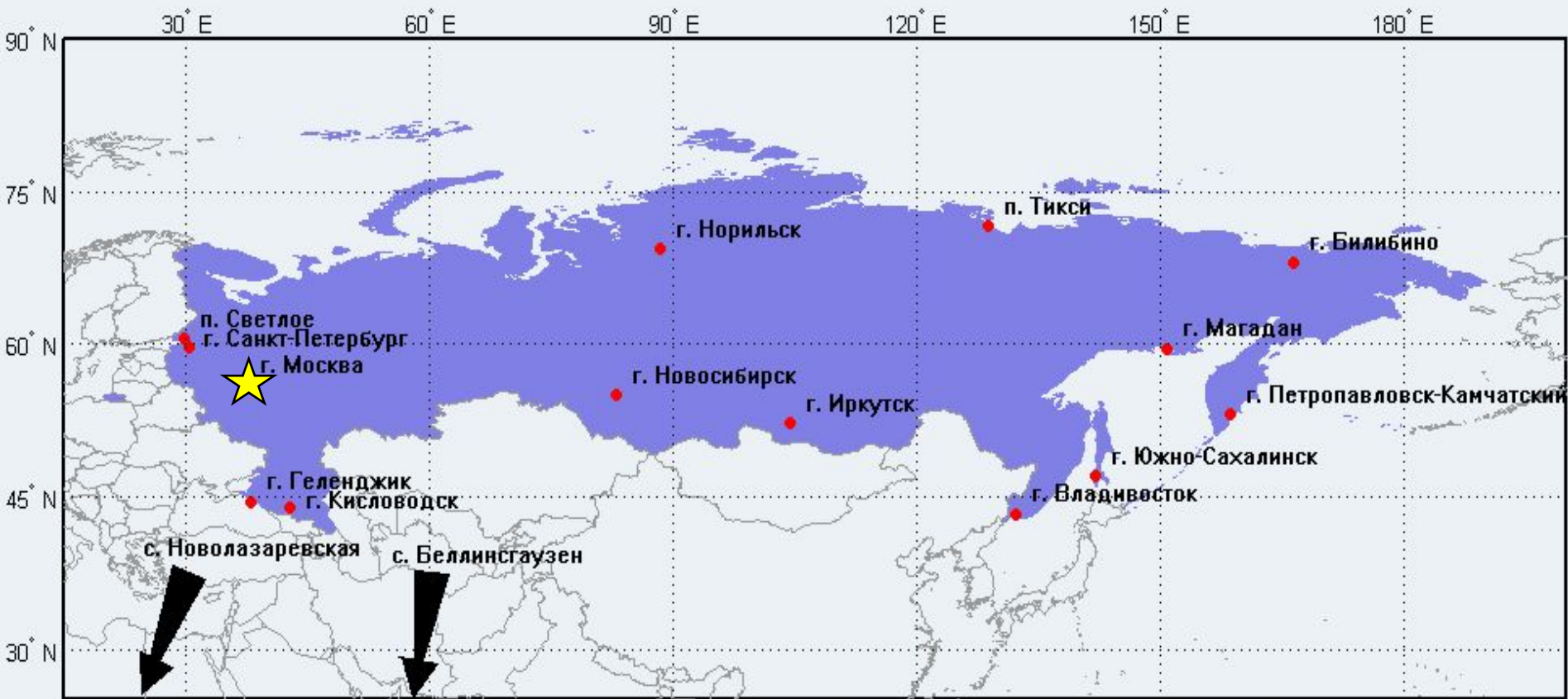
Наземный сегмент системы EGNOS



- EGNOS**
- RIMS
 - MCC
 - NLES

RIMS - станции измерения дальности и мониторинга целостности;
MCC – центры формирования поправок; NLES - станции закладки информации.

