
ЧАСТЬ II. ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОГРЕШНОСТИ, МЕЖДУНАРОДНЫЕ АСПЕКТЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ШКАЛ ВРЕМЕНИ, СТАБИЛЬНОСТЬ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ

УДК 521.3,521.92

ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕЖДУНАРОДНЫХ ОПОРНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

С.Л. Пасынок

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.
тел. ++7-(495)-660-5725, pasynok@vniiftri.ru

В настоящее время точность характеристики определения параметров вращения Земли (ПВЗ, EOP) определяются из анализа разностей тех ПВЗ, погрешности которых нужно определить, и международных опорных значений ПВЗ, формируемых Международной службой вращения Земли и опорных систем координат (МСВЗ, IERS). Однако сами международные опорные значения ПВЗ обладают погрешностями по отношению к неизвестным точным значениям ПВЗ. В настоящей работе выполнена оценка этих погрешностей по различным источникам данных МСВЗ. Показано, что оценки погрешностей, выполненные по разностям значений ПВЗ исследуемых рядов и международных опорных значений МСВЗ, начиная с определённого порога требований к точности, больше свидетельствуют о том, насколько хорошо исследуемые значения ПВЗ согласуются с данными МСВЗ, чем о реальных погрешностях исследуемых ПВЗ, под которыми понимают их отклонения от точных значений.

Currently, the accuracy of the Earth orientation parameter determination characteristics (EOP) is determined as the analysis of difference of those EOP the errors of which are to be defined and international reference values of EOP formed by the International service of the Earth rotation and the coordinate reference systems (IERS). However, international reference values of EOP have errors with regard to unknown accuracy of EOP. The estimation of these errors on various data sources of IERS are evaluated in this work. It is shown that estimation errors carried out on differences between values of EOP of studied series and international reference values of IERS, starting from a certain threshold of the accuracy requirements indicate more about how well values under investigation of EOP are consistent with those of IERS than about real errors under investigation of EOP which are understood as their deviation from the accurate values.

Ключевые слова: определение параметров вращения Земли, опорные значения ПВЗ, СКО идеального ряда сравнений

Исследуемые данные, их параметры и характеристики погрешности

Под международными опорными данными ПВЗ в настоящей статье понимаются значения ПВЗ ряда EOPC04, продолженные значениями бюллетеня *finals.daily*. Поскольку методика формирования оперативных международных значений ПВЗ такова [1], что в качестве систематически несмещён-

Альманах современной метрологии, 2017, № 10

ных принимаются последние значения ряда ЕОРС04, то такое продолжение не вносит скачка в систематическом отношении в такой ряд.

При оценке погрешности этих данных важно учитывать *срочность* формируемых данных, под которой понимается удаление момента определения ПВЗ от момента, на который определяются ПВЗ. Например, если ПВЗ определяются в 7 часов утра текущих суток на момент 7 часов утра предшествующих суток, то срочность этих данных о ПВЗ равна 1 суткам. Поскольку данные из разных источников поступают с различными задержками, а учёт систематических погрешностей нуждается в проведении анализа поведения различных данных на длительных интервалах времени, то с увеличением срочности (как правило) растёт и точность определяемых значений ПВЗ.

Кроме того, при оценке точности по совокупности разностей исследуемых и опорных данных фиксированной срочности важен и *объём выборки* данных, подвергаемых проверке. Это связано с тем, что систематическое поведение этих разностей имеет длиннопериодические составляющие. Кроме того, на малых объёмах выборки усиливается влияние отдельных выбросов. Всё это приводит к изменению величины систематической и случайной составляющих и соотношения между ними для разных объёмов данных о ПВЗ с течением времени. В качестве примера на рисунке 1 приведены СКО значений UT1-UTC МСВЗ (серии ЕОРС04) срочности более года и с объёмами выборки месяц (красные столбцы) и год (синие столбцы), вычисленные по данным о суточных погрешностях данных МСВЗ, публикуемых в серии ЕОРС04.

Также, если использовать опорные данные МСВЗ для оценки точности, то важно, когда эта оценка проводится. Ведь при оперативной работе имеются опорные данные МСВЗ только той же срочности, что и анализируемые данные. Но точность оперативных опорных данных МСВЗ ниже, чем точность окончательных опорных данных МСВЗ. Соответственно и оперативная оценка точности будет занижена в сравнении с той же оценкой, проведённой большое время спустя, когда данные МСВЗ на эти даты достигают своих окончательных значений. В настоящей работе проводится апостериорная оценка данных (т.е. когда ПВЗ МСВЗ достигли своих окончательных значений) и для объёма выборки один год (т.е. для вычисления оценки погрешности каждого значения использовалось 365 или 366 данных измерений, полученных в течение года).

