

**Информационно-аналитический центр  
на базе пункта метрологического контроля ГСВЧ ФГУП «СНИИМ»**

А.С. Толстикова, А.С. Томилов, А.А. Карауш, Е.А. Ханькова

*ФГУП «Сибирский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт метрологии» (г. Новосибирск)*

В ФГУП «СНИИМ» создается информационно-аналитический центр на базе пункта метрологического контроля ГСВЧ для целей:

- мониторинга бортовой эфемеридно-временной информации орбитальных группировок ГЛОНАСС и GPS по данным беззапросных траекторных измерений в метрологических пунктах ГСВЧ и другим доступным данным,
- обеспечение потребителей Сибирского федерального округа информацией о состоянии орбитальных группировок ГНСС ГЛОНАСС и GPS,
- метрологического и информационного обеспечения региональных систем дифференциальной коррекции на базе активных ГНСС станций Новосибирской области.

Информационно-аналитический центр на базе пункта метрологического контроля ГСВЧ ФГУП «СНИИМ», представляющий собой организационную структуру и аппаратно-программный комплекс, включает в себя:

- Государственный вторичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ВЭТ 1-19;
- аппаратуру приема навигационных сигналов ГНСС;
- аппаратуру синхронизации пространственно-разнесенных высокостабильных часов;
- средства вычислительной техники и пакеты СПО;
- комплексы методик выполнения измерений и пакеты нормативно и конструкторской документации.

В настоящее время для реализации информационно-аналитического центра на базе пункта метрологического контроля ГСВЧ разработано следующее специальное программное обеспечение.

*1. Программный комплекс для восстановления текущих навигационных параметров КА по данным беззапросных фазовых измерений*

Высокая точность оценивания достигнута за счет:

- использования в качестве исходных данных для расчетов беззапросных фазовых измерений с сети станций отечественной системы СДКМ (для ГЛОНАСС) и станций IGS (для GPS);
- привлечения метода инструментальных переменных при формировании системы нормальных алгебраических уравнений;
- расчет прогнозов в режиме UltraRapid.

На рисунке 1 представлены результаты восстановления текущих навигационных параметров КА (координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) систем GPS и ГЛОНАСС по данным траекторных измерений.

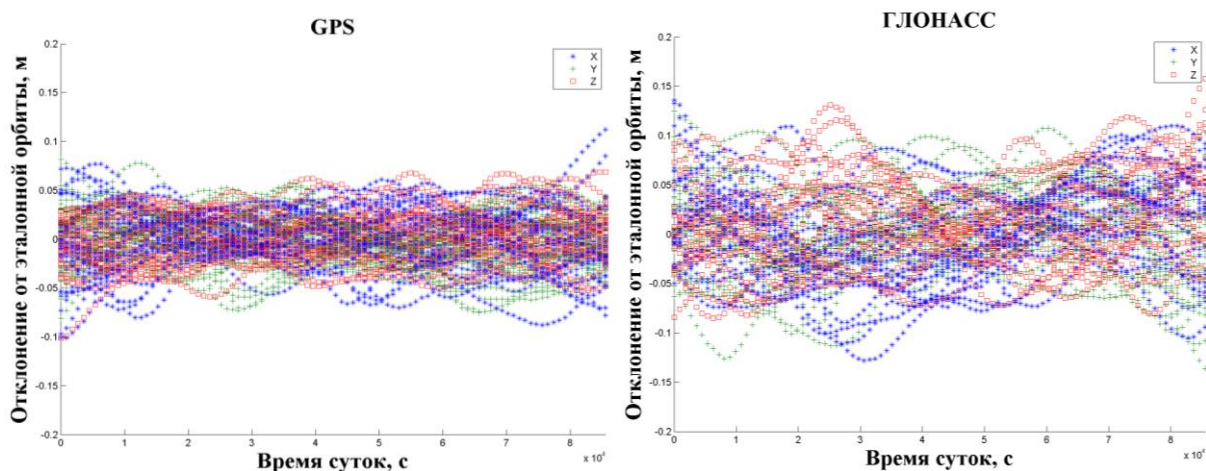


Рисунок 1 – Абсолютное отклонение орбит КА GPS и ГЛОНАСС от эталонных орбит на суточном интервале времени

Рисунок 2 иллюстрирует среднесуточную погрешность значений параметров орбит по ансамблю КА GPS и ГЛОНАСС.