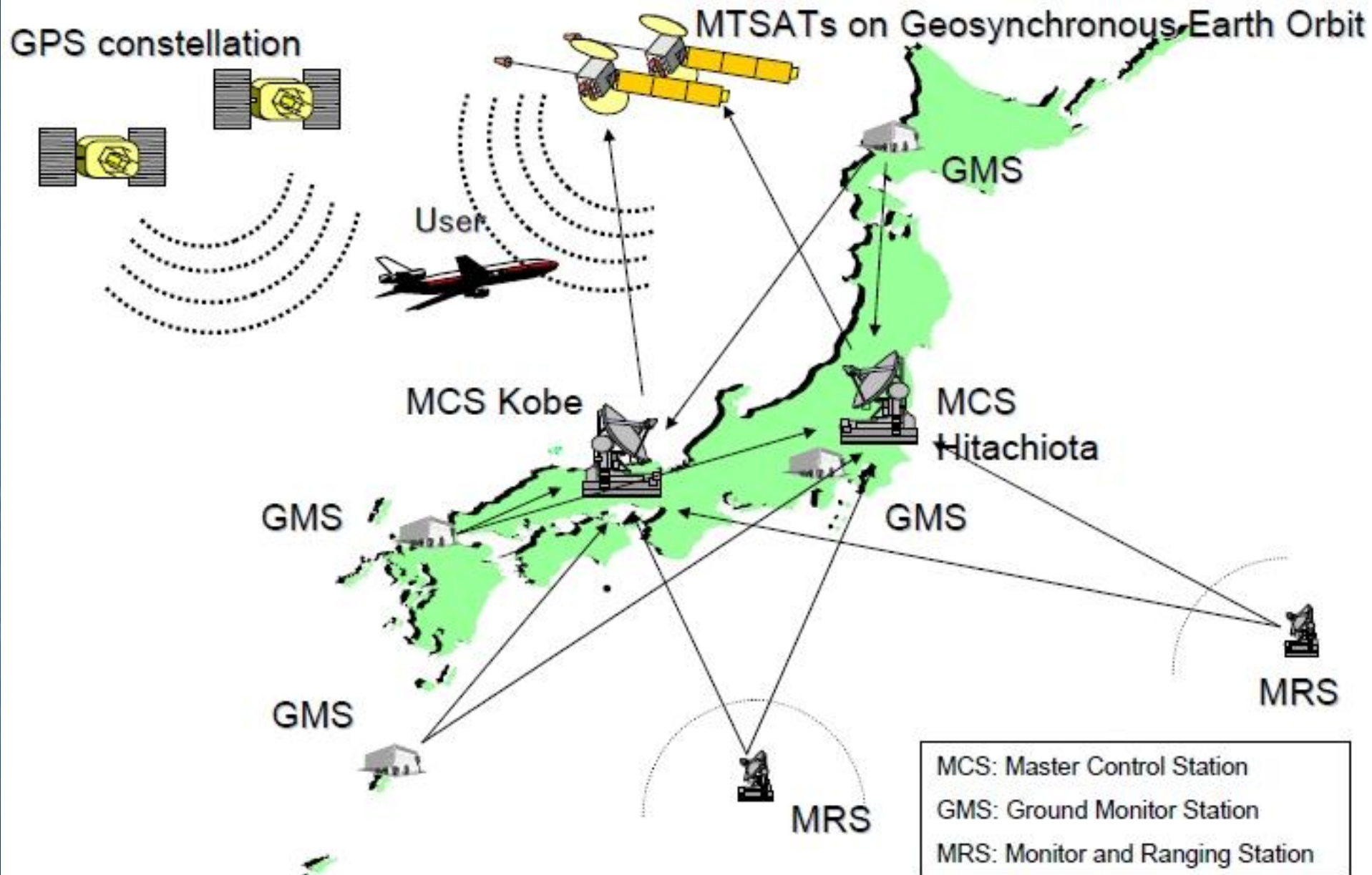
Система дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ)



• - станции сбора измерений;

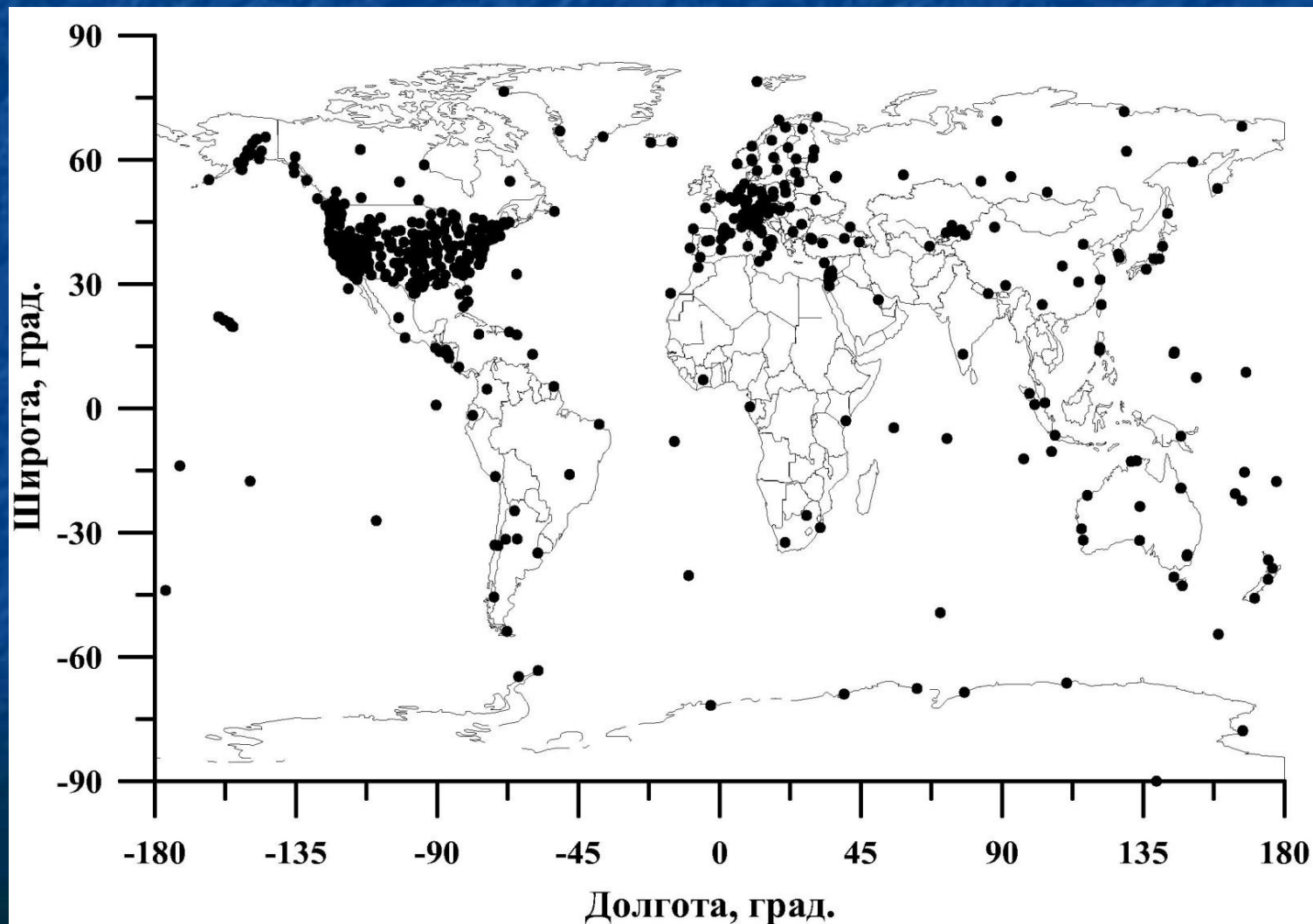
★ - центр дифференциальной коррекции и мониторинга

Наземный сегмент системы MSAS



Модернизация региональных и глобальных функциональных дополнений

1. Использование готовой инфраструктуры всемирной сети станций ионосферной и геодезической службы



Модернизация региональных и глобальных функциональных дополнений

2. Интерполяция погрешностей позиционирования на неравномерной сети сплайн-функцией специального вида

$$\begin{pmatrix}
 0 & \rho_{12} & \dots & \rho_{1N} & 1 & \lambda_1 & \varphi_1 \\
 \rho_{21} & 0 & \dots & \rho_{2N} & 1 & \lambda_2 & \varphi_2 \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \rho_{N1} & \rho_{N2} & \dots & 0 & 1 & \lambda_N & \varphi_N \\
 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 \lambda_1 & \lambda_2 & \dots & \lambda_N & 0 & 0 & 0 \\
 \varphi_1 & \varphi_2 & \dots & \varphi_N & 0 & 0 & 0
 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix}
 \mathbf{c}_1 \\
 \mathbf{c}_2 \\
 \dots \\
 \mathbf{c}_N \\
 \mathbf{c}_{N+1} \\
 \mathbf{c}_{N+2} \\
 \mathbf{c}_{N+3}
 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix}
 \mathbf{f}_1 \\
 \mathbf{f}_2 \\
 \dots \\
 \mathbf{f}_N \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\rho_{ij} = \left[(\lambda_j - \lambda_i)^2 + (\varphi_j - \varphi_i)^2 \right] \ln \left[(\lambda_j - \lambda_i)^2 + (\varphi_j - \varphi_i)^2 \right] \quad (2)$$