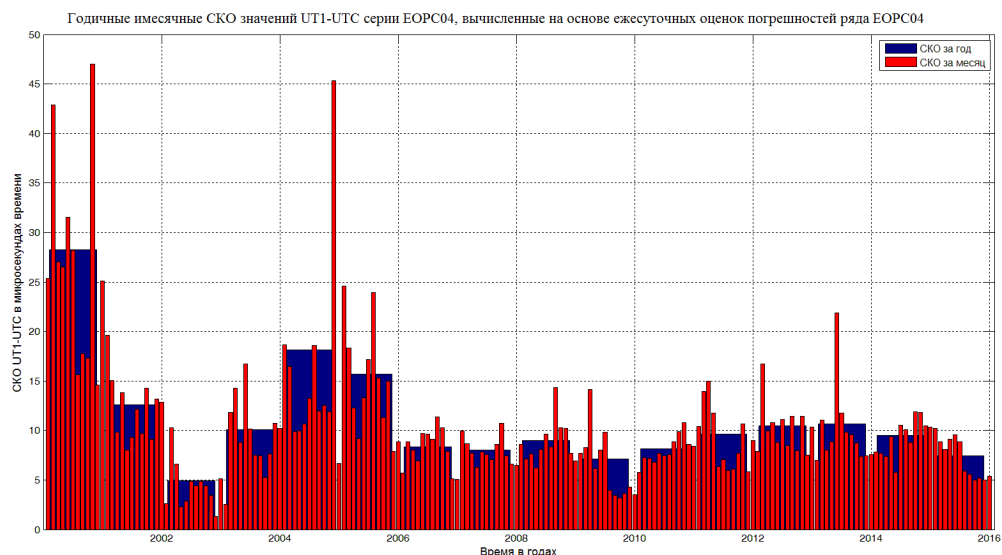


Рис. 1. СКО значений UT1-UTC МСВЗ (серии EOPC04) срочности более года и для значений объёма выборки месяц (красные столбцы) и год (синие столбцы)

Для того, чтобы подавить влияние отдельных выбросов в качестве характеристики погрешности часто используется так называемое *взвешенное среднеквадратическое отклонение* (WRMS, ВСКО):

$$S_{Wx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N w_i (X_i - X_{EOPC04})^2}{\sum_{i=1}^N w_i}} \quad (1)$$

Величина ВСКО зависит от того, каким именно образом выбираются веса, поэтому в метрологических оценках его, как правило, не используют. Однако, при оценке погрешности ПВЗ его используют довольно часто, иногда опуская слово «взвешенное». Следует отметить, что для типичных правил назначений весов и типичных погрешностей определения ПВЗ ВСКО примерно в 1,2 -1,5 раз меньше, чем СКО, и близко к другой характеристике – среднему значению СКО, характеризующему среднее значение рассеяния результатов измерений.

В настоящей работе будет использоваться только понятие СКО одного измерения, формула для которого определяется в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011, согласно:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (X_j - X_{EOPC04})^2}{N-1}}, \quad (2)$$

а ВСКО и среднее СКО использоваться не будут, поскольку с точки зрения службы ПВЗ среднее рассеяние измерений не столь важно, а важна характеристика рассеяния одного измерения, которое было сформировано службой. Оценка вклада в СКО неисключённой систематической погрешности (НСП) Θ в суммарное СКО оценивалась в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011 по формулам:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_x^2 + S_{\Theta}^2}, \quad \text{где } S_{\Theta}^2 = \Theta^2 / 3. \quad (3)$$

Оценка СКО международных опорных данных о ПВЗ годовой срочности и объёма на основе данных о суточных погрешностях, публикуемых МСВЗ

Международные опорные данные о ПВЗ годовой срочности и выше являются *окончательными данными о ПВЗ МСВЗ* и практически не испытывают значительных поправок или коррекций, за исключением очень небольших тренда и смещения, которые вводятся при переходе к новой реализации международной земной координатной основы (МЗКО, ITRF), публикуются МСВЗ и всегда могут быть учтены. Согласно с резолюцией № 9 Генеральной конференции Международного бюро мер и весов (CGPM) 24 созыва международная земная координатная основа ITRF принята как единая международная земная координатная основа для всех метрологических работ. Из этой резолюции сразу же следует, что окончательные данные о ПВЗ МСВЗ должны играть роль принятых опорных значений для всех метрологических оценок точности любых анализируемых данных о ПВЗ. Однако сами эти значения содержат не только систематическую составляющую, которая по соглашению принимается равной нулю, но и случайную составляющую. Пренебрежение этим обстоятельством может привести к парадоксальным результатам, когда СКО анализируемого ряда вдруг оказывается меньше, чем СКО окончательных данных МСВЗ, с которыми производится сравнение. Разумеется, это не означает, что анализируемый ряд имеет точность выше, чем точность окончательных данных МСВЗ, а только то, что его случайная составляющая *коррелирована* в той или иной степени со случайной составляющей окончательных данных МСВЗ. Причиной возникновения такой корреляции может быть использование полностью или частично совпадающих массивов исходных данных и/или полное или частичное соответствие алгоритмов обработки и анализа данных. Для оценки предельного СКО разностей анализируемых значений ПВЗ и СКО разностей окончатель-

ных данных о ПВЗ МСВЗ в настоящей работе будут рассматриваться СКО гипотетического ряда, который будет здесь называться *идеальным рядом сравнения*. Этот идеальный ряд сравнения по систематической составляющей будем считать полностью совпадающим с данными о ПВЗ МСВЗ, а по случайной составляющей полностью некоррелированным с окончательными данными МСВЗ и имеющим такое суммарное значение СКО. Ясно, что когда СКО разностей между значениями ПВЗ анализируемого ряда и окончательными данными о ПВЗ МСВЗ начинает становиться меньше, чем СКО разностей значений ПВЗ идеального ряда сравнения и окончательных данных о ПВЗ МСВЗ, то это означает, что СКО этих разностей теряет своё значение как характеристики погрешности измерения и приобретает смысл характеристики *степени согласованности* данных о ПВЗ анализируемого ряда и окончательных данных о ПВЗ МСВЗ. Далее СКО разностей между значениями ПВЗ идеального ряда сравнения и окончательными данными о ПВЗ МСВЗ здесь будем называть *СКО идеального ряда сравнения*.

Следует заметить, что поскольку окончательные данные МСВЗ формируются МСВЗ и используются как опорные значения, то оценка их точности может быть проведена только следующими способами: либо на основании суточных погрешностей, которые определяются и публикуются в серии ЕОРС04 МСВЗ; либо на основании сравнения с данными других Центров анализа МСВЗ, которые также формируют сходные данные о ПВЗ. Метод поэлементной оценки погрешности применить не представляется возможным из-за большой сложности и отсутствия точного описания процедуры определения окончательных значений ПВЗ МСВЗ.

Автором настоящей статьи была проведена оценка СКО первым методом. Оценка вторым методом периодически проводится самой МСВЗ, и данные публикуются в годовых отчётах МСВЗ (IERS Annual Reports). Результаты оценки СКО первым методом показаны на рисунках жёлтыми столбцами, результаты для вышеупомянутого идеального ряда сравнения показаны синими столбцами, а результаты данных годового отчёта для бюллетеня *finals.all* из годовых отчётов МСВЗ показаны красными узкими столбцами. На эти рисунки не вынесены данные за 2016 год, поскольку на момент написания настоящей статьи годовой отчёт за 2016 год ещё не был опубликован.

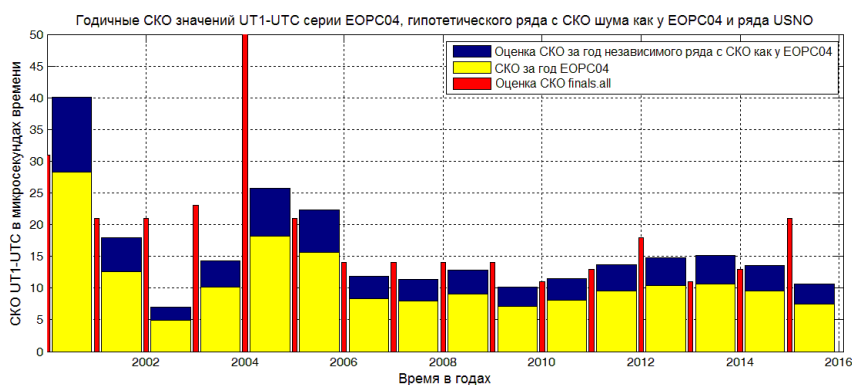


Рис. 2. Оценка СКО окончательных значений UT1-UTC МСВЗ (жёлтый цвет); СКО, оцененные по разностям ПВЗ идеального ряда сравнения и окончательных данных МСВЗ (синий цвет) и СКО, оцененные по разностям окончательных данных Военно-морской обсерватории США (USNO, finals.all) и окончательных данных МСВЗ (красный цвет)

Сравнение данных о всемирном времени (рисунок 2) показывает хорошее согласие различных оценок между собою, а также близость окончательных данных о всемирном времени, формируемых USNO, к идеальному ряду сравнения. Однако, по координатам земного полюса наблюдается та самая ситуация, когда СКО, оцененные по разностям, оказываются меньше СКО окончательных данных МСВЗ. Оценка коэффициента корреляции случайной составляющей этих данных и данных МСВЗ даёт среднее значение коэффициента корреляции около 0,8. После учёта коэффициента корреляции оценка СКО данных USNO по разностям для координат земного полюса по отношению к СКО окончательных данных МСВЗ начинает вести себя примерно так же, как и для всемирного времени.

На рис. 4 не показаны СКО данных finals.all для небесного полюса, поскольку данные о небесном полюсе стали публиковаться сравнительно недавно, и их опубликованных в годовом отчёте МСВЗ значений за весь изображённый промежуток времени не имеется. Аналогичная оценка первым методом была проведена и для 2016 года. В результате были определены следующие значения погрешностей, приведенные в таблице 1.

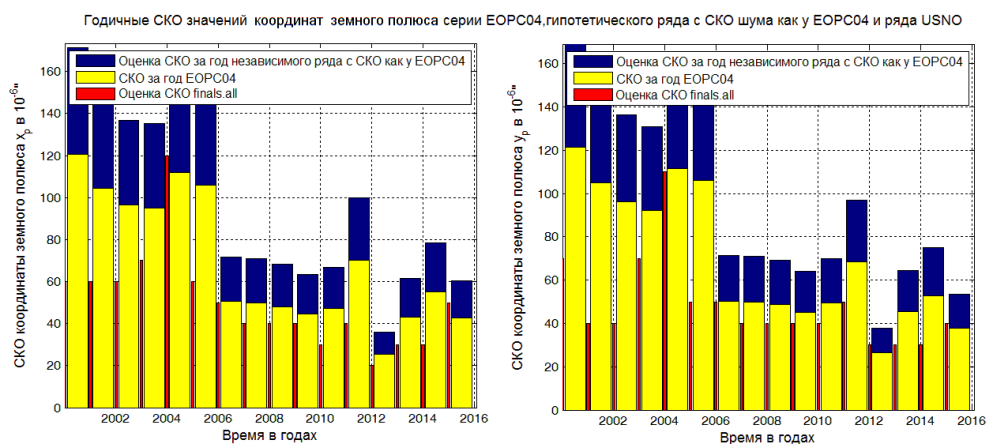


Рис. 3. Оценка SKO окончательных значений координат земного полюса МСВЗ (жёлтый цвет); SKO, оцененные по разностям ПВЗ идеального ряда сравнения и окончательных данных МСВЗ (синий цвет) и SKO, оцененные по разностям окончательных данных Военно-морской обсерватории США (USNO, finals.all) и окончательных данных МСВЗ (красный цвет)