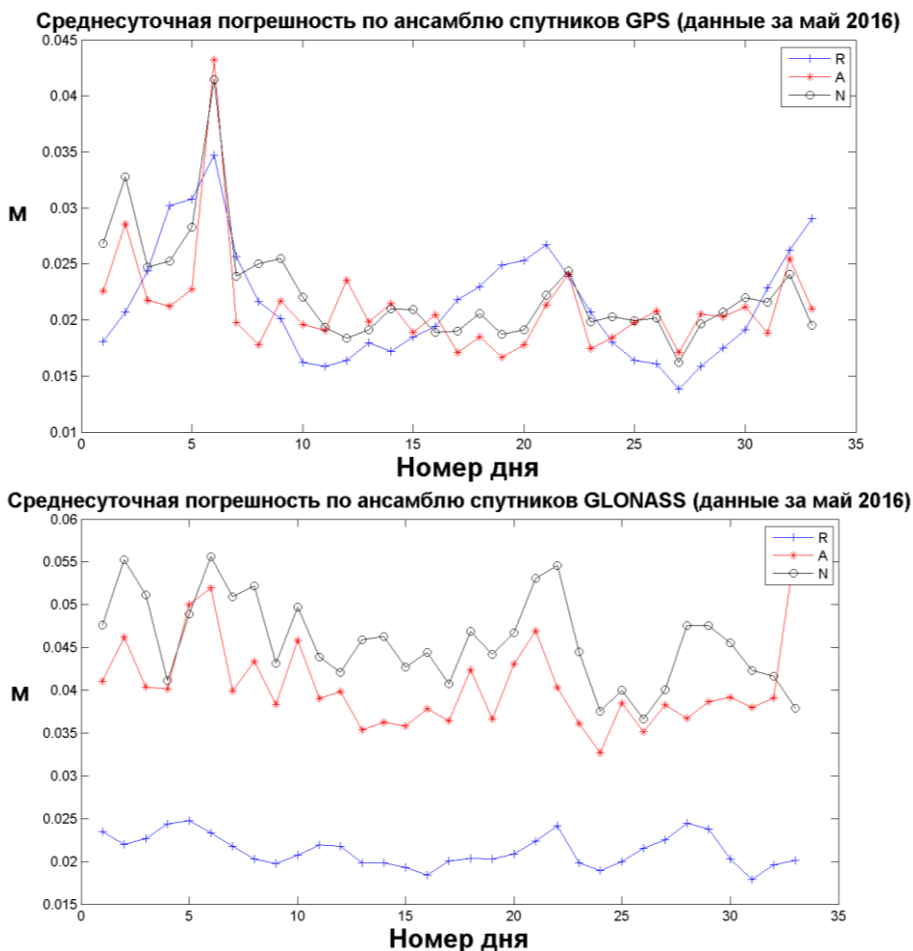


Рисунок 2 – Среднесуточная погрешность параметров орбит КА R – по радиус-вектору, A – вдоль орбиты, N – по бинормали к орбите

## 2. Программный комплекс для восстановления текущих моментов бортовых шкал времени орбитальных группировок навигационных спутников ГЛОНАСС и GPS

Высокая точность оценивания достигнута за счет:

- использования в качестве исходных данных для расчетов оценок беззапросных фазовых измерений, выполняемых в пунктах метрологического контроля ГСВЧ РФ, оснащенных эталонными комплексами единиц времени, частоты и национальной шкалы времени;
- применения математических моделей нестабильности бортовых стандартов частоты учитывающих помимо собственной нестабильности влияние факторов релятивистской и гравитационной природы;
- использования технологии Precise Point Positioning (PPP);
- оценивание погрешностей представления текущих моментов бортовых шкал времени с помощью бортовых частотно-временных поправок;
- расчет прогнозных значений поправок к бортовым шкалам времени в режиме UltraRapid.

В качестве иллюстрации приведены результаты оценивания погрешностей уходов действительных шкал времени по орбитальной группировке системы ГЛОНАСС (рисунок 3). Фазовые измерения проводились 20 июня 2015 г. и получены в метрологических пунктах Государственной службы времени и частоты в г. Новосибирск, г. Москва и г. Иркутск.

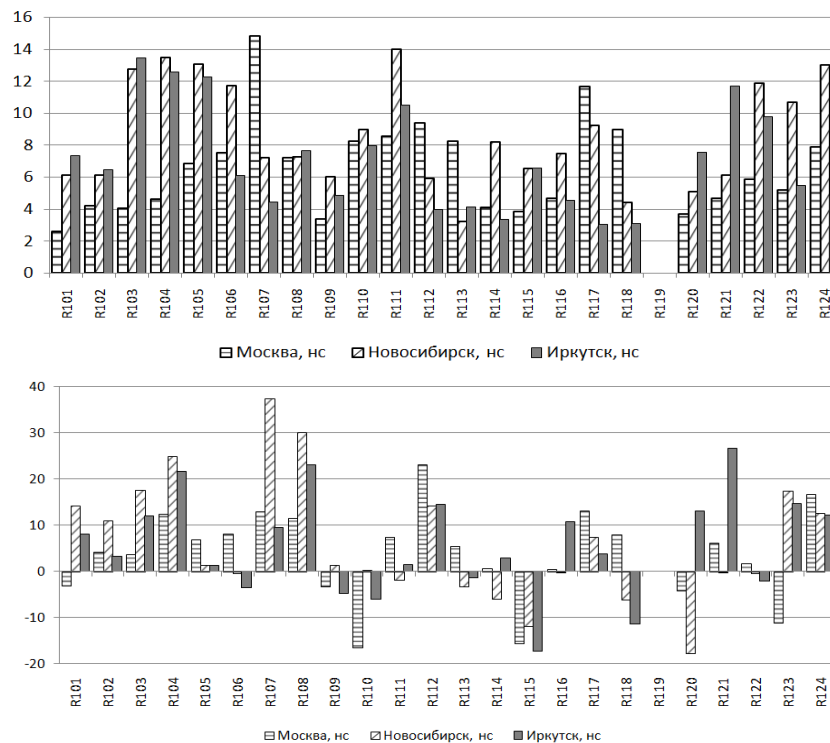


Рисунок 3 – Диаграммы математического ожидания и СКО оценок погрешностей компенсации уходов бортовых часов с помощью частотно-временных поправок

3. Программный комплекс для сравнения шкал времени пространственно-разнесенных высокостабильных часов и для сравнения частот генераторов этих часов.

По оцениванию изменений частоты проводились экспериментальные исследования, проводимых с помощью водородного стандарта типа Ч1-1006. Перемещение этого стандарта на разные уровни гравитационного поля Земли и выполняя синхронные фазовые траекторные измерения по навигационным спутникам GPS была получена оценка влияния этих уровней на частоту стандарта. Использовались приёмник Javad Sigma в местах расположения перемещаемого стандарта Ч1-1006 и одностипный приёмник из состава вторичного эталона времени и частоты ВЭТ 1-19 (ФГУП «СНИИМ»).

Результаты измерений разностей текущих значений моментов шкал времени для пунктов нахождения стандарта Ч1-1006 в п. Шебалино и перевал Семинский показаны на рисунке 4. Трендовая составляющая к изменению моментов шкал времени, полученная МНК, характеризует значения частот стандарта Ч1-1006 в пунктах нахождения стандарта.

В п. Шебалино ход шкалы времени составил 1.75 нс на интервале времени 63900 секунд, что соответствует частоте  $2.736 \cdot 10^{-14}$ . На перевале Семинский ход шкалы времени стандарта составил 2.55 нс на интервале времени 23790 секунд, что соответствует частоте стандарта  $10.71 \cdot 10^{-14}$ . Таким образом, изменение частоты стандарта Ч1-1006, связанное с его перемещением от п. Шебалино на перевал Семинский, измеренное в системе вторичного эталона ВЭТ 1-19 составило  $7.964 \cdot 10^{-14}$ . Это основной результат эксперимента.

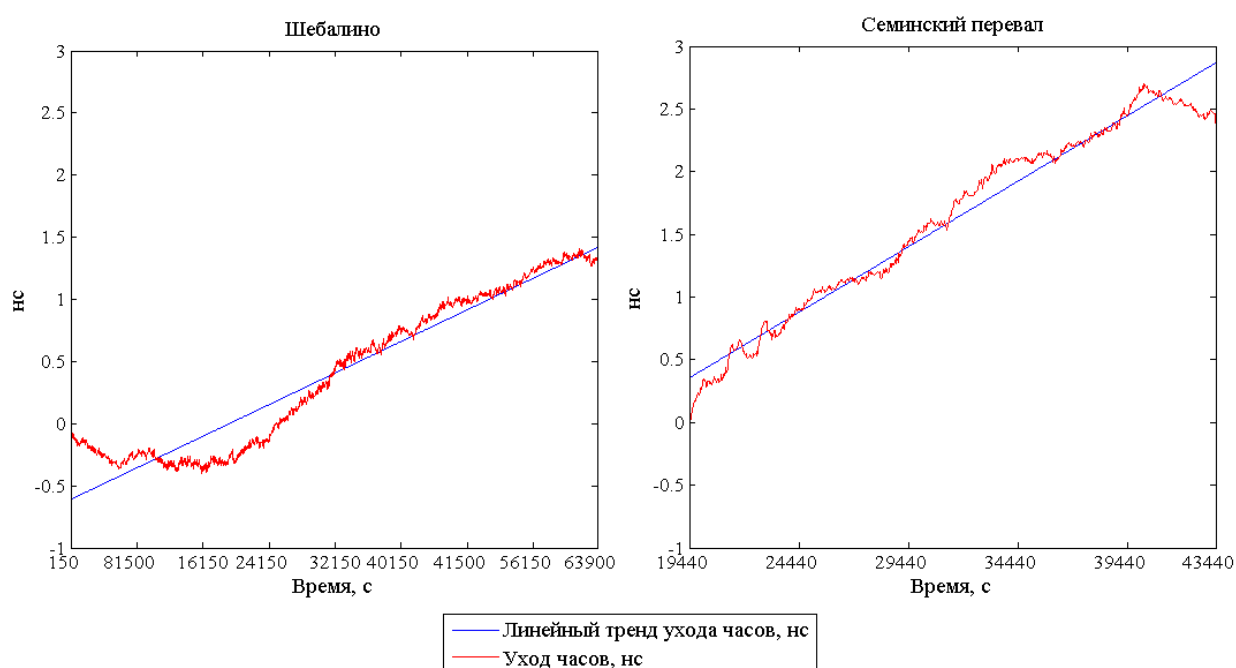


Рисунок 4 – Изменение частоты стандарта Ч1-1006 в п. Шебалино и на перевале Семинский

В эксперименте использовалась орбитальная группировка навигационных спутников GPS, радиовидимая одновременно в г. Новосибирск и в республике Алтай (п. Шебалино). Для обработки результатов траекторных измерений использовалось СПО, разработанное во ФГУП «СНИИМ».

4. Программный комплекс PVZ для расчета прогнозов параметров вращения Земли.

Также одной из задач, решаемых на базе пункта ГСВЧ является проведение регулярных определений параметров вращения Земли (ПВЗ) посредством спутниковых средств измерений.

Прогнозы рассчитываются на период в 90 дней (рисунок 5) и предоставляются в главный метеорологический центр ГСВЧ и в международную службу Международную службу вращения Земли (МСВЗ).

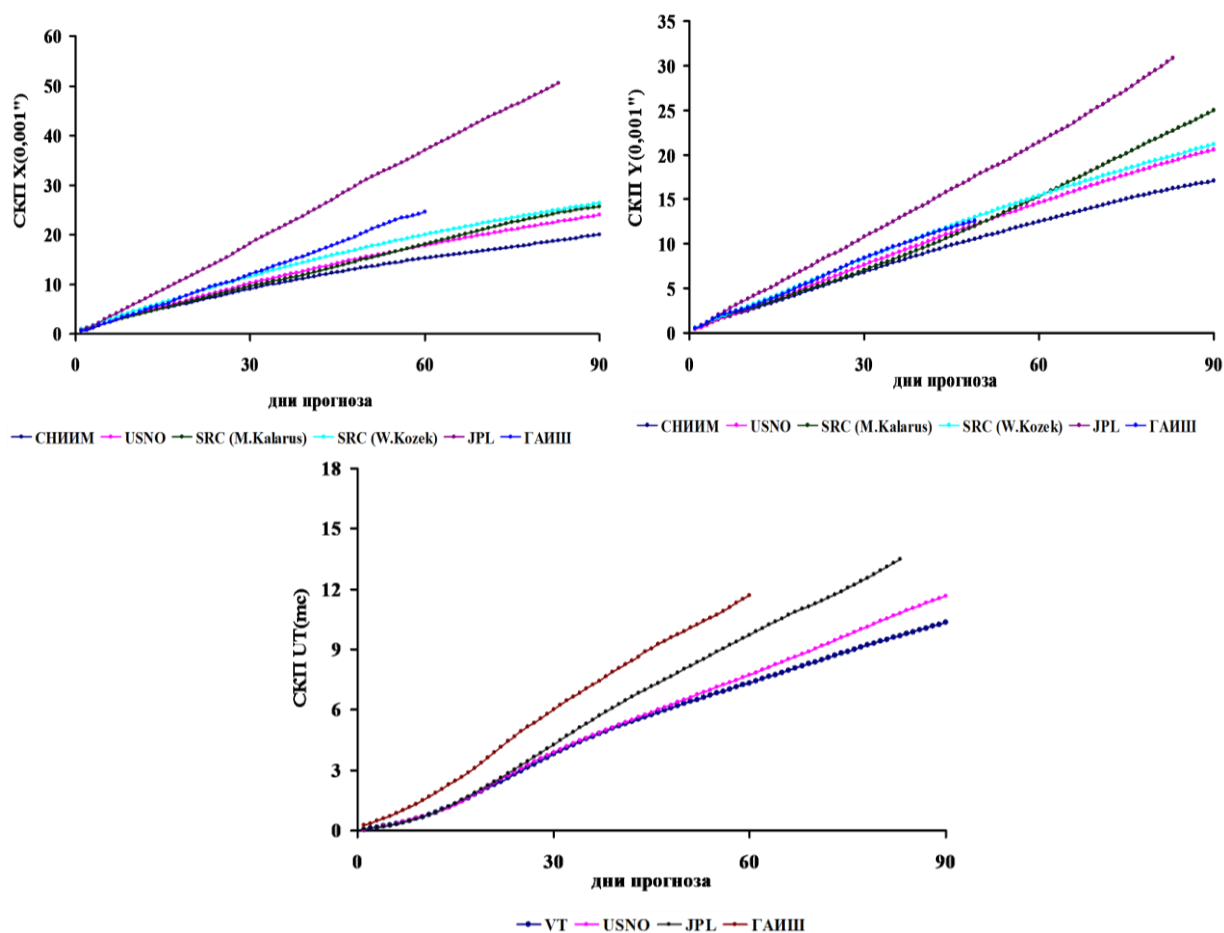


Рисунок 5 – Параметры вращения Земли на период в 90 дней, полученные в ФГУП «СНИИМ» и другими службами

Прогнозы, рассчитанные с помощью СПО PVZ, участвуют в международном проекте МСВЗ Earth Orientation Parameters Combination of Prediction Pilot Project (ЕОРСРРР, <http://maia.usno.navy.mil/eopcPPP/results.html>). Результаты сравнения прогнозов ПВЗ участников проекта ЕОРСРРР показали, что рассчитанные по

СПО PVZ прогнозы обладают высоким уровнем точности и достоверности (рисунок 6).

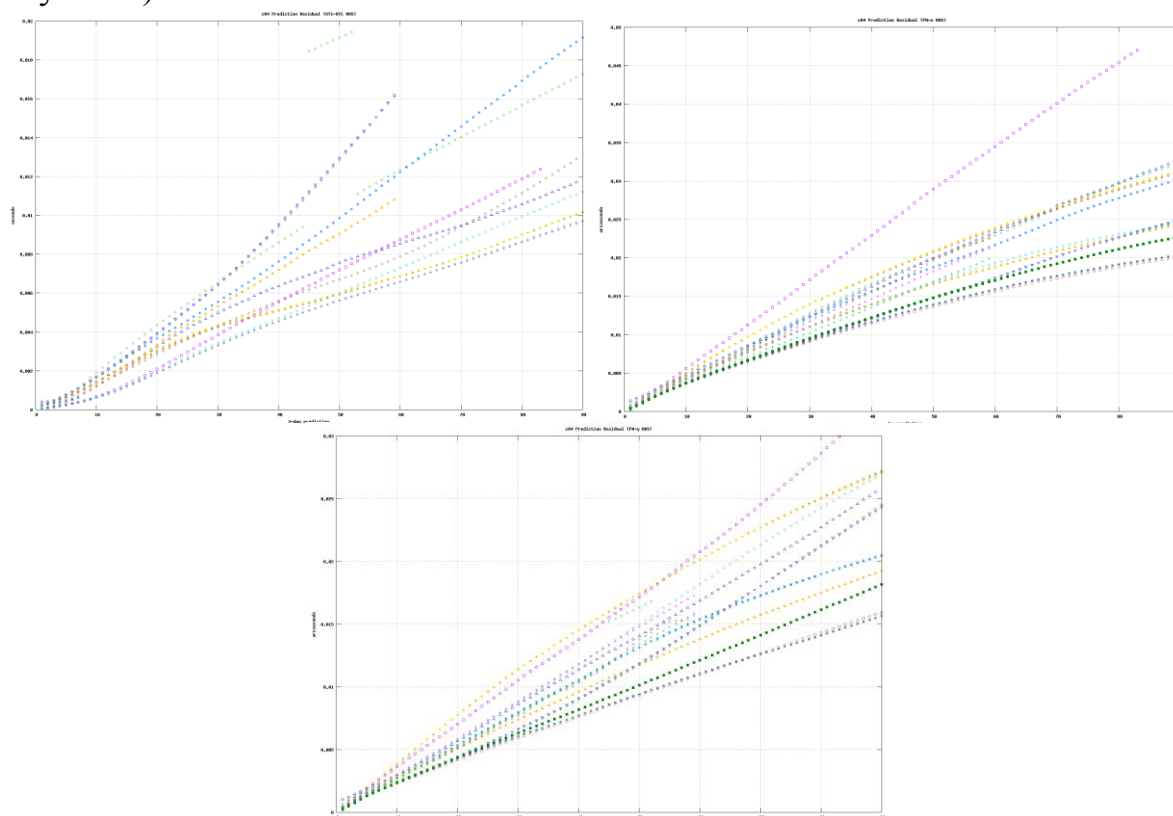


Рисунок 6 - Результаты сравнения по СКП (координат полюса X, Y и всемирного времени UT1) прогнозов участников проекта ЕОРСРРР