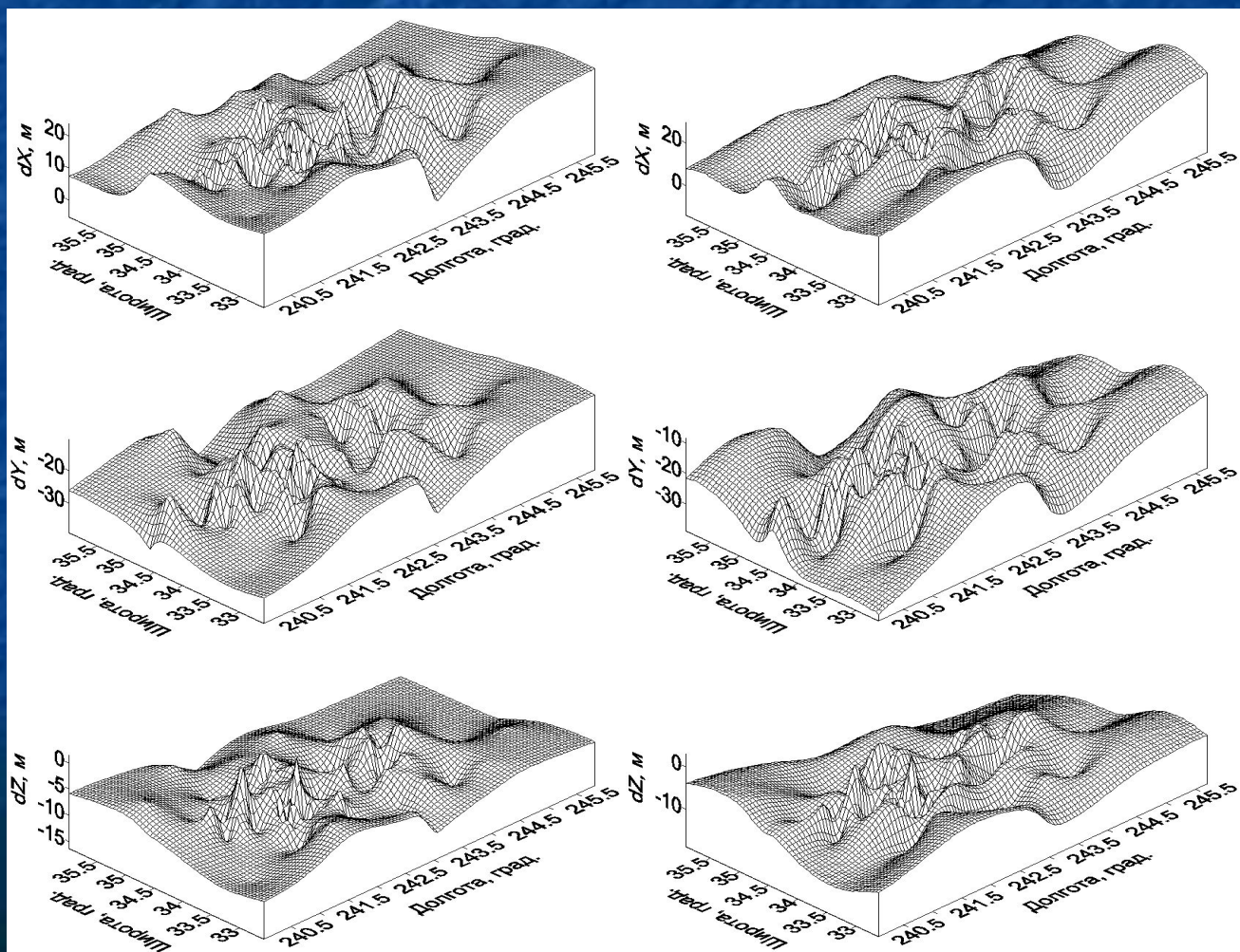
$$\mathbf{S}_j(\varphi, \lambda) = \sum_{k=1}^N \mathbf{C}_k \left[(\lambda - \lambda_k)^2 + (\varphi - \varphi_k)^2 \right] \ln \left[(\lambda - \lambda_k)^2 + (\varphi - \varphi_k)^2 \right] + \mathbf{C}_{N+1} + \mathbf{C}_{N+2} \lambda + \mathbf{C}_{N+3} \varphi \quad (3)$$

Модернизация региональных и глобальных функциональных дополнений

3. Территориальное распределение погрешности позиционирования

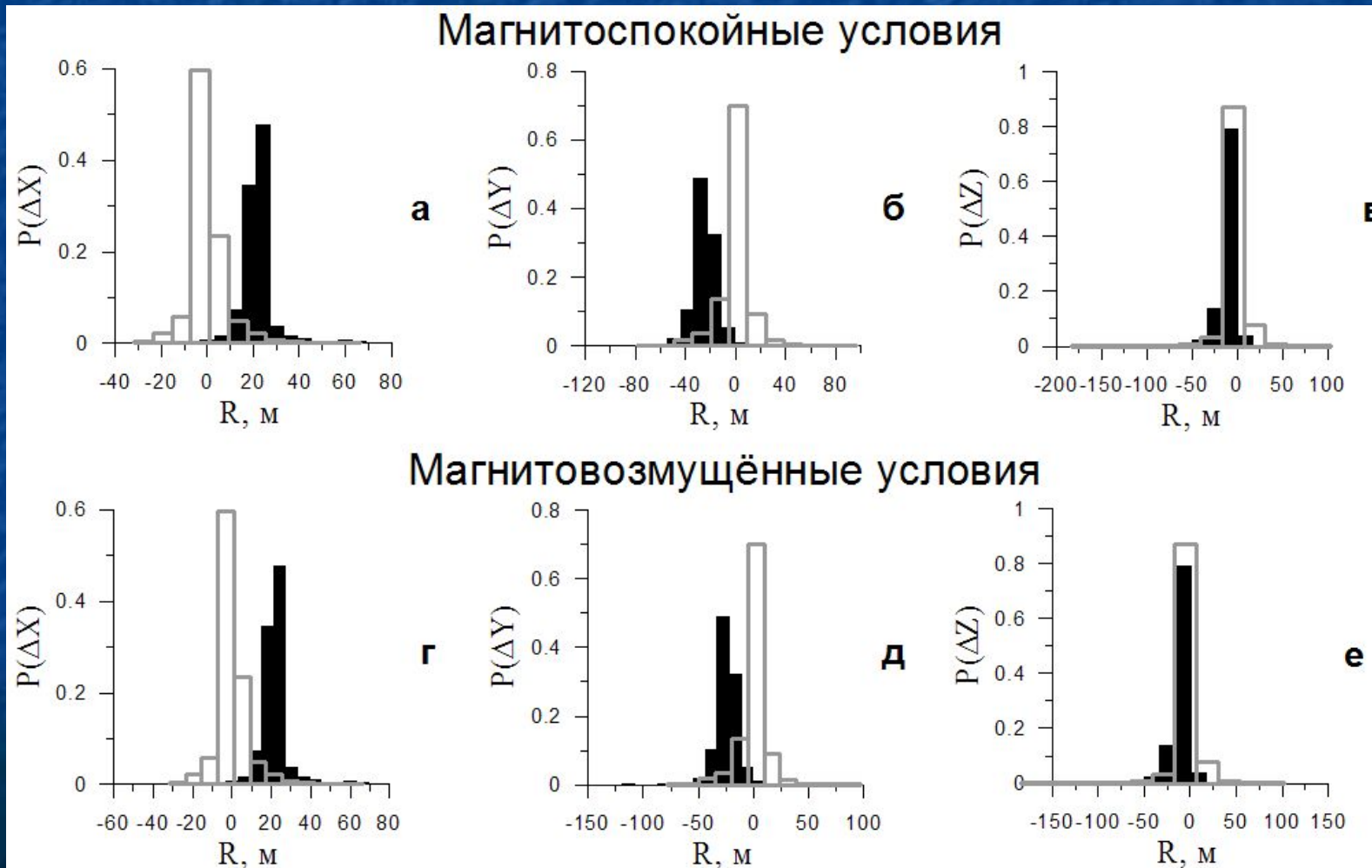
ИСХОДНОЕ

ВОССТАНОВЛЕННОЕ



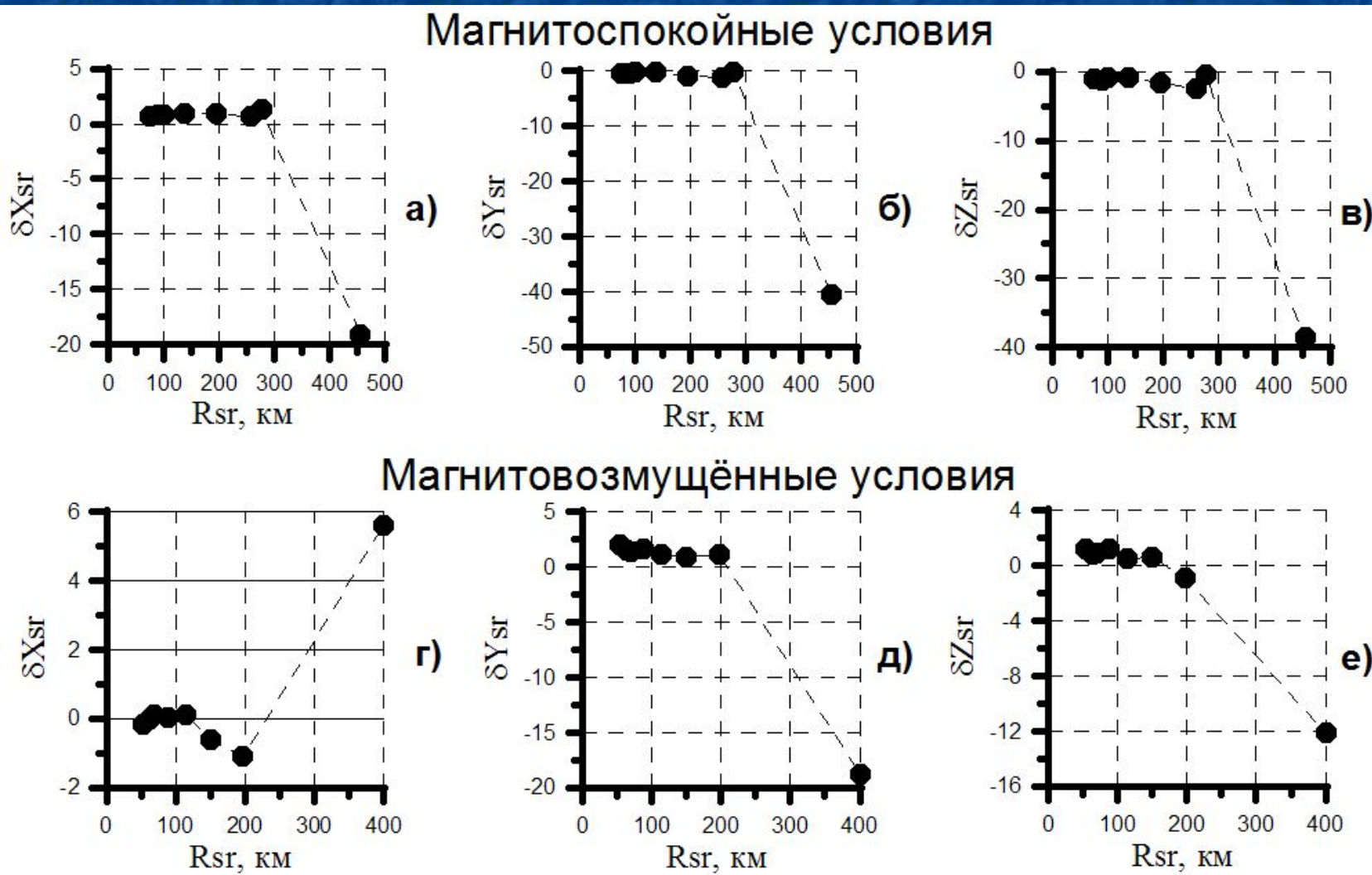
Модернизация региональных и глобальных функциональных дополнений

4. Остаточная погрешность позиционирования после коррекции



Модернизация региональных и глобальных функциональных дополнений

5. Зависимость остаточной погрешности от расстояния между опорными станциями



Выводы:

- Современные функциональные дополнения в большинстве случаев позволяют обеспечить качество навигационных определений на уровне наиболее жестких требуемых навигационных характеристик;
- Предложенный способ модернизации региональных и глобальных функциональных дополнений обеспечивает компенсацию исходной погрешности позиционирования потребителей СРНС от 65% до 97% как в спокойных, так и в магнитовозмущённых условиях;
- Показана принципиальная возможность использования готовой инфраструктуры наземных пунктов ионосферной службы для модернизации существующих региональных и глобальных функциональных дополнений и создания новых.

Результаты работы:

- Защищены кандидатские диссертации по специальностям 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения» и 20.02.14 – «Вооружение и военная техника. Комплексы и системы военного назначения»;
- Получены патенты РФ на полезную модель и на изобретение;
- Разработано специализированное программно-алгоритмическое обеспечение восстановления и коррекции погрешностей позиционирования.



Спасибо за внимание!