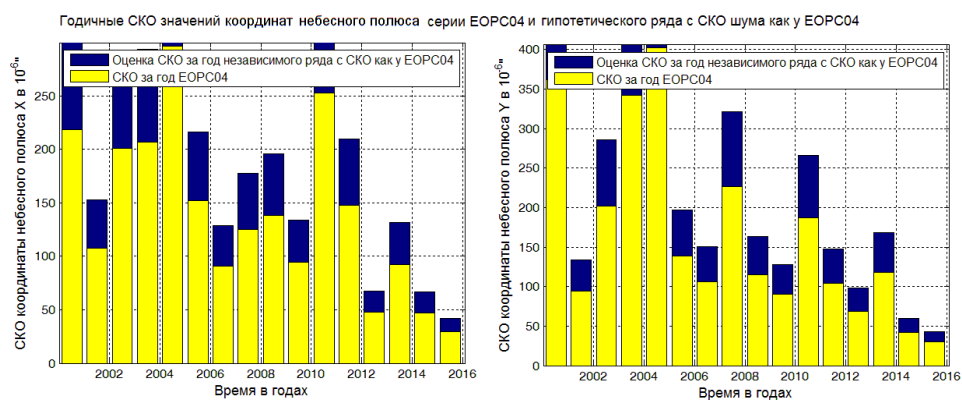


Рис. 4. Оценка SKO окончательных значений координат небесного полюса МСВЗ (жёлтый цвет); SKO, оцененные по разностям ПВЗ идеального ряда сравнения и окончательных данных МСВЗ (синий цвет)

Таблица 1

СКО окончательных данных МСВЗ и СКО идеального ряда сравнения

Ряд	Метод оценки	x_p ($10^{-6}''$)	y_p ($10^{-6}''$)	UT1-UTC (мкс)	X_c ($10^{-6}''$)	Y_c ($10^{-6}''$)
Окончательные данные о ПВЗ МСВЗ	Вычисление СКО по опубликованным суточным погрешностям	39	38	6	32	32
Идеальный ряд сравнения	Вычисление СКО разностей с окончательными данными МСВЗ по опубликованным суточным погрешностям	55	53	8	42	43

Оценка СКО международных опорных данных о ПВЗ до семинедельной срочности и годового объёма на основе данных о суточных погрешностях, публикуемых МСВЗ

Приведённые в предыдущем пункте высокие оценки точности относятся к окончательным данным о ПВЗ МСВЗ, которые приобретают практически неизменный вид на срочностях более 2 месяцев (эта граница может меняться в зависимости от того, что понимать под словосочетанием «практически неизменный», см. также рис. 11). Однако оперативная служба ПВЗ не работает в таком режиме.

Например, в России роль национальной службы определения параметров вращения Земли выполняет Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ). Это межведомственная организация, объединяющая усилия предприятий различных министерств и ведомств, направленные на определение параметров вращения Земли и обеспечение единства измерений в этой части. Руководство этой деятельностью, согласно Постановлениям Правительства РФ № 225 и № 323, осуществляет Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ). Результаты геодезических измерений с пунктов РОСКОСМОСА, РАН, РОССТАНДАРТА и других ведомств стекаются в центры обработки и анализа данных (ЦОАД), роль которых играют ИАЦ ГЛОНАСС и ЦУП ЦНИИМАШ, ИПА РАН, ИНАСАН, ГМЦ ГСВЧ, в которых проводится обработка измерений и определяются значения параметров вращения Земли по каждому из видов измерений (РСДБ, ГНСС, СЛД). Все полученные результаты стекаются в Главный метрологический центр (ГМЦ) ГСВЧ, на который, согласно Постановлениям Правительства РФ № 225 и № 323, возложена обязанность по формированию и выдаче (опорных) дан-

ных о параметрах вращения Земли (ПВЗ). Основные данные ПВЗ ГСВЧ соответствуют срочностям от одних суток до семи недель [2].

Результаты оценки точности оперативных данных МСВЗ, которые доступны потребителю в таком оперативном режиме, вычисленные по суточным погрешностям оперативных данных МСВЗ, опубликованных в оперативных данных МСВЗ за 2016 год, показаны на следующих рисунках.

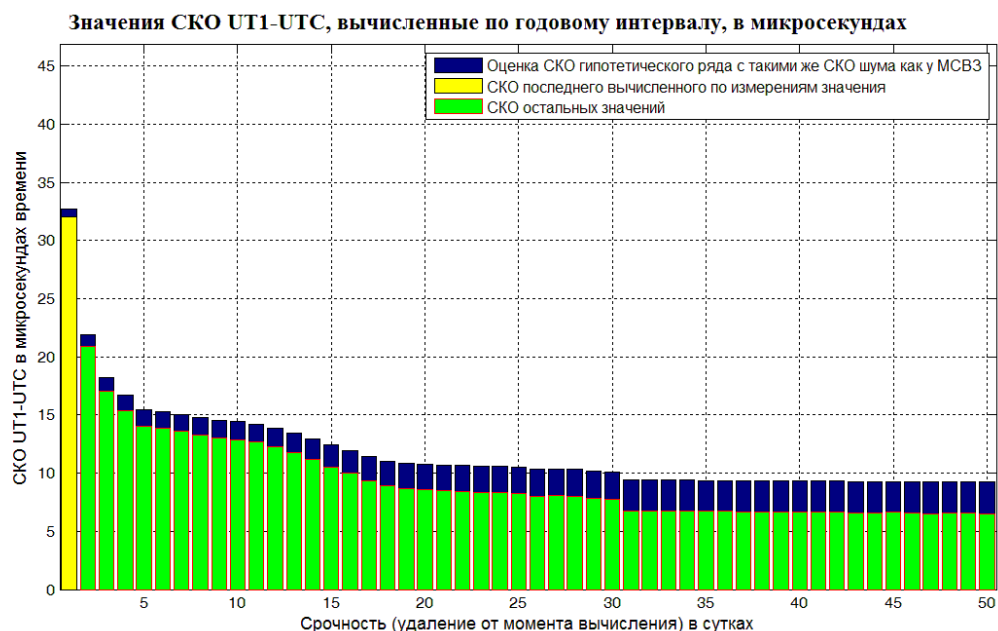


Рис. 5. Оценка СКО оперативных значений UT1-UTC МСВЗ (жёлтый и зелёный цвета) и СКО, оцененные по разностям оперативных данных о ПВЗ МСВЗ и идеального ряда сравнения (синий цвет)

Рисунок для СКО координат земного полюса, вычисленных по суточным погрешностям, публикуемых в данных МСВЗ нуждается в некотором пояснении. Дело в том, что USNO оценивает свои погрешности ниже, чем EOP PC. Поэтому между оценкой USNO и EOP PC в промежутке срочностей от 30 до 35 суток наблюдается некоторое возрастание оценки погрешности. Это возрастание не резкое, поскольку данные EOPC04 обрываются в различные сутки на различных значениях срочности, что и приводит к графику, изображённому на рис. 6.

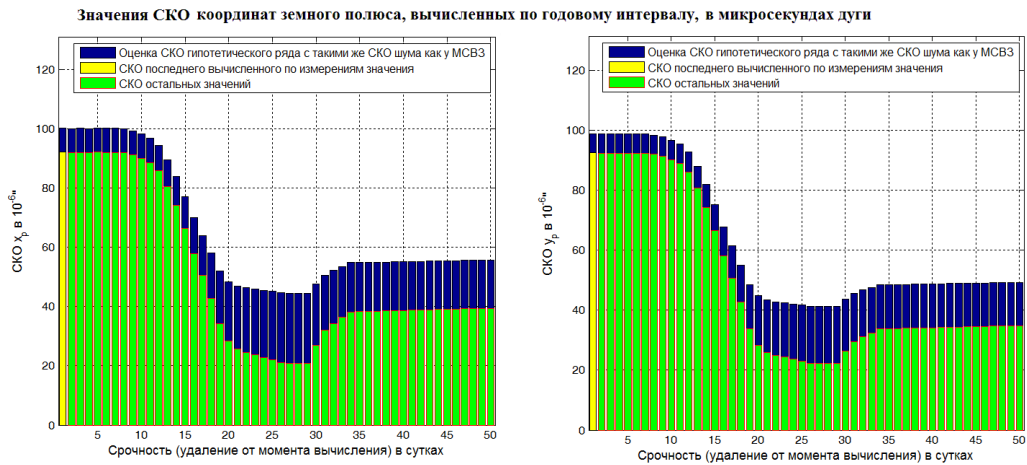


Рис. 6. Оценка СКО окончательных значений координат земного полюса МСВЗ (жёлтый и зелёный цвета) и СКО, оцененные по разностям оперативных данных о ПВЗ МСВЗ и идеального ряда сравнения (синий цвет)

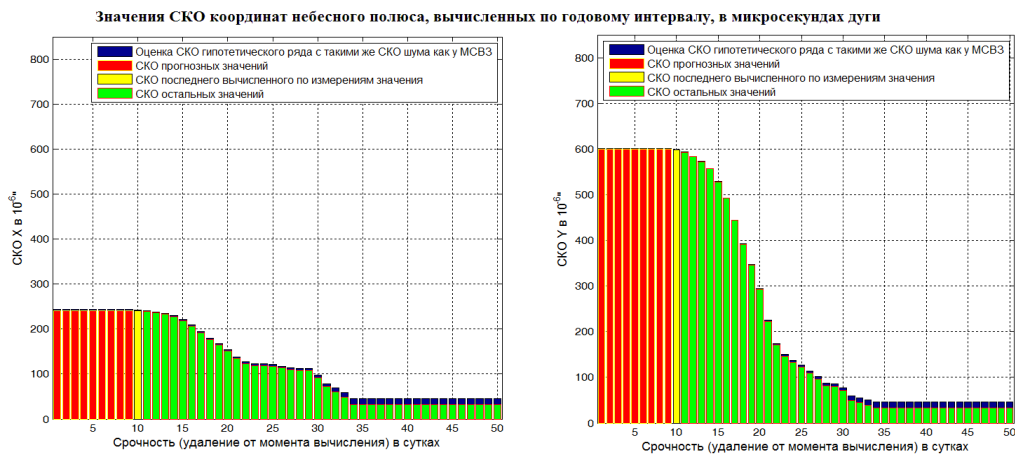


Рис. 7. Оценка СКО окончательных значений координат небесного полюса МСВЗ (красный, жёлтый и зелёный цвета) и СКО, оцененные по разностям оперативных данных о ПВЗ МСВЗ и идеального ряда сравнения (синий цвет)

