

VII. Страницы метрологической летописи

УДК 531.76 + 094.575

**ВАЖНЕЙШИЕ СОБЫТИЯ В ОБЛАСТИ ИЗМЕРЕНИЙ
ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ****А.Л. Капитонов***ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.*

В хронологическом порядке приводятся основные события в области измерений времени и частоты.

The main events in the field of time and frequency measurements are given in chronological order.

*Ключевые слова: время, часы, календарь, единицы времени, единицы физических величин.
Key words: time, clock, calendar, units of time, units of physical quantities.*

Измерение времени и частоты — одно из важнейших метрологических направлений. Государственная служба времени и частоты России, её Главный метрологический центр более семидесяти лет успешно осуществляют деятельность, направленную на непрерывное воспроизведение, хранение и передачу национальной шкалы времени, эталонных частот, получение и предоставление потребителям информации о параметрах вращения Земли, обеспечение единства измерений времени и частоты в Российской Федерации.

Историю становления и развития этого важнейшего вида измерений рассматривает настоящая статья. Её автор в течение многих лет собирал данные о важнейших событиях в этой области. Работа осталась не законченной из-за безвременной, скоропостижной кончины специалиста.

Двумя важными событиями была дополнена статья его коллегами, соратниками. Это — переутверждение модернизированного эталона времени, частоты и национальной шкалы времени — ГЭТ 1-2018; проведение в сентябре этого года в Подмосковье IX Международного симпозиума «Метрология времени и пространства», на который автор успел представить тезисы своего доклада.

Редакция

Ниже приводятся расположенные в хронологическом порядке события, представляющие историю области измерений времени и частоты и достижения в ней за последние 4 500 лет.

Ок. 2500 г. до н.э.

В древней Вавилонии создан первый лунный календарь.

Ок. 500 г. до н.э.

В Китае был принят календарь, насчитывающий 365,25 дня.

Ок. 200–100 гг. до н.э.

Инженер-механик Ктезибий внёс большой вклад в конструирование водяных часов.

45 г. до н.э.

Юлием Цезарем по совету египетского астронома Созигена был введён юлианский календарь. Он устанавливал четырёхгодичный солнечный цикл ($365 + 365 + 365 + 366 = 1461$ день) с неравной продолжительностью месяцев, принятой до сих пор. Год по этому календарю начинался 1 января, так как именно в этот день с 153 года до н.э. избранные комициями консулы вступали в должность.

Ок. 460 г.

Китайский астроном Цзу Чунчжи с помощью усовершенствованных солнечных часов определил длительность тропического года более точно, чем греческие и арабские астрономы, и нашёл его равным 365,24282 суток.

1404 г.

В России были установлены первые башенные часы в московском Кремле по распоряжению Великого князя московского Василия I Дмитриевича.

1582 г.

Папой Римским Григорием XIII в католических странах был введён григорианский календарь взамен прежнего юлианского (следующим днём после четверга 4 октября стала пятница 15 октября). Григорианский календарь намного точнее юлианского календаря: он даёт гораздо лучшее приближение к тропическому году. При переходе сдвигалась на 10 дней текущая дата и исправлялись накопившиеся ошибки. Также начало действовать новое, более точное правило о високосном годе.

1584 г.

Галилео Галилей, находясь в храме во время богослужения, сделал открытие равномерности колебания маятника. Он подметил, что тяжеленные бронзовые лампы разных размеров и масс, но на цепях равной длины, имеют одинаковый период качаний, что навело его на мысль использовать колебания маятника для регулирования хода часов. Независимо от Галилея конструкцию маятниковых часов разработал Х. Гюйгенс.

1625 г.

В каменном шатре Спасской башни были установлены часы, изготовленные русскими мастерами под руководством Христофора Галловея, «аглицкой земли часового мастера».

1657 г.

Христиан Гюйгенс разработал конструкцию маятниковых часов.

1676 г.

О.К. Ремер, работая в Парижской обсерватории, определил скорость света на Земле с результатом 226 000 км/с.

1703 г.

В России вышла книга Л.Ф. Магницкого «Арифметика» с описанием действующей метрологической русской системы.

1709 г.

В России вышла ещё одна книга Л.Ф. Магницкого «Роспись полевой книги» с описанием действующей метрологической русской системы.

1725 г.

В России Пётр I издал указ о мерах.

В России создана Петербургская академия наук, которая занялась воспроизведением угловых единиц, единиц времени и температуры. Она имела в своём распоряжении образцовые меры и копии эталонов туаза и фунта.

В Санкт-Петербурге стали измерять ежедневно температуру воздуха, а с марта 1726 г. — регулярно уже три раза в день.

1726 г.

А.И. Чириков использовал астрономические часы для точного определения долготы Илимска, выразив её даже в секундах: «сыскан по Илимскому меридиану час, бывший при начале затмения Луны — 11 ч 31 м 1 сек пополудни, а по С-Петербургскому меридиану начало сего затмения — 7 ч 3 мин 13 сек пополудни».

1730 г.

В 1730 году Джон Гаррисон сконструировал первый образец своего хронометра Н1, испытанный в морских условиях. Этот и следующие поколения хронометра: Н2, Н3 и Н4, практически решили фундаментальную проблему морской навигации — определение долготы в открытом море с погрешностью $\sim 1^\circ$.

1780 г.

Формирование новой научной дисциплины — метрологии, получившей впервые своё название в труде А. Поктона («*Metrologie, ou trait de mesures, poids et monnaies*», Париж).

1827 г.

Петербургская Академия наук приняла решение о создании новой (Пулковской) астрономической обсерватории, поручив академику Е.И. Парроту составление проекта и финансовой сметы на строительство загородной астрономической обсерватории близ Царского Села.

1830 г.

Весною император Николай I одобрил проект триангуляции Пулковской обсерватории, связанной с продолжением измерения северной дуги меридиана в России под руководством В.Я. Струве в части астрономо-геодезических изысканий, и В.Я. Струве был командирован в научную и деловую поездку за границу для заказа у известных оптиков-механиков нескольких усовершенствованных по его идеям инструментов для выполнения геодезических операций.

1832 г.

Немецким учёным К.Ф. Гауссом было введено понятие о системе единиц физических величин как совокупности основных и производных единиц. В системе единиц, предложенной Гауссом, в качестве основных были приняты три единицы: единица длины — миллиметр, единица массы — миллиграмм, единица времени — секунда. Эта система единиц была названа абсолютной.

1833 г.

Специально назначенная управляющим Министерства народного просвещения С.С. Уваровым Комиссия в составе академиков В.Я. Струве, Е.И. Паррота, В.К. Вишневого и П.Н. Фусса под руководством адмирала А.С. Грейга (основателя и строителя Николаевской морской обсерватории) в своём проекте рекомендовала разместить Обсерваторию на участке земли площадью 3 десятины (3,28 гектара), предоставленном графом А.Г. Кушелевым-Безбородко, «...движимого усердием содействовать успехам наук в своём Отечестве...».

1834 г.

В марте Комиссия, рассмотрев проекты, представленные двумя известными архитекторами К.А. Тоном и А.П. Брюлловым, отдала предпочтение проекту А.П. Брюллова. В апреле во время второй аудиенции у императора Николая I В.Я. Струве в присутствии Министра народного просвещения

графа С.С. Уварова сделал доклад о решении Комиссии. Император определил функции В.Я. Струве как директора строящейся Пулковской обсерватории и назначил А.П. Брюллова архитектором строительства, одобрив выбор места расположения будущей обсерватории и сделав распоряжение о передаче Академии наук земельного участка площадью 20,5 десятин (22,40 гектара) с указанием: «Ближе одной версты от южной границы этого участка не вести никакого другого строительства без разрешения директора Обсерватории».

1839 г.

- В Пулкове были установлены следующие астрономические инструменты:
- рефрактор с фокусным расстоянием 7 м и диаметром объектива 38 см, предназначавшийся главным образом для измерения координат двойных звёзд и определения их тригонометрических параллаксов, иными словами — расстояний до звёзд;
 - большой пассажный инструмент Струве–Эртеля для определения прямых восхождений звёзд и планет абсолютным методом;
 - большой вертикальный круг Струве–Эртеля для определения склонений звёзд и планет абсолютным методом;
 - меридианный круг Репсольда — для определения координат светил относительным методом;
 - пассажный инструмент Репсольда, установленный в первом вертикале, для определения постоянных аберрации и нутации;
 - гелиометр — специальный инструмент для измерения относительно больших взаимных угловых расстояний между светилами, а также для измерения диаметра Солнца.

1849 г.

В России издана первая научно-учебная книга Ф.И. Петрушевского «Общая метрология» (в двух частях), удостоенная Императорской академией наук Демидовской премии. В книге были описаны меры и денежные знаки различных стран.

А. Физо измерил скорость света на Земле (при этом на выбранном базисе измерялся даже коэффициент преломления света). Уточнение по сравнению с результатами О.К. Ремера было существенным — скорость света стали считать равной 331 300 км/с.

1861–1870 гг.

Комитет по электрическим эталонам Британской ассоциации для развития наук разработал систему единиц СГС, в которой в качестве основных единиц были приняты сантиметр, грамм и секунда. Для производных единиц

силы и работы Комитет предложил наименования дина и эрг. Также им были установлены две системы электрических и магнитных единиц: абсолютная электростатическая (СГСС) и абсолютная электромагнитная (СГСМ).

1863 г.

Точное время, определённое из астрономических наблюдений в Пулковской обсерватории, впервые было передано с часов Мустона, находившихся в её Часовой комнате, по проводам в Главную петербургскую телеграфную контору. С её часами сверялись показания часов всех телеграфных учреждений России, а впоследствии точное время передавалось также в Публичную библиотеку, в Главную физическую обсерваторию и в кабинет коменданта Петропавловской крепости (для своевременного производства всем хорошо известного полуденного пушечного выстрела).

В России точное время, установленное Пулковской обсерваторией, стали передавать раз в неделю в Главную Петербургскую телеграфную контору, где были установлены для хранения времени в промежутках между сигналами специальные часы, показания которых контролировали с помощью электричества по астрономическим часам Пулковской обсерватории.

1875 г.

С 1 марта по 20 мая 1875 года в Париже проходила дипломатическая конференция с участием полномочных представителей 20 государств, завершившаяся подписанием Метрической конвенции. Метрическая конвенция была подписана 20 мая 1875 года в Зале Часов здания Министерства иностранных дел Франции на набережной Кэ д'Орсе. Конвенция была подписана полномочными представителями 17 стран от имени глав соответствующих государств. Со стороны России Его Величества Императора Всех Россий Александр II — г-н Григорий Окунев, кавалер Орденов России: Св. Анны 1-й степени, Св. Станислава 1-й степени, Св. Владимира 3-й степени, командор ордена Почетного Легиона и т.д., действительный статский советник, советник посольства России в Париже.

Извлечения из Метрической Конвенции:

«Ст. 1

Высокие Договаривающиеся Стороны обязуются основать и содержать на общие средства Международное Бюро Мер и Весов, постоянное научное учреждение, с местопребыванием в Париже.

Ст. 2

Французское Правительство примет необходимые меры, чтобы облегчить приобретение или, в случае надобности, постройку специально предназначенного для этой цели здания, на условиях, определяемых приложенным к настоящей Конвенции Регламентом.

Ст. 3

Международное Бюро будет действовать под исключительным руководством и наблюдением Международного Комитета Мер и Весов, который, в свою очередь, подчиняется Генеральной Конференции по Мерам и Весам, образуемой из представителей всех Договаривающихся правительств.

Ст. 4

Председательство на Генеральной Конференции по Мерам и Весам поручается действующему Президенту Парижской Академии Наук.

Ст. 5

Организация Бюро, также состав и функции Международного Комитета и Генеральной Конференции по Мерам и Весам, определяются прилагаемым к настоящей Конвенции Регламентом.

Ст. 6

На Международное Бюро Мер и Весов возлагаются:

1. Все сличения и поверки новых прототипов метра и килограмма.
2. Хранение международных прототипов.
3. Периодические сличения национальных эталонов с международными прототипами и с их свидетелями, а также сличения эталонных термометров.
4. Сличения новых прототипов с основными эталонами метрических мер и весов, применяемых в разных странах и в науке.
5. Выверка и сличение геодезических жезлов.
6. Сличение эталонов и точных шкал, поверяемых по просьбе правительств, научных обществ или отдельных мастеров и учёных».

1881 г.

В Париже на Международной выставке состоялся 1-й Международный конгресс электриков, на котором была принята система единиц физических величин СГС, в которой основными являлись единица длины — сантиметр, единица массы — грамм, единица времени — секунда. А в качестве единицы силы света была принята одна двадцатая часть силы света, излучаемого квадратным сантиметром поверхности затвердевающей платины в направлении, нормальном к поверхности.

1883 г.

В США каждая железная дорога имела своё время, таким образом образовалось 75 разновидностей местного времени.

1885 г.

А. Романов издал монографию «Международная система электрических единиц».

1887 г.

О.Д. Хвольсон издал монографию «Об абсолютных единицах, в особенности магнитных и электрических».

1889 г.

В России Положением о мерах и весах от 4 июня в качестве основной меры были узаконены сутки, равные 24 ч по среднему солнечному времени, с делением часа на 60 минут и минуты на 60 секунд.

1895 г.

2-я Генеральная конференция по мерам и весам признала, что естественным свидетелем размера метра является длина световой волны монохроматического света. После изучения спектральных линий ряда элементов было найдено, что наибольшую точность воспроизведения единицы длины обеспечивает оранжевая линия изотопа криптