

---

**Нормативные аспекты метрологии**

**УДК 621.371**

**КАЛИБРОВОЧНЫЕ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ  
РОССИИ В ОБЛАСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ**

**А.Л. Капитонов**

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл., e-mail: kapitonoff@vniiftri.ru.

*В статье рассмотрены нормативные и практические аспекты обеспечения выполнения калибровок в области измерений времени и частоты в соответствии с опубликованными в международной базе данных KCDV в области измерений времени и частоты TF калибровочных и измерительных возможностей СМС России [1-3]*

*Ключевые слова: измерение времени и частоты, калибровка, неопределенность, прослеживаемость*

**Введение**

Впервые Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени (ГЭВЧ), воспроизводящий основную единицу времени – секунду был аттестован межведомственной комиссией и утвержден Госстандартом СССР в 1967 году с погрешностью воспроизведения единиц времени  $1,0 \cdot 10^{-11}$ . В состав ГЭТ 1 – 1967 вошли водородные стандарты частоты и кварцевые часы, которые были разработаны во ВНИИФТРИ. Одновременно была разработана аппаратура формирования рабочих шкал времени, аппаратура внешних сличений, средства обеспечения эталона, разработаны методы вычисления шкал атомного и координированного времени.

Последующие поколения ГЭВЧ демонстрируют устойчивый рост точности и стабильности эталона. В 1975 году во ВНИИФТРИ был разработан и введен в состав ГЭВЧ метрологический цезиевый репер частоты МЦР 101. С тех пор ГЭВЧ воспроизводит единицу времени – секунду в полном соответствии с ее определением в системе СИ как интервал времени, равный 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия–133.

Рост требований к точности ГЭВЧ со стороны потребителей в народном хозяйстве, науке и обороне привели к необходимости непрерывно вести исследования и разработки новой, более точной аппаратуры. К таким исследованиям и разработкам стали привлекаться специалисты Физического института Академии наук и ведомственных институтов (НИИПИ «Кварц», РИРВ и др.). Все эти работы проводились под руководством и при активном участии ФГУП «ВНИИФТРИ» [4, 5].

Основные этапы совершенствования и метрологические характеристики ГЭВЧ 1967 – 2012 гг. отражены в таблице.

Таблица

Дата	$S_0$	$\Theta_0$	$\delta t_{\text{сп}}$
1967 г	$1,0 \cdot 10^{-11}$	—	200 мкс
1974 г	$3,0 \cdot 10^{-12}$	$1,0 \cdot 10^{-11}$	от 2 до 5 мкс
1977 г	$1,0 \cdot 10^{-13}$	$1,0 \cdot 10^{-12}$	2 мкс
1983 г	$5,0 \cdot 10^{-14}$	$2,0 \cdot 10^{-13}$	1 мкс
1998 г	$1,0 \cdot 10^{-14}$	$5,0 \cdot 10^{-14}$	20 нс
2012 г	$5,0 \cdot 10^{-16}$	$5,0 \cdot 10^{-15}$	10 нс

где:

- $S_0$  – погрешность воспроизведения единиц времени и частоты;
- $\Theta_0$  – относительная неисключенная систематическая погрешность воспроизведения размеров единиц;
- $\delta t_i$  – погрешность сличений шкал времени.

**Направления стандартизации в области измерений времени и частоты**

Одним из ведущих направлений стандартизации в области измерений времени и частоты является разработка нормативно–технической документации (НТД). Главной целью международного сотрудничества России по стандартизации в области измерений времени и частоты является гармонизация, т.е. согласование, увязка национальных стандартов с международными, региональными и прогрессивными национальными стандартами зарубежных стран в целях повышения научно–технического уровня российских стандартов, качества отечественной продукции и ее конкурентоспособности на мировом рынке. Международное сотрудничество в области стандартизации в области измерений времени и частоты осуществляется по линии следующих международных и региональных организаций по стандартизации [6]:

- Международной организации по стандартизации (ИСО);
- Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ) (Organisation Internationale de Metrologie Legale, OIML);
- Международного бюро мер и весов (МБМВ) (Bureau international des poids et mesures, BIPM);
- Международного комитета по мерам и весам (МКМВ) (Comité International des Poids et Mesures, CIPM);
- Генеральной конференции мер и весов (ГКМВ) (Conférence générale des poids et mesures, CGPM);
- Международного комитета мер и весов (МКМВ) (Comité International des Poids et Mesures, CIPM);
- Консультативного комитета по времени и частоте (Comité Consultatif du Temps et des Fréquences, CCTF) в составе рабочих групп:
  - по международному атомному времени;
  - по алгоритмам;

- по первичным и вторичным стандартам частоты;
- по первичным и вторичным стандартам частоты;
- по глобальным навигационным спутниковым системам;
- по дуплексной спутниковой передаче времени и частоты;
- по координации разработки передовых технологий передачи времени и частоты;
- по соглашению о взаимном признании Международного комитета по мерам и весам;
- Консультативного комитета по длине – Консультативного комитета по времени и частоте по стандартам частоты;
- Консультативного комитета по длине (Consultative Committee for Length, CCL);
- Международного союза электросвязи (МСЭ) (International Telecommunication Union, ITU);
- Международной службы вращения Земли (МСВЗ) (International Earth Rotation and Reference Systems Service, IERS);
- Международной геодинамической службы (International GNSS Service, IGS);
- Международной службы лазерной локации спутников (International Laser Ranging Service, ILRS);
- КООМЕТ, Технического комитета 1.11 «Время и частота»;
- Международного астрономического союза (МАС) (International Astronomical Union, IAU), Отделения А «Фундаментальная астрономия», Отделения А, Комиссия 31 «Время»;
- Международной электротехнической комиссии (МЭК) (International Electrotechnical Commission, IEC);
- Специального международного комитета по радиопомехам (СМКР) (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques, CISPR).

### **Правовые аспекты выполнения калибровок в области измерений времени и частоты**

Признавая экономическую и научно–техническую целесообразность обеспечения единства измерений времени и частоты и определения параметров вращения Земли в государствах бывшего СССР и учитывая важное прикладное значение результатов этих измерений для навигации, метрологии, связи, телевидения, транспорта, геодезии, картографии, геодинамики, мониторинга природных ресурсов, прогноза землетрясений и техногенных катастроф и координатно–временного обеспечения, опираясь на имеющуюся инфраструктуру Службы времени и частоты и определения параметров вращения Земли, принимая во внимание Соглашение о выполнении согласо-

ванной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации от 13 марта 1992 г., правительства государств – участников Соглашения в г. Бишкек 09 октября 1992 г. подписали Соглашение о сотрудничестве по обеспечению единства измерений времени и частоты.

Национальные метрологические институты (НМИ) многих стран [7], в том числе и бывшего СССР, объединились в региональные метрологические организации (РМО). В Евро–Азиатском регионе такой РМО стала СООМЕТ – Евро–Азиатское сотрудничество государственных метрологических учреждений, созданная в 1991 году и объединяющая сегодня НМИ 18 стран.

Россия представлена в двух региональных метрологических организациях): Евро–Азиатское сотрудничество национальных метрологических учреждений (КООМЕТ) и Азиатско–Тихоокеанская метрологическая программа (АРМР). Кроме того, российские НМИ приглашаются к участию в сличениях, организуемых другими РМО, например, ЕВРАМЕТ (Организация европейского сотрудничества по эталонам) и SIM (Межамериканская метрологическая система).

Важным шагом на потребность в создании международной системы для установления эквивалентности измерений стала подготовка Международным комитетом мер и весов текста Соглашения СИРМ МРА – Соглашения о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами [8–11]. Как известно, НМИ сотрудничают и проводят международные сличения своих национальных эталонов в течение более сотни лет. Однако полученное в результате этого признание не считалось достаточным, вот почему возникла потребность во всеобъемлющем соглашении.

Началом по его разработке послужила Резолюция 2, принятая 20–й Генеральной конференцией по мерам и весам (CGPM, ГКМВ) в 1995 г, которая призвала к увеличению сотрудничества между НМИ, РМО и Международным бюро мер и весов (BIPM, МБМВ) для улучшения прослеживаемости эталонов в мировом масштабе. В течение 1996 г. имели место дискуссии среди РМО о возможности составления региональных соглашений о взаимном признании. Это стимулировало BIPM на создание проекта соглашения в мировом масштабе, который был представлен на совещании директоров НМИ, состоявшемся в BIPM в феврале 1997 г. Одобрение этой инициативы привело к разработке окончательного текста, который был подписан 14 октября 1999 г. во время 21–й ГКМВ. Подпись под Соглашением СИРМ МРА была официально поставлена делегатами правительств тридцати восьми стран – членом Метрической конвенции, принявших на следующий день специальную Резолюцию «Взаимное признание национальных эталонов, сертификатов о калибровке и измерениях, выдаваемых национальными метрологическими институтами».

---

Общей координацией Соглашения СИРМ МРА занимается ВРМ под руководством Международного комитета мер и весов (СИРМ, МКМВ). За выполнение ключевых и дополнительных сличений отвечают Консультативные комитеты (КК) СИРМ, РМО и ВРМ.

Для реализации части 2-й Соглашения СИРМ МРА в феврале 1998 года создан Объединенный комитет региональных метрологических организаций и ВРМ (JCRB) [12]. Основными видами его деятельности являются:

- координация и руководство экспертизами калибровочных и измерительных возможностей (СМС – Calibration and Measurement Capabilities) НМИ [13-15];
- разработка политики и руководящих документов по реализации Соглашения СИРМ МРА с целью обеспечения взаимодействия РМО и СИРМ.

Учреждение, которое подписывает Соглашение СИРМ МРА, является координирующей организацией в стране [16] и несет ответственность за установление соответствующего механизма, чтобы избежать совпадения СМС одних назначенных институтов (НИ) с СМС других НИ на национальном уровне и соблюдения этими институтами процесса одобрения СМС, установленного JCRB.

Для реализации целей Соглашения СИРМ МРА только один институт из страны может быть признан в качестве института, который несет национальную ответственность за определенную возможность (величину, измеряемую величину, матричную среду, диапазон измерения) и компетентность, за подачу соответствующих СМС и участие в соответствующих ключевых сличениях [17-26].

СМС – это калибровочная и измерительная возможность, предлагаемая клиентам на обычных условиях:

- а) опубликованная в базе данных ключевых сличений ВРМ (KCDB) Соглашения СИРМ МРА или
- б) указанная в области аккредитации лаборатории, полученной от подписанта Соглашения ИЛАС» [27-28]. (ИЛАС, ИЛАК – Международное сотрудничество по аккредитации лабораторий).

Для того чтобы СМС получили одобрение на публикацию в Приложении С Соглашения СИРМ МРА, они должны быть сначала проверены и одобрены соответствующим Техническим комитетом/Рабочей группой (ТК/РГ) исходной РМО (экспертиза внутри РМО).

После получения этого одобрения СМС подвергаются межрегиональной экспертизе (экспертиза между РМО). Экспертизы подтверждают обоснованность СМС с точки зрения РМО и таким образом обеспечивают техническое доверие, необходимое для публикации. Ключевую роль в этом процессе играют ТК/РГ РМО, которые проводят техническую экспертизу и окончательное одобрение СМС – заявок.

С целью международного признания национальной эталонной базы и обеспечения прослеживаемости к международно признанным эталонам Россией 14 октября 1999 г. было подписано Соглашение CIPM MRA от имени ВНИИМ.

В реализации этого соглашения в России участвуют 4 российских метрологических института, которые хранят и содержат государственные первичные эталоны:

- ВНИИМС;
- ВНИИМ;
- ВНИИФТРИ;
- ВНИИОФИ.

В соответствии с Разделом 3 Соглашения CIPM MRA техническая поддержка Соглашения достигается, главным образом, за счет результатов ключевых и дополнительных сличений [17- 26] . Доверие в поддерживаемых измерениях в дальнейшем подтверждается реализацией системы качества [29-34], удовлетворяющей требованиям ISO/IEC 17025.

Ключевые сличения разрабатываются для доказательства компетентности НМИ в основных методах каждой области. Они отбираются, проводятся и оцениваются Консультативными комитетами CIPM. Региональные сличения проводятся ТК/РГ РМО и должны строго следовать протоколам ключевых сличений КК. Дополнительные сличения выполняются РМО независимо в случае, когда для СМС необходимо дополнительное подтверждение, не обеспечиваемое ключевыми сличениями. Результаты ключевых и дополнительных сличений являются идеальным подтверждающим доказательством для СМС. Ключевое или дополнительное сличение может обеспечить достаточное доказательство, подкрепляющее заявки неопределенности группы связанных СМС. То, насколько обширной должна быть эта группа, является проблемой, рассматриваемой КК на непрерывной основе.

Объединенный комитет РМО и МБМВ (Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM – JCRB) – международный орган, ответственный за анализ и введение данных в базу данных по калибровочным и измерительным возможностям, декларируемых НМИ. JCRB создается МКМВ, включает в себя представителей от РМО; заседания проводятся под председательством директора МБМВ.

JCRB требует, чтобы СМС, представляемые для публикации в Приложении С, сопровождалось отчетом РМО, в котором указывается, что ТК/РГ одобрил диапазон и неопределенность данных СМС и что все данные СМС поддерживаются полностью внедренной системой качества, проверенной и одобренной местной РМО.

Помимо этого, JCRB требует, чтобы диапазон и неопределенность представляемых СМС не находились бы в противоречии с информацией, полу-

чаемой из некоторых или из всех нижеследующих источников [35 - 48]:

- 1) результатов ключевых и дополнительных сличений;
- 2) зарегистрированных результатов прошедших сличений в рамках КК, РМО или других сличений (включая двусторонние сличения);
- 3) информации о технической деятельности других НМИ, включая публикации;
- 4) отчетов о взаимных проверках на месте;
- 5) активного участия в проектах РМО;
- 6) других известных сведений, подтверждающих знания и опыт.

Как уже говорилось, в то время, как результаты ключевых и дополнительных сличений являются идеальным способом поддержки СМС, данные из всех других пяти вышеперечисленных источников могут рассматриваться как способ поддержки тех СМС, которые не имеют прямого отношения к имеющимся результатам сличений, и тех СМС, по которым результаты сличений еще отсутствуют.

НМИ, которые формируют СМС, несут основную ответственность за предоставление через ТК/РГ своих РМО информации, которая, по их мнению, необходима для поддержки заявляемых СМС. На межрегиональную экспертизу могут представляться только те СМС, которые поддерживаются полностью внедренной системой качества и которые прошли экспертизу и были одобрены соответствующей РМО. ТК/РГ других РМО могут по мере необходимости запрашивать дополнительную информацию.

Национальный метрологический институт или другой назначенный институт, публикующий СМС в базе данных КСДВ, имеет два способа для установления маршрута прослеживаемости к единицам SI:

1. Через первичное воспроизведение или представление соответствующей единицы измерения. В этом случае прослеживаемость должна декларироваться до собственного подтвержденного воспроизведения единицы SI.
2. Через другой НМИ или НИ, имеющий соответствующие СМС с подходящей неопределенностью, которые опубликованы в КСДВ, или через калибровочные и измерительные услуги, предлагаемые ВРМ. В этом случае прослеживаемость должна декларироваться через лабораторию, предоставляющую услугу.

СИРМ дает возможность использования нижеуказанных источников в качестве технической основы СМС [13-16]:

- 1) результаты ключевых и дополнительных сличений;
- 2) задокументированные результаты прошедших сличений в рамках КК (СС), РМО или других сличений (включая двусторонние сличения);
- 3) информацию о технической компетентности лабораторий, включая публикации;
- 4) отчеты о взаимных проверках на месте;

- 5) активное участие в проектах РМО;
- 6) другие известные сведения, подтверждающие знания и опыт.

Результаты ключевых и дополнительных сличений являются идеальными источниками для технической поддержки СМС, а все остальные пять источников могут рассматриваться в качестве технической основы СМС только в случае, если организация сличений невозможна.

#### **Работа по подтверждению измерительных возможностей России**

Работа по подтверждению измерительных возможностей России проводится российскими государственными метрологическими институтами, которые хранят и содержат государственные первичные эталоны, которые участвуют в международных сличениях и в которых действует система менеджмента качества, официально признанная комиссией международных экспертов. Ежегодно российские метрологические институты принимают участие примерно в 80 сличениях в разных областях измерений, причём в некоторых из них они выступают в качестве координирующих лабораторий, то есть разрабатывают и предоставляют эталоны сравнения, обрабатывают результаты, подготавливают протоколы, отчёты и т.д.

Важной задачей является предоставление международно признанных и зарегистрированных в международной базе данных (KCDB) в области измерения времени и частоты (ТФ) калибровочных и измерительных услуг и выполнение калибровки СИ в соответствии с калибровочными и измерительными возможностями (СМС) национального метрологического института России ФГУП «ВНИИФТРИ».



TK контролер:	tk 1.2	tk 1.3	tk 1.5	tk 1.6	tk 1.4	tk 1.7	tk 1.8	tk 1.9	tk 1.10	tk 1.11	
направление:	AUV	EM	L	M	F	PR	QM	RI	T	TF	
страны	5158	271	877	280	438	87	228	1279	853	621	224
AM											
AZ											
BA	7			7							
BY	213	25	39	13	10		3	14	41	37	31
BG	213	30	58	19	24		6	5	23	32	16
CU	100		17			12			63	8	
DE	1547	76	161	94	161	40	76	532	266	116	25
GE	15		6							9	
KP											
KZ	50			6	14					5	25
KG											
LT	78		16	9	12	8				17	16
MD	40									40	
RO	216	8	39	20	30		15	14	37	44	9
RU	1641	72	325	21	61	5	108	547	329	137	36
SK	366	6	41	22	37	10	11	85	76	82	16
TJ											
TR	420	25	119	51	76	9	9	58	3	50	20
UA	232	29	56	25	6	3		24	15	44	30
UZ											

Рис. 1. Распределение количества строк СМС, опубликованных в KCDB VIPM, по странам и областям измерений ([http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC\\_RU,RU](http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC_RU,RU)) [2]

Россия занимает лидирующее положение по количеству калибровочных и измерительных возможностей в области измерений времени и частоты TF в международной базе данных (KCDB) СМС – 36 [1]. Около 60 лабораторий хранения времени всего мира, в том числе и ГМЦ ГСВЧ ФГУП «ВНИИФТРИ» России, сотрудничают с VIPM для решения проблемы обеспечения единства измерений в области измерений времени и частоты при реализации международной шкалы атомного времени TAI, основанной на определении секунды в системе СИ [49-51] и UTC(SU).

Распределение количества строк СМС, опубликованных в KCDB VIPM,

по странам и областям измерений приведены на рис. 1 [2] - Калибровочные и измерительные возможности (СМС) стран – членов КООМЕТ. База данных сервера данных КООМЕТ по состоянию на 27.03.2015 г.

По отдельным областям измерений Россия занимает лидирующее положение по количеству измерительных и калибровочных возможностей (СМС) в международной базе данных (KCDB). В области измерений времени и частоты по состоянию на 19.03.2015 г. ФГУП «ВНИИФТРИ» имеет 36 строк СМС в области измерения времени и частоты. Все диапазоны и неопределенности для этих строк подтверждаются результатами международных сличений CCTF – K001.UTC.

Распределение количества строк СМС, опубликованных в KCDB VIPM, по институтам и областям измерений приведены на рис. 2. Это калибровочные и измерительные возможности эталонов России по состоянию на 19.03.2015 г. База данных информационных ресурсов управления метрологии РОССТАНДАРТа [3].

Количество документов	Метрологическая область									
	AUV	EM	L	M	PR	QM	RI	T	TF	
МНИИ	всего 1641	72	325	21	66	108	547	329	137	36
ВНИИМ	1199	30	147	16	51	9	525	295	126	
ВНИИФТРИ	255	42	117		10		5	34	11	36
ВНИИР	3				3					
СНИИМ	43		42		1					
УНИИМ	21		2	2			17			
ВНИИМС	21		17	3	1					
ВНИИОФИ	99					99				

Рис. 2. Распределение количества строк СМС, опубликованных в KCDB VIPM, по институтам и областям измерений ([http://www.gos-etalon.ru/DB/com/index.htm?RU,ETRU\\_CMC,RU](http://www.gos-etalon.ru/DB/com/index.htm?RU,ETRU_CMC,RU)) [3]

### Классификация калибровочных и измерительных возможностей в области измерений времени и частоты

Классификация калибровочных и измерительных возможностей, включённых в приложение С CIPM MRA, находится в базе данных KCDB VIPM (Classification of services in Time and Frequency, Version 1.1 (September 2013)) [52].

## **Classification of services in Time and Frequency**

**Version 1.1 (September 2013)**

### **Metrology Area: Time and Frequency**

#### **Branch: Time scale difference**

- 1 Time scale difference
  - 1.1 Local clock
    - 1.1.1 Local clock vs. UTC(NMI)
    - 1.1.2 Local clock vs. UTC
  - 1.2 Remote clocks
    - 1.2.1 Remote clock vs. UTC(NMI)
    - 1.2.2 Remote clock vs. UTC

#### **Branch: Frequency**

#### **Branch: Frequency**

- 2 Frequency
  - 2.1 Standard frequency source
    - 2.1.1 Local frequency standard
    - 2.1.2 Remote frequency standard
  - 2.2 General frequency source
    - 2.2.1 General frequency source

Рис. 3. Классификация калибровочных и измерительных возможностей в области измерений времени и частоты ([http://www.kcdb.bipm.org/appendixC/TF/TF\\_services.pdf](http://www.kcdb.bipm.org/appendixC/TF/TF_services.pdf)) [52]

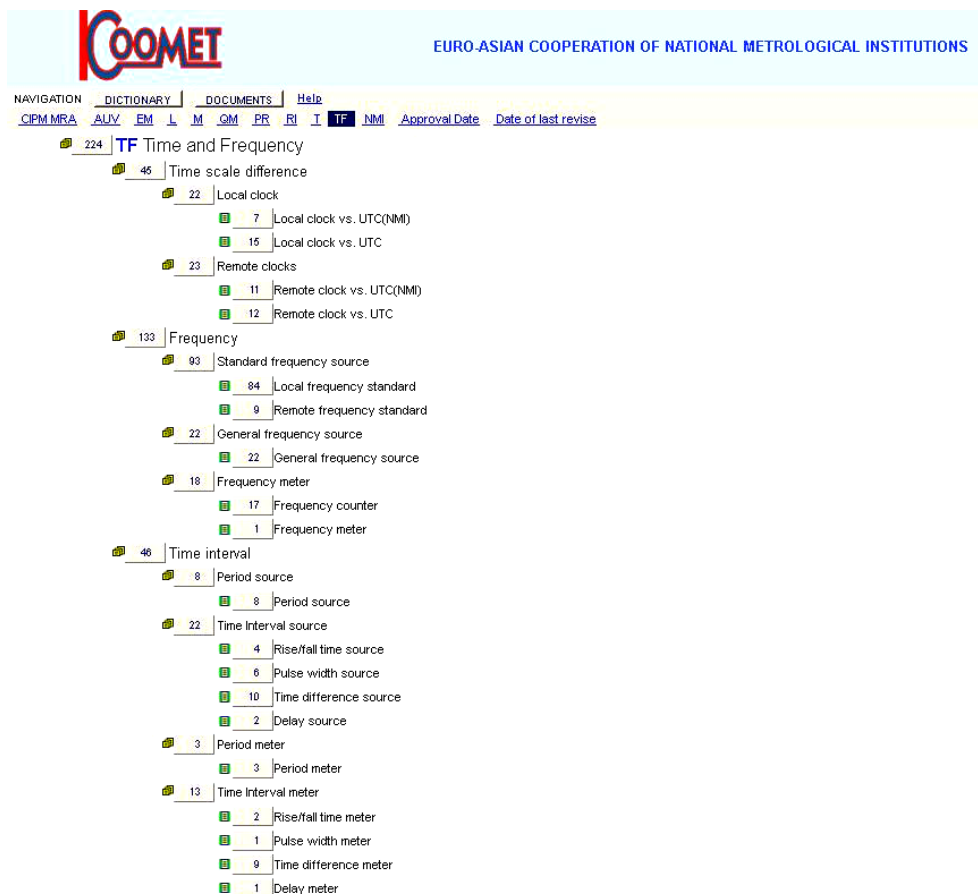


Рис. 4. Строки СМС, опубликованные в КСДВ ВІРМ, по странам и областям измерений ([http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC\\_RU,RU](http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC_RU,RU)) [53]

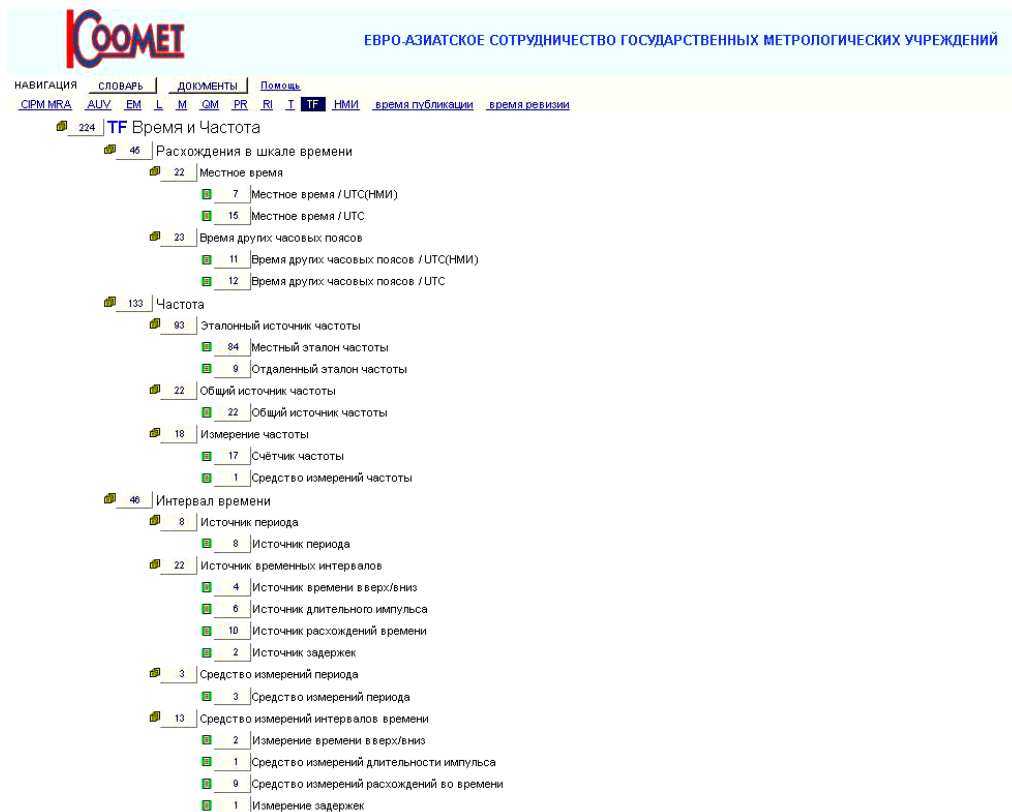


Рис. 5. Строки СМС, опубликованные в KCDB VIPM, по странам и областям измерений ([http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC\\_RU,RU](http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC_RU,RU)) [54]

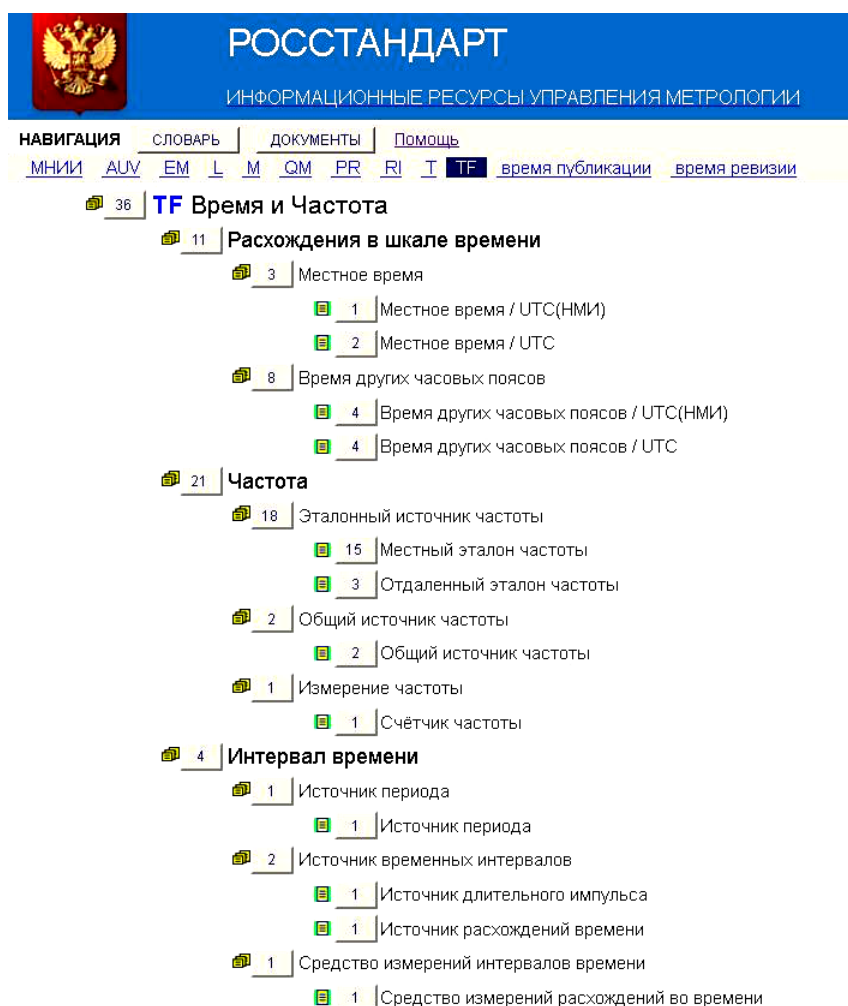


Рис. 6. Строки СМС, опубликованные на информационном ресурсе управления метрологии РОССТАНДАРТа, по странам и областям измерений ([http://www.gos-etalon.ru/DB/com/index.htm?RU,ETRU\\_CMC,RU](http://www.gos-etalon.ru/DB/com/index.htm?RU,ETRU_CMC,RU)) [55]

Анализ структуры показывает, что калибровочные и измерительные возможности в области измерений времени и частоты делится на три ветви:  
 сравнение шкал времени;  
 измерение частоты;  
 измерение интервала времени.

Ветви кодируются по уровням иерархии четырехзначным кодом.

## Спецификации калибровочных и измерительных возможностей в области измерений времени и частоты эталона России в базах данных информационных ресурсов KCDB СМС и управления метрологии РОССТАНДАРТа

Спецификации калибровочных и измерительных возможностей в области измерений времени и частоты эталона России в базах данных информационных ресурсов KCDB СМС и управления метрологии РОССТАНДАРТа приведена в базе данных информационных ресурсов и приведены на рис. 7 и 8.

**Bureau International des Poids et Mesures**

Home | Key and supplementary comparisons | Calibration and Measurement Capabilities - CMCs

Home > CMCs Search > TF search form > Country list > CMC information

### CMCs - Result of the search

**KCDB**

#### Calibration and Measurement Capabilities Time and Frequency

In the CMCs uncertainty statements, the notation  $Q[a, b]$  stands for the root-sum-square of the terms between brackets:  $Q[a, b] = [a^2 + b^2]^{1/2}$

**Result of the search**

→ Your selection : Time and Frequency

**Russian Federation, VNIIFTRI (Institute of Physical Technical and Radiotechnical Measurements, Rosstandart)**

[Complete CMCs in Time and Frequency for Russian Federation \(.PDF file\)](#)

<p>Frequency. Frequency counter, <b>1E+04 Hz to 3E+08 Hz</b> Relative expanded uncertainty (<math>k = 2</math>, level of confidence 95 %) in Hz/Hz: <b>1E-13</b> Direct frequency measurement Averaging time: 1000 s Signal amplitude: &gt; 1 V Approved on 27 November 2006 Internal NMI service identifier: VNIIFTRI/2.3.1.1</p>
<p>Frequency. General frequency source, <b>1E+04 Hz to 3E+08 Hz</b> Relative expanded uncertainty (<math>k = 2</math>, level of confidence 95 %) in Hz/Hz: <b>2E-11</b> Direct frequency measurement Averaging time: &gt; 1 h Approved on 27 November 2006 Internal NMI service identifier: VNIIFTRI/2.2.1.1</p>
<p>Frequency. General frequency source, <b>3E+08 Hz to 37E+09 Hz</b> Relative expanded uncertainty (<math>k = 2</math>, level of confidence 95 %) in Hz/Hz: <b>2E-10</b> Direct frequency measurement Averaging time: &gt; 1 h Approved on 27 November 2006 Internal NMI service identifier: VNIIFTRI/2.2.1.2</p>

Рис. 7. Спецификация калибровочной и измерительной возможности в области измерений времени и частоты по состоянию на 19.03.2015 г. База данных информационных ресурсов KCDB СМС) [56]  
([http://kcdb.bipm.org/appendixC/country\\_list\\_search.asp?CountSelected=RU&type=TF](http://kcdb.bipm.org/appendixC/country_list_search.asp?CountSelected=RU&type=TF))

Калибровочные и измерительные возможности		
Национальный метрологический институт	VNIIFTRI	
ЭТАЛОН	гэт1-98	
Метрологическая область	TF.3.4.3.	
Калибровочный, измерительный сервис		
Измеряемая величина	Time interval	
Объект измерения, калибровки	Time difference meter	
Способ или метод	Time difference source	
Внутренний идентификационный номер сервисной услуги	RU, Russian Federation	
Диапазон или уровень		
Мин значение	1·10 <sup>-8</sup>	
Мах значение	1	
Единица	s	
Условия измерений	Pulse amplitude	> 1 V
	Slew rate	0.5 V/ns
Неопределенность		
Уровень	2	
Единица	ns	
Комментарий		
Дата утверждения	Approved on 27 November 2006	
Дата ревизии	November 2006	

Рис. 8. Спецификация калибровочной и измерительной возможности в области измерений времени и частоты по состоянию на 19.03.2015 г. База данных информационных ресурсов управления метрологии РОССТАНДАРТа ([http://www.gos – etalon.ru/DB/isapi/isapi.dll](http://www.gos-etalon.ru/DB/isapi/isapi.dll)) [57]

### Реализация Россией калибровочных и измерительных возможностей в области измерений времени и частоты с применением Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1 – 2012

В 2005 г. в связи с подготовкой ФГУП «ВНИИФТРИ» к оценке действующей системы менеджмента качества (СМК) со стороны КООМЕТ в 2006 г. были организованы и проведены мероприятия по созданию и оформлению надлежащим образом нормативно–технической документации по выполнению калибровок [22-30]. Повторно такие же работы были проведены в 2010 г. В результате создания нормативно–технической документации по выполнению калибровок были разработаны следующие методики калибровки [58 - 77]:

1. МК 07 – 01 – 2010 Часы местные, по отношению к UTC (SU) (Разность шкал времени) (Взамен МК 07 – 01 – 2005).
2. МК 07 – 02 – 2010 Часы местные, по отношению к UTC (Разность шкал времени) (Взамен МК 07 – 02 – 2005).
3. МК 07 – 03 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC(SU) (Разность шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием сигналов ГЛОНАСС) (Взамен МК 07 – 03 – 2005).



---

4. МК 07 – 04 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC (Разность шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием сигналов ГЛОНАСС) (Взамен МК 07 – 04 – 2005).

5. МК 07 – 05 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC (SU) (Разность шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием сигналов GPS) (Взамен МК 07 – 05 – 2005).

6. МК 07 – 06 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC (Разность шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием сигналов GPS) (Взамен МК 07 – 06 – 2005).

7. МК 07 – 07 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC (SU) (Разность шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием 6-й строки ТВ – сигналов) (Взамен МК 07 – 07 – 2005).

8. МК 07 – 08 – 2014 Часы удаленные, по отношению к UTC (SU) (Разность шкал времени. Сличения с использованием перевозимых квантовых часов) (Взамен МК 07 – 08 – 2005).

9. МК 07 09 – 2014 Стандарты частоты местные (Действительное значение частоты) (Взамен МК 07 – 09 – 2005).

10. МК 07 – 10 – 2010 Стандарты частоты местные (Нестабильность частоты) (Взамен МК 07 – 10 – 2005).

11. МК 07 – 11 – 2010 Генераторы сигналов высокочастотные (в диапазоне частот  $10^4 - 3 \cdot 10^8$  Гц) (Взамен МК 07 – 11 – 2005).

12. МК 07 – 12 – 2010 Генераторы сигналов высокочастотные (в диапазоне частот  $3 \cdot 10^8 - 37 \cdot 10^9$  Гц) (Взамен МК 07 – 12 – 2005).

13. МК 07 – 13 – 2010 Стандарт частоты удаленный (Действительное значение частоты. Дифференциальные сличения с использованием сигналов ГЛОНАСС) (Взамен МК 07 – 13 – 2005).

14. МК 07 – 14 – 2010 Стандарт частоты удаленный (Действительное значение частоты. Дифференциальные сличения с использованием сигналов GPS) (Взамен МК 07 – 14 – 2005).

15. МК 07 – 15 – 2010 Стандарт частоты удаленный (Действительное значение частоты. Дифференциальные сличения с использованием 6-й строки ТВ – сигналов) (Взамен МК 07 – 15 – 2005);

16. МК 07 – 16 – 2010 Частотомеры электронно-счетные (Взамен МК 07 – 16 – 2005).

17. МК 07 – 17 – 2010 Генераторы импульсных сигналов (Взамен МК 07 – 17 – 2005).

18. МК 07 – 18 – 2010 Источники временных сдвигов (Взамен МК 07 – 18 – 2005).

19. МК 07 – 19 – 2010 Генераторы импульсов (Интервал времени) (Взамен МК 07 – 19 – 2005).

20. МК 07 – 20 – 2010 Измерители интервалов времени (Взамен МК 07 – 2010 – 2005).

Методики калибровки разрабатывались с учетом требований следующих документов [78-88]:

- Закона РФ от 26 июня 2008 г. № 102–ФЗ «Об обеспечении единства измерений»;

- ГОСТ 8.395 – 80 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия при поверке. Общие требования;

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 – 2006 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий;

- СОOMET R/GM/15:2007 Рекомендация. Порядок оформления сертификатов калибровки, выдаваемых национальными метрологическими институтами в рамках СІРМ МРА;

- ПР 50.2.016 – 94 Требования к выполнению калибровочных работ;

- Р РСК 002 – 06 Рекомендации РСК. Российская система калибровки. Основные требования к методикам калибровки, применяемым в Российской системе калибровки;

- РМГ 43 – 2001 ГСП Применение руководства по выражению неопределенности измерений;

- РД СМК 4 – 01 – 2010 Система менеджмента качества. Управление руководствами по качеству, руководящими документами, методиками и инструкциями СМК;

- РД СМК 7 – 03 – 2010 Система менеджмента качества. Порядок проведения поверки и калибровки средств измерений;

- РД СМК 7 – 11 – 2010 Система менеджмента качества. Порядок проведения калибровки средств измерений в рамках калибровочных и измерительных возможностей СІРМ МРА.

В области измерений времени и частоты по состоянию на 27.11.2006 г. ФГУП «ВНИИФТРИ» имел 34 строки СМС. Дата предыдущего утверждения: 28 сентября 2010 года.

В области измерений времени и частоты по состоянию на 28.09.2010 г. ФГУП «ВНИИФТРИ» имел 36 строк СМС.

В 2014 г в связи с подготовкой ФГУП «ВНИИФТРИ» к оценке действующей системы менеджмента качества (СМК) со стороны КОOMET в 2015 г. были повторно организованы и проведены мероприятия по созданию и оформлению надлежащим образом нормативно–технической документации по выполнению калибровок.

Новый этап охарактеризован:

- детальным анализом общих требований к организации работ по формированию и опубликованию на web – ресурсах Евро–Азиатского сотрудниче-

ства государственных метрологических учреждений (КООМЕТ) информационных данных о калибровочных и измерительных услугах, оказываемых лабораториями национальных метрологических институтов (НМИ) стран – членов КООМЕТ, которые регламентирует рекомендация КООМЕТ [89] – процедура формирования и опубликования на web – ресурсах КООМЕТ информационных данных о калибровочных и измерительных услугах НМИ стран – членов КООМЕТ;

- детальным анализом и систематизацией предоставляемых международно признанных и зарегистрированных в международной базе данных (KCDB) в области измерения времени и частоты (TF) калибровочных и измерительных услуг и выполнение калибровки СИ в соответствии с калибровочными и измерительными возможностями (СМС) национального метрологического института России ФГУП «ВНИИФТРИ»;

- разработкой предложений по актуализации методик калибровки в области измерения времени и частоты;

- разработкой предложений по расширению калибровочных и измерительных услуг ФГУП «ВНИИФТРИ» в области измерения времени и частоты.

В результате разработки предложений по расширению калибровочных и измерительных услуг ФГУП «ВНИИФТРИ» в области измерения времени и частоты предложены к разработке следующие методики калибровки:

1. МК 07–01–2014 Хранитель шкалы времени. Сравнение шкалы времени хранителя шкалы времени и UTC(SU) методом измерения интервала времени.

2. МК 07–02–2014 Хранитель шкалы времени. Сравнение шкалы времени хранителя шкалы времени и UTC методом измерения интервала времени.

3. МК 07–03–2014 Эталон единиц времени, частоты и шкалы времени, хранитель шкалы времени. Сравнение шкалы времени эталона единиц времени, частоты и шкалы времени и UTC(SU) и погрешности эталона единиц времени, частоты и шкалы времени при помощи приемника сигналов ГЛОНАСС и GPS дифференциальным методом.

4. МК 07–04–2014 Эталон единиц времени, частоты и шкалы времени, хранитель шкалы времени. Сравнение шкалы времени эталона шкалы времени и UTC(SU) и погрешности эталона единиц времени, частоты и шкалы времени при помощи перевозимых квантовых часов.

5. МК 07–05–2014 Эталон единиц времени, частоты и шкалы времени, хранитель шкалы времени. Сравнение шкалы времени хранителя шкалы времени и UTC(SU) и погрешности эталона единиц времени, частоты и шкалы времени при помощи приемника сигналов времени ТВ 6–й строки дифференциальным методом.

6. МК 07–06–2014 Стандарт частоты. Измерение погрешности стандарта

частоты методом измерения фазы в единицах времени. Измерение нестабильности стандарта частоты при помощи фазового компаратора.

7. МК 07–10–2014 Генератор гармонических сигналов. Прямое измерение частоты.

8. МК 07–11–2014 Частотомер электронно–счётный. Прямое измерение частоты.

9. МК 07–12–2014 Генератор периодических сигналов. Измерение интервала времени.

10. МК 07–13–2014 Генератор импульсных сигналов. Измерение интервала времени.

11. МК 07–14–2014 Источник временных сдвигов. Измерение интервала времени.

12. МК 07–15–2014 Средство измерений интервалов времени. Измерение временных сдвигов.

Вышеперечисленные 12 методик калибровки обеспечивают реализацию всех 36 калибровочных и измерительных возможностей (СМС) национального метрологического института России ФГУП «ВНИИФТРИ» в области измерения времени и частоты.

В целях подтверждения соответствия каждой конкретной методики измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям (валидации) в соответствии с предполагаемым использованием методики указывалось, что областью применения настоящей методики является предоставление международно признанных и зарегистрированных в международной базе данных Международного бюро мер и весов (МБМВ) (The BIPM key comparison database – KCDB) в области измерения времени и частоты (Time and Frequency – TF) калибровочных услуг (к примеру – выполнение калибровки эталонов единиц времени, частоты и шкалы времени) в соответствии с калибровочными возможностями (Calibration and Measurement Capabilities – СМС) национального метрологического института России – ФГУП «ВНИИФТРИ».

В методиках калибровки указаны следующие информационные данные по калибровочным и измерительным услугам [89]:

- Вид услуги – калибровка и/или измерения.
- Наименование измеряемой величины.
- Объект калибровки и/или измерений – перечень средств измерений, которые можно калибровать, или наименование измеряемого параметра.
- Способ и/или метод измерений – наименование или краткое описание метода измерений.
- Диапазон измеряемой величины (min...max) – предельные значения измеряемой величины с указанием единицы измерений.
- Значения неопределенности – оценка и выражение неопределенности

измерений проводится в соответствии с Руководством ИСО по выражению неопределенности измерения (при  $k = 2$ ).

- Условия измерений – значения параметров: внешние условия окружающей среды и другие специфические условия измерений, например: «нормальные условия измерений по ГОСТ 8.395» или: время в пути не более 6 ч; температура окружающей среды от 273 К до 313 К.

- Зарегистрированный в международной базе данных KCDB идентификационный номер сервисной услуги: VNIIFTRI/1.2.1.4.

- Внутренний идентификационный номер: МК 07 – 08 – 2014.

- Дата первого утверждения: 27 ноября 2006 года.

- Дата предыдущего утверждения: 28 сентября 2010 года.

- Примечания.

При разработке предложений по актуализации методик калибровки в области измерения времени и частоты акцент был сделан на:

- корректности перевода оригинального текста строк СМС, опубликованных на информационном ресурсе управления метрологии РОССТАНДАРТа;

- оценке неопределенности при выполнении калибровок в области измерения времени и частоты;

- прослеживаемости результатов проведенных при калибровке измерений к эталонам, прошедшим процедуру признания в соответствии с соглашением СИРМ МРА.

Важной задачей является корректности перевода оригинального текста строк СМС. Приведем в качестве примера некорректности перевода оригинальный текст строк СМС, опубликованных на информационном ресурсе управления метрологии РОССТАНДАРТа:

period source – источник периода;

pulse width source – источник длительного импульса;

time difference source – источник временных интервалов;

time difference meter – средство измерений расхождений во времени.

При переводе оригинального текста строк СМС желательно пользоваться устоявшейся и стандартизированной терминологией на русском языке в соответствии с рекомендациями МИ 2314 – 2006 «Кодификатор групп средств измерений» [90] и МИ 2803 – 2003 «Систематический каталог Государственного реестра средств измерений» [91], ГОСТ 8.567 – 99 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения [92].

ГОСТ 8.129 – 2012 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты [93].

ГОСТ 8.417 – 2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин [94].

ГОСТ 8.381 – 2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения точности [95].

ГОСТ ИСО 8601 – 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Представление дат и времени. Общие требования [96].

Структуру, перечень и коды рубрик систематического каталога Государственного реестра средств измерений устанавливает МИ 2803 – 2003 [91].

Каталог СИ предназначен для упорядочивания записей Государственного реестра по областям измерений и показателям назначения СИ, для построения автоматизированных поисковых систем, для организации системы кодирования СИ.

Настоящая рекомендация предназначена для применения метрологическими институтами, центрами стандартизации и метрологии Госстандарта России, государственными центрами испытаний средств измерений, приборостроительными предприятиями и метрологическими службами юридических лиц на территории России.

Коды групп средств измерений (далее СИ), подлежащих поверке или калибровке, устанавливает МИ 2314 – 2006.

Кодификатор предназначен для использования, в частности, при составлении паспортов метрологических служб, при описании областей аккредитации метрологических служб на право поверки (калибровки) СИ, в документах по анализу состояния измерений, для использования в автоматизированных системах управления деятельностью в области поверки (калибровки) СИ, при разработке справочников по размещению и специализации поверочных лабораторий и т.п.

Коды групп СИ предназначены для обозначения групп вместо их развернутых описаний в нормативных, проектных, плановых, учетных, отчетных, аккредитационных документах метрологических лабораторий по видам поверочных и калибровочных работ, в переписке. В области измерений времени и частоты – код группы 33.

Общие правила оценивания и представления неопределенности измерения устанавливают ГОСТ Р 54500.1 – 2011/Руководство ИСО/МЭК 98 – 1:2009. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по неопределенности измерения [38] и ГОСТ Р 54500.3 – 2011/Руководство ИСО/МЭК 98 – 3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения [39].

Основные этапы оценивания неопределенности включают в себя формулировку измерительной задачи и вычисления, которые включает в себя трансформирование распределений вероятностей и получение окончательного результата.

Этап формулировки измерительной задачи включает в себя:

- 
- а) задание измеряемой величины;
  - б) выявление входных величин, от которых зависит измеряемая величина;
  - в) составление модели измерения, определяющей соотношение измеряемой с входными величинами;
  - г) приписывание распределений вероятностей (нормального, прямоугольного и т. д.) входным величинам (или совместного распределения вероятностей входным величинам, не являющимся независимыми) на основе имеющейся информации.

Этап вычислений состоит из трансформирования поданной модели измерения распределений вероятностей для входных величин в распределение вероятностей для выходной величины использования этого распределения для получения:

- а) математического ожидания, принимаемого как значение оценки величины;
- б) стандартного отклонения величины, принимаемого как стандартная неопределенность  $u$ , ассоциированная с величиной;
- в) интервала охвата, содержащего величину с заданной вероятностью охвата.

Консультативным Комитетом по времени и частоте в 2012 г. рекомендованы следующие оценки неопределенностей в области измерения времени и частоты:

- Оценка неопределенностей для записей T & F CMC (CCTF/12 – 03. CCTF WGMRA Guideline 2. (Rev. Dec 2011 – July 2012). The estimation of uncertainties for T&F CMC entries).
- Неопределенность интерполяции для записей T & F CMC (CCTF/12 – 03. CCTF WGMRA Guideline 3. (Rev. Dec 2011 – July). The uncertainty interpolation for T&F CMC entries).
- Неопределенность частоты (CCTF/12 – 04. Uncertainty in frequency).
- Неопределенность прогноза (CCTF / 12 – 05. The prediction uncertainty).

При разработке методик калибровки в области измерения времени и частоты были учтены указанные выше рекомендации.

Сравнения шкал времени, необходимые для формирования UTC, существовали задолго до создания Соглашения CIPM MRA. Эту деятельность начало МБМВ. Публикация в KCDB таблиц степеней эквивалентности и графиков эквивалентности CCTF–K001.UTC была прервана в июле 2009 года, после принятия решения CCTF на своем 18–м заседании в июне 2009 года. В настоящее время основой служит циркуляр T [97].

Правила о праве на участие в ключевых сличениях, как указано в разделе 6 Соглашения CIPM MRA [8], означает, что не все участники, способствующие UTC, в состоянии принять участие в ключевых сличениях CCTF–K001.UTC.

---

Целью ключевых сличений ССТФ–К001.UTC является:

а) обеспечение прослеживаемости к международной основе для сравнения шкал времени – шкале Всемирного координированного времени (UTC) через его реализации национальными лабораториями UTC (k) в виде [UTC–UTC(k)];

б) обеспечение широкого распространения UTC участвующими национальными лабораториями, расположенными по всему миру.

В разделе 1 циркуляра–Т указываются расчетные значения сравнения шкалы Всемирного координированного времени UTC и его реализации национальными лабораториями UTC (k) в виде [UTC–UTC(k)], а также неопределенности типа А –  $u_A$ , типа В –  $u_B$  и суммарные неопределенности  $u$ . Для [UTC–UTC(SU)] указаны следующие значения  $u_A = 0.9$  нс;  $u_B = 4.7$  нс;  $u = 4.8$  нс. Неопределенности в циркуляре – Т получены путем экстраполяции 5–ти суточных результатов сравнения шкал времени, выполненных на интервале времени с 26 февраля по 28 марта.

В разделе 2 циркуляра–Т указываются расчетные значения сравнения шкалы Международного атомного времени TAI и его реализации национальными лабораториями TA (k) в виде [TAI–TA (k)], а также неопределенности типа А –  $u_A$ , типа В –  $u_B$  и суммарные неопределенности  $u$ .

Для [TAI – TA(SU)] указаны следующие значения  $u_A = 0.21$  нс;  $u_B = 0.25$  нс;  $u = 0.8$  нс.

В разделе 3 циркуляра–Т указывается разность частот EAL и TAI (сводной и шкалы атомной времени).

В разделе 4 циркуляра–Т указывается длительность единицы времени шкалы TAI.

В разделе 5 циркуляра–Т представлена связь между UTC и TAI с предсказаниями UTC (k), служащая для связи системных шкал времени (ШВС) глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) – ГЛОНАСС и GPS.

В разделе 6 циркуляра–Т указываются основа для сравнения шкал времени и используемые для расчета TAI и неопределенности типа А –  $u_A$ , типа В –  $u_B$  и суммарные неопределенности  $u$ .

Основой для сравнения шкал времени, используемой для расчета TA(SU) и их неопределенности типа А –  $u_A$ , типа В –  $u_B$  и суммарные неопределенности  $u$  служат результаты измерений радиоприемными устройствами навигационных радиосигналов НКА ГЛОНАСС и GPS Физико–технического института Германии (РТВ, г. Брауншвейг) и ФГУП «ВНИИФТРИ» – SU/РТВ GPSGLN;  $u_A = 1.0$  нс;  $u_B = 5.0$  нс.

ФГУП «ВНИИФТРИ» как национальный метрологический институт, публикующий СМС в базе данных KCDB, имеет следующий способ для установления маршрута прослеживаемости к единицам SI – через первичное воспроизведение единицы измерения времени [98].



Таким образом, через циркуляр–Т обеспечивается метрологическая прослеживаемость к единице измерения времени, когда основой для сравнения является определение единицы измерения времени через ее практическую реализацию.

Калибровки СИ осуществляются в соответствии с методиками. По результатам калибровки средств измерений в рамках калибровочных и измерительных возможностей (СМС), включенных в приложение С СИМ МРА и находящихся в базе данных КСДВ ВІРМ, заполняется Сертификат калибровки. Порядок оформления сертификатов калибровки, выдаваемых НМИ в рамках СИМ МРА, указан в Рекомендации СООМЕТ R/GM/15:2007 «Порядок оформления сертификатов калибровки, выдаваемых национальными метрологическими институтами в рамках СИМ МРА» [81-82]. Калибровку СИ выполняет только ученый – хранитель государственного эталона, а также сотрудники, аттестованные в качестве поверителей СИ.

### Литература

1. Time and Frequency, Russian Federation, VNIIFTRI (Institute for Physical-Technical and Radiotechnical Measurements, Rosstandart). The BIPM key comparison database, November 2006. – 6 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://kcdb.bipm.org/AppendixC/TF/SU/TF\\_RU.pdf](http://kcdb.bipm.org/AppendixC/TF/SU/TF_RU.pdf).
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,СМС\\_RU,RU](http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,СМС_RU,RU).
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://www.gos-etalon.ru/DB/com/index.htm?RU,ETRU\\_СМС,RU+](http://www.gos-etalon.ru/DB/com/index.htm?RU,ETRU_СМС,RU+).
4. Донченко С.И. и др. Современное состояние и перспективы развития эталонной базы Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли // Измер. техника. 2015, №1, с. 5 – 8.
5. Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1 – 2012. Правила хранения и применения.
6. Совместное заявление МБМВ, МОЗМ и ИЛАК об актуальности различных международных соглашений в сфере метрологии в применении к торговле, законодательству и стандартизации от 23.01.2006.
7. Документ МКМВ – СИМ МРА/2005 – 07 «Национальные метрологические институты и другие уполномоченные учреждения».
8. СИМ МРА–D–04. Calibration and Measurement Capabilities in the context of the СИМ МРА (версия 4).
9. Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificated issued by national metrology institutes [Электронный ресурс]. – Paris, October 1999. – Режим доступа к ресурсу:

[http://www.bipm.org/en/cipm-mra/mra\\_online.html](http://www.bipm.org/en/cipm-mra/mra_online.html).

10. Документ МКМВ – CIPM/2005 – 06REV «Соглашение о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами – CIPM MRA» (Интерпретация 2005 года).
11. Документ МКМВ – CIPM MRA – G – 01 «Руководство по применению Соглашения CIPM MRA».
12. Документ МКМВ – CIPM MRA – D – 01 «Правила процедуры JCRB».
13. Руководство МКМВ – CIPM MRA – D – 04 «Калибровочные и измерительные возможности в контексте Соглашения CIPM MRA».
14. Руководство МКМВ – CIPM MRA – G – 03 «Основные направления пересмотра СМС, наблюдения и отчетности о состоянии систем качества, проводимыми международными межправительственными организациями, подписавшими Соглашение CIPM MRA».
15. Руководство МКМВ – CIPM/2005 – 09 «Субдоговор на измерения в рамках Соглашения CIPM MRA».
16. Документ МКМВ – CIPM/2005 – 05 «Услуги, доступные ассоциированным членам Генеральной Конференции мер и весов, и их участие в Соглашении CIPM MRA».
17. Руководство JCRB – JCRB – 9/9(1) «Регистрационная форма ключевых и дополнительных сличений».
18. Документ JCRB – JCRB – 10/7\_rev «Рекомендации по дополнительным сличениям».
19. Документ JCRB – JCRE – 11/7(a) «Мониторинг влияния результатов ключевых и дополнительных сличений на заявленные СМС».
20. Документ JCRB – JCRB – 11/8(5)\_rev «Дополнительные сличения (определения)».
21. Документ JCRB – JCRB – 20/6 «Блок-схема процесса проведения ключевых сличений, двусторонних сличений и дополнительных сличений».
22. Рекомендация COOMET R/GM/11:2010 «Положение о сличениях эталонов национальных метрологических институтов KOOMET».
23. Рекомендация COOMET R/GM/12:2007 «Правила ведения Программы сличений KOOMET».
24. Рекомендация COOMET R/GM/14:2006 «Руководство по оцениванию данных ключевых сличений KOOMET».
25. Рекомендация COOMET R/GM/19:2008 «Руководство по оцениванию данных дополнительных сличений KOOMET».
26. Руководство МКМВ – CIPM MRA – G – 05 «Сличения в контексте Соглашения CIPM MRA».
27. Документ совместной рабочей группы МБМВ/ИЛАК «Калибровочные и измерительные возможности» – CIPM/2007 – 11.

28. Совместное заявление ИЛАК/ МКМВ относительно аккредитации калибровочных и измерительных услуг, оказываемых НМИ от 07. 03.2012.
29. Международный стандарт ИСО/МЭК 17025 «Общие требования к компетенции испытательных и калибровочных лабораторий».
30. Рекомендация СОOMET R/AQ/13:2010 «Порядок и процедура оценки систем менеджмента качества национальных метрологических институтов КООМЕТ».
31. Документ МКМВ – CIPM/2007 – 25 «Рекомендации по проведению оценки СМК специалистами и критериям их выбора».
32. Документ МКМВ CIPM MRA – G – 02 «Основные принципы JCRB в области наблюдения и отчетности региональных метрологических организаций о состоянии систем качества».
33. Рекомендация СОOMET R/AQ/9:2010 «Рекомендация по оценке систем менеджмента качества национальных метрологических институтов».
34. Рекомендация КООМЕТ R/GM/7:2006 «Процедура проведения внутренней экспертизы измерительных и калибровочных возможностей национальных метрологических институтов КООМЕТ и межрегиональной экспертизы институтов других региональных метрологических организаций».
35. ГОСТ 8.381 – 2009 ГСИ. Эталоны. Способы выражения точности.
36. ГОСТ Р 54500.1 – 2011/Руководство ИСО/МЭК 98 – 1:2009. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по неопределенности измерения.
37. ГОСТ Р 54500.3 – 2011/Руководство ИСО МЭК 98 – 3:2008. Неопределённость измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределённости измерения.
38. ГОСТ Р 54500.3.1 – 2011/Руководство ИСО МЭК 98 – 3:2008. Неопределённость измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределённости измерения. Дополнение 1.
39. ГОСТ Р 54500.3 – 2011/Руководство ИСО/МЭК 98 – 3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.
40. Документ JCRB – JCRB – 8/9 «Условия неопределенности относительно прибора для калибровки или измерения».
41. Рекомендация СОOMET R/GM/21:2011 «Использование понятий «погрешность измерений» и «неопределенность измерений». Общие принципы».
42. Информационный материал СОOMET I/GM/4/:2006 «Анализ состояния проблемы внедрения Руководства по выражению неопределенности измерений в странах – членах КООМЕТ».
43. Руководство по выражению неопределенности / перевод ВНИИМ им.

- Д.И. Менделеева, Санкт – Петербург, 1999.
44. CCTF/12 – 03. CCTF WGMRA Guideline 3. (Rev. Dec 2011 – July 2012). The uncertainty interpolation for T&F CMC entries.
  45. CCTF/12 – 04. Uncertainty in frequency.
  46. CCTF/12 – 05. The prediction uncertainty.
  47. CCTF WGMRA. Guideline 7 (2015–04). Participation in the ongoing key comparison in time. CCTF–K001.UTC.
  48. Lewandowsky W., Matsakis D., Panfilo G, Tavella P. / The evolution of uncertainties in [UTC – UTC(k)] // Metrologia, 2006, 43, p. 278 – 286.
  49. Международный документ D 2 (Издание 2007 г.) Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ) «Узаконенные (официально допущенные к применению) единицы измерений»
  50. ГОСТ 8.567 – 99 ГСИ. Измерения времени и частоты. Термины и определения.
  51. ГОСТ 8.129 – 2013 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты.
  52. Classification of services in Time and Frequency, Version 1.1 (September 2013)) [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://www.kcdb.bipm.org/appendixC/TF/TF\\_services.pdf](http://www.kcdb.bipm.org/appendixC/TF/TF_services.pdf).
  53. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: ([http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC\\_RU,RU](http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC_RU,RU)).
  54. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: ([http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC\\_RU,RU](http://www.coomet.org/DB/com/index.htm?RU,CMC_RU,RU)).
  55. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: ([http://www.gos – etalon.ru/DB/com/index.htm?RU,ETRU\\_CMC,RU](http://www.gos-etalon.ru/DB/com/index.htm?RU,ETRU_CMC,RU)).
  56. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: ([http://kcdb.bipm.org/appendixC/country\\_list\\_search.asp?CountSelected=RU &type=TF](http://kcdb.bipm.org/appendixC/country_list_search.asp?CountSelected=RU&type=TF)).
  57. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: ([http://www.gos – etalon.ru/DB/isapi/isapi.dll](http://www.gos-etalon.ru/DB/isapi/isapi.dll)).
  58. МК 07 – 01 – 2010 Часы местные, по отношению к UTC (SU) (Разность шкал времени) (Взамен МК 07 – 01 – 2005).
  59. МК 07 – 02 – 2010 Часы местные, по отношению к UTC (Разность шкал времени) (Взамен МК 07 – 02 – 2005).
  60. МК 07 – 03 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC(SU) (Разность шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием сигналов ГЛОНАСС) (Взамен МК 07 – 03 – 2005).
  61. МК 07 – 04 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC (Разность шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием сигналов ГЛОНАСС) (Взамен МК 07 – 04 – 2005).
  62. МК 07 – 05 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC (SU) (Разность

- 
- шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием сигналов GPS) (Взамен МК 07 – 05 – 2005).
63. МК 07 – 06 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC (Разность шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием сигналов GPS) (Взамен МК 07 – 06 – 2005).
64. МК 07 – 07 – 2010 Часы удаленные, по отношению к UTC (SU) (Разность шкал времени. Дифференциальные сличения с использованием 6-й строки ТВ – сигналов) (Взамен МК 07 – 07 – 2005).
65. МК 07 – 08 – 2014 Часы удаленные, по отношению к UTC (SU) (Разность шкал времени. Сличения с использованием перевозимых квантовых часов) (Взамен МК 07 – 08 – 2005).
66. МК 07 09 – 2014 Стандарты частоты местные ( Действительное значение частоты) (Взамен МК 07 – 09 – 2005).
67. МК 07 – 10 – 2010 Стандарты частоты местные (Нестабильность частоты) (Взамен МК 07 – 10 – 2005).
68. МК 07 – 11 – 2010 Генераторы сигналов высокочастотные (в диапазоне частот  $10^4 - 3 \cdot 10^8$  Гц).
69. МК 07 – 12 – 2010 Генераторы сигналов высокочастотные (в диапазоне частот  $3 \cdot 10^8 - 37 \cdot 10^9$  Гц).
70. МК 07 – 13 – 2010 Стандарт частоты удаленный ( Действительное значение частоты. Дифференциальные сличения с использованием сигналов ГЛОНАСС).
71. МК 07 – 14 – 2010 Стандарт частоты удаленный ( Действительное значение частоты. Дифференциальные сличения с использованием сигналов GPS).
72. МК 07 – 15 – 2010 Стандарт частоты удаленный ( Действительное значение частоты. Дифференциальные сличения с использованием 6-й строки ТВ – сигналов).
73. МК 07 – 16 – 2010 Частотомеры электронно–счетные.
74. МК 07 – 17 – 2010 Генераторы импульсных сигналов.
75. МК 07 – 18 – 2010 Источники временных сдвигов.
76. МК 07 – 19 – 2010 Генераторы импульсов (Интервал времени).
77. МК 07 – 20 – 2010 Измерители интервалов времени.
78. Документ МКМВ – СИРМ МРА – G – 03 «Основные направления пересмотра СМС, наблюдения и отчетности о состоянии систем качества, проводимые международными межправительственными организациями, подписавшими Соглашение СИРМ МРА».
79. ГОСТ 8.395 – 80 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия при поверке. Общие требования.
80. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 – 2006 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
-

81. Рекомендация COOMET R/GM/15:2007 «Порядок оформления сертификатов калибровки, выдаваемых национальными метрологическими институтами в рамках CIPM MRA».
82. Документ МКМВ – CIPM MRA – D – 02 «Использование логотипа CIPM MRA при оформлении сертификатов».
83. ПР 50.2.016 – 94 Требования к выполнению калибровочных работ.
84. Р РСК 002 – 06 Рекомендации РСК. Российская система калибровки. Основные требования к методикам калибровки, применяемым в Российской системе калибровки.
85. РМГ 43 – 2001 ГСП. Применение руководства по выражению неопределенности измерений.
86. РД СМК 4 – 01 – 2010 Система менеджмента качества. Управление руководствами по качеству, руководящими документами, методиками и инструкциями СМК.
87. РД СМК 7 – 03 – 2010 Система менеджмента качества. Порядок проведения поверки и калибровки средств измерений.
88. РД СМК 7 – 11 – 2010 Система менеджмента качества. Порядок проведения калибровки средств измерений в рамках калибровочных и измерительных возможностей CIPM MRA.
89. Рекомендация КООМЕТ (COOMET R/GM/23:2014) «Процедура формирования и опубликования на web – ресурсах КООМЕТ информационных данных о калибровочных и измерительных услугах НМИ стран – членов КООМЕТ».
90. МИ 2314 – 2006 «Кодификатор групп средств измерений».
91. МИ 2803 – 2003 «Систематический каталог Государственного реестра средств измерений».
92. ГОСТ 8.567 – 99 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения.
93. ГОСТ 8.129 – 2012 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты».
94. ГОСТ 8.417 – 2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.
95. ГОСТ 8.381 – 2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения точности.
96. ГОСТ ИСО 8601 – 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Представление дат и времени. Общие требования.
97. ISSN 1143 – 1393. Bureau international des poids et mesures. Organisation intergouvernementale de la convention du metre. Circular T. Pavillon de breteuil.

---

98. Руководство МКМВ – СИРМ/2009 – 24 «Прослеживаемость в Соглашении СИРМ МРА».