Также следует пояснить, что соответствующие прогнозу красные значения на рисунке 7 появились из-за того, что углы нутации определяются только по суточным сессиям РСДБ измерений и поэтому на момент вычисления ПВЗ для значений срочности от одних суток до девяти имеется только прогноз.

Видно, что эти оценки значительно отличаются от оценки СКО окончательных данных МСВЗ (см. таблицу 1).

Оценка СКО международных опорных данных о ПВЗ до семинедельной срочности и годового объёма на основе сравнения с окончательными данными МСВЗ

Поскольку оценки предыдущего пункта оперативных данных МСВЗ являются оценками по внутренней сходимости, то их можно принимать только как приблизительную оценку реальных погрешностей. Для того, чтобы уточнить эту оценку, необходимо провести их сравнение с окончательными данными МСВЗ, которые и являются принятыми опорными значениями. Для этого бюллетень *finals.daily* и ряд ЕОРС04, публикуемые МСВЗ за каждые сутки, сохранялись и накапливались в базе данных ГМЦ ГСВЧ в течение года. Это было необходимо, поскольку эти файлы каждый следующий день заменяются новыми, и если их не сохранять и не накапливать, то нельзя сказать, какими же они были на даты из анализируемого промежутка времени. Потом для каждой даты были образованы разности между опубликованными на эту дату значениями бюллетеня *finals.daily* и ряда ЕОРС04. Коррелированная часть случайной погрешности оперативных данных МСВЗ и окончательных данных МСВЗ в этой разности уничтожалась. Поэтому разности для значений срочности 200 суток и более практически равны нулю. По полученным разностям оценивалась некоррелированная часть случайной составляющей и систематическое отклонение. Следует сразу отметить, что те даты, на которые по каким-либо причинам информация МСВЗ задерживалась, не были включены в общую оценку.

Поскольку полученное систематическое смещение выявляется апостериори, то при проведении оценок в оперативном режиме оно рассматривается как НСП и его вклад в суммарное СКО вычислялся в соответствии с (3). Оценка погрешностей оперативных значений всемирного времени МСВЗ за 2016 год показана на рис. 8.

Видно, что эта оценка почти вдвое хуже, чем оценка, полученная по внутренней сходимости и представленная на рис. 5, для значений срочности от одних суток до тридцати трёх. Значения СКО для координат земного и небесного полюсов показаны на рисунках 9 и 10. В таблицах 2 и 3 приведены численные значения СКО оперативных данных МСВЗ в зависимости от их срочности, а также СКО разностей окончательных данных МСВЗ и значений идеального ряда сравнения и в зависимости от их срочности. СКО оперативных данных МСВЗ заметно больше СКО окончательных данных. Погрешность окончательных данных практически выходит на свои окончательные значения только для срочностей 160 суток и более. Этот факт иллюстрирует рис. 11, на котором изображены результаты оценки погрешностей оперативных значений UT1-UTC МСВЗ и идеального ряда сравнения,

выполненная по сравнению с окончательными данными МСВЗ для 2016 года, для значений срочности до 270 суток включительно.

Выводы

Прежде всего следует подчеркнуть, что все здесь приведенные оценки выполнены на основе данных МСВЗ. Объём выборки значений ПВЗ, используемых для оценок, составлял один год (значения, полученные при других объёмах выборки могут отличаться от полученных в этой работе).

По этим данным была проведена оценка погрешностей данных МСВЗ различной срочности. Показано, что значения погрешностей достигают значений погрешностей окончательных данных, приведенных в таблице 1, только спустя примерно 160 суток (см. рис. 11).

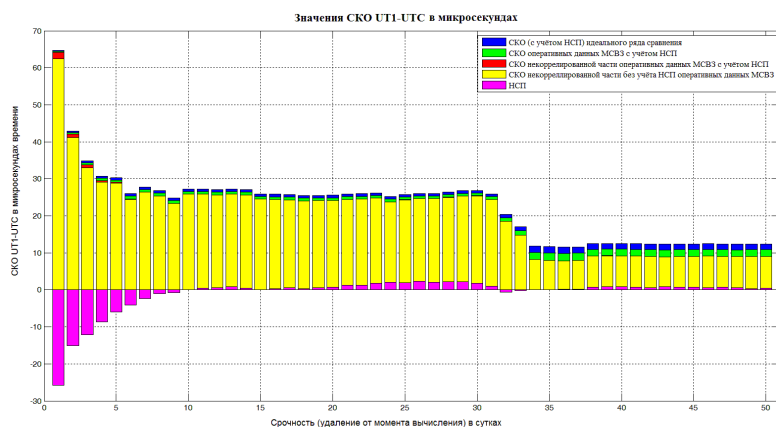


Рис. 8. Оценка погрешностей оперативных значений UT1-UTC МСВЗ и идеального ряда сравнения, выполненная по сравнению с окончательными данными МСВЗ для 2016 года

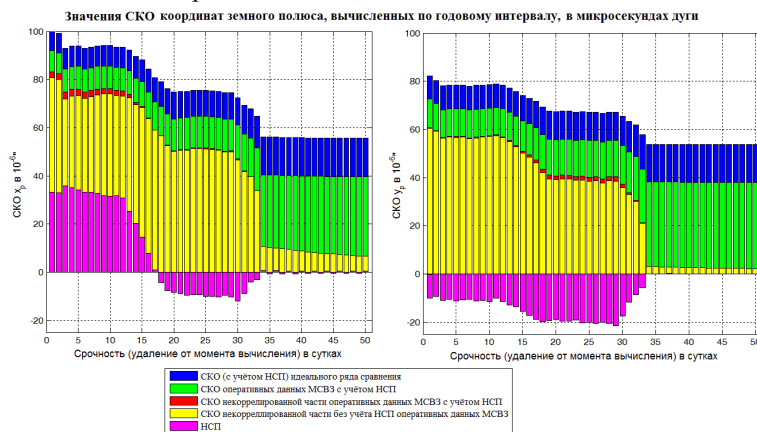


Рис. 9. Оценка погрешностей оперативных значений координат земного полюса МСВЗ и идеального ряда сравнения, выполненная по сравнению с окончательными данными МСВЗ для 2016 года

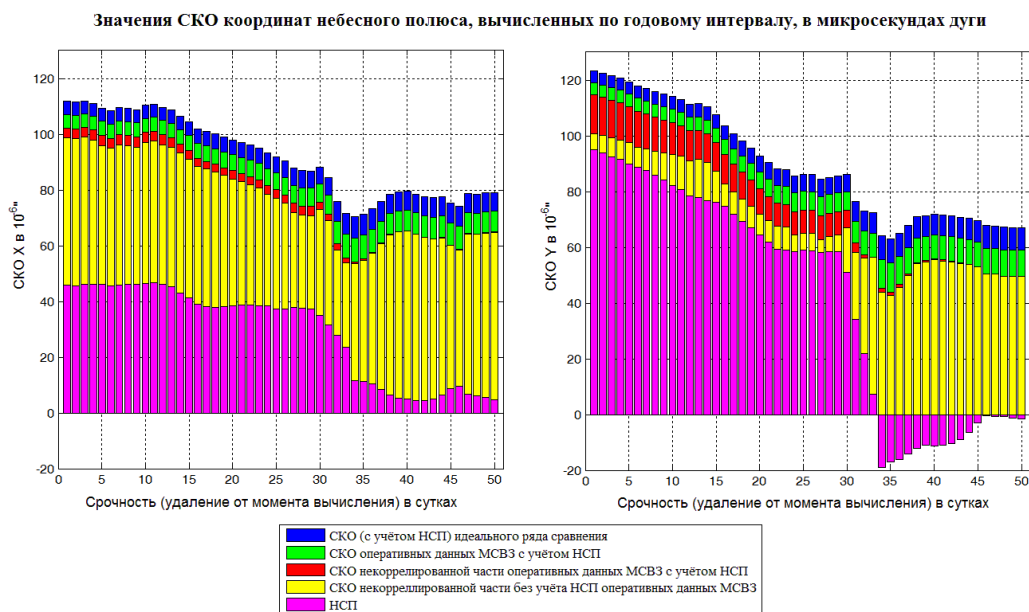


Рис. 10. Оценка погрешностей оперативных значений координат небесного полюса МСВЗ и идеального ряда сравнения, выполненная по сравнению с окончательными данными МСВЗ для 2016 года

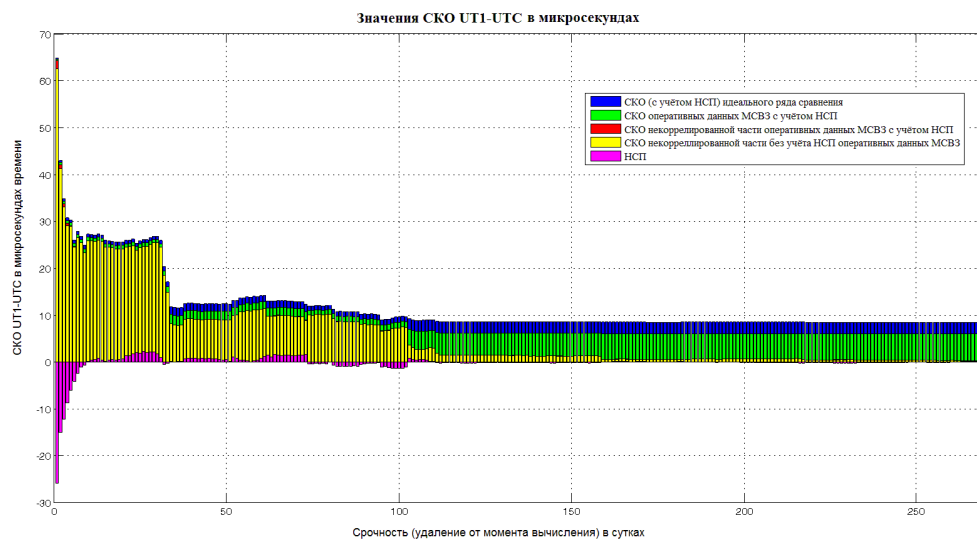


Рис. 11. Оценка погрешностей оперативных значений UT1-UTC МСВЗ и идеального ряда сравнения, выполненная по сравнению с окончательными данными МСВЗ для 2016 года и значений срочности до 270 суток включительно

Таблица 2

СКО оперативных данных МСВЗ в зависимости от их срочности

Срочность (сутки)	x_p (10^{-6} ")	y_p (10^{-6} ")	UT1- UTC (мкс)	X (10^{-6} ")	Y (10^{-6} ")
1	98	74	64	107	119
2	91	71	42	107	118
3	84	68	34	107	117
4	85	69	30	106	116
5	85	69	30	105	115
6	84	69	25	104	113
7	85	68	27	105	112
8	85	68	26	104	111
9	86	69	24	104	110
10	86	69	27	106	109
11	85	69	27	106	109
12	85	68	26	105	107
13	84	67	27	104	107
14	81	65	26	102	106
15	79	64	25	99	103
16	75	62	25	97	99
17	71	61	25	96	95
18	69	58	25	95	93
19	66	56	25	94	90
20	64	56	25	93	87
21	64	56	25	92	85
22	64	56	25	91	82
23	65	55	26	90	82
24	65	56	25	88	79
25	65	55	25	86	80
26	64	55	25	85	80
27	64	55	25	82	78
28	64	55	26	81	79
29	64	55	26	81	79
30	61	53	26	82	80
31	57	51	25	78	69
32	56	49	19	69	66
33	52	44	16	64	65
34	40	38	10	63	55
35	40	38	10	64	54
36	40	38	10	66	57
37	40	38	10	69	60
38	40	38	11	72	63
39	40	38	11	72	64
40	40	38	11	73	64
41	40	38	11	72	64
42	40	38	11	71	64
43	40	38	11	70	63

Таблица 2 продолжение

44	40	38	11	71	63
45	40	38	11	68	62
46	40	38	11	67	60
47	40	38	11	72	60
48	40	38	11	72	59
49	40	38	11	72	59

Таблица 3

СКО разностей окончательных данных МСВЗ и значений идеального ряда сравнения в зависимости от срочности последних

Срочность (сутки)	x_p ($10^{-6}''$)	y_p ($10^{-6}''$)	UT1-UTC (мкс)	X ($10^{-6}''$)	Y ($10^{-6}''$)
1	105	82	65	112	123
2	99	80	43	112	122
3	93	78	35	112	122
4	94	78	31	111	121
5	94	78	30	109	119
6	93	78	26	108	118
7	93	78	28	110	117
8	94	78	27	109	116
9	94	78	25	109	115
10	94	79	27	110	114
11	94	79	27	111	113
12	93	78	27	110	111
13	92	77	27	109	112
14	90	76	27	107	110
15	88	74	26	104	108
16	84	73	26	102	104
17	81	72	26	101	101
18	79	69	26	100	98
19	76	68	26	99	96
20	75	67	26	98	93
21	75	68	26	97	90
22	75	68	26	96	88
23	76	67	26	95	88
24	76	67	25	93	86
25	75	67	26	92	86
26	75	67	26	90	86
27	75	67	26	88	84
28	75	67	26	87	85
29	75	67	27	87	86
30	72	65	27	88	86
31	69	63	26	84	76
32	68	62	20	76	73

Таблица 3 продолжение

33	65	58	17	72	72
34	56	54	12	70	64
35	56	54	12	71	63
36	56	54	12	73	65
37	56	54	12	76	68
38	56	54	12	78	71
39	56	54	13	79	71
40	56	54	13	80	72
41	56	54	12	79	72
42	56	54	12	78	71
43	56	54	12	77	71
44	56	54	12	77	70
45	56	54	12	75	70
46	56	54	12	74	68
47	56	54	12	79	68
48	56	54	12	78	67
49	56	54	12	79	67

Показано, что значения погрешностей оперативных данных сильно зависят от срочности, поэтому при строгом анализе погрешностей необходимо указывать срочность данных о ПВЗ. Получены оценки СКО разностей значений ПВЗ идеального ряда сравнения и окончательных данных МСВЗ. Если требования к определяемым ПВЗ становятся выше, чем эти величины, которые для 2016 года приведены в таблице 3, то это означает наличие коррелирующей части в суммарном СКО. Для оперативных данных небольшого выигрыша можно добиться за счёт повышения оперативности. Например, в 2016 году данные о всемирном времени, публикуемые ГМЦ ГСВЧ в бюллетенях Q, для срочности в одни сутки и годового объёма выборки имеют СКО в 62 микросекунды в отличии от 64 микросекунд для данных МСВЗ той же срочности. По мнению автора настоящей статьи, этого удалось добиться за счёт ведения оперативной службы определения ПВЗ в строго ежесуточном режиме, в том числе в выходные и праздничные дни, благодаря чему оперативность данных оказалась несколько выше.

Литература.

1. McCarthy D.D. and Luzum B.J. Combination of Precise Observations of the Orientation of the Earth, *Bulletin Géodésique*, 65, 22, 1991.
2. Кауфман М. Б. Точные методы измерения параметров вращения Земли в интересах навигационно-временных определений // Точные измерения для высоких технологий. Монография, ФГУП «ВНИИФТРИ» – Менделеево, 2008, 80–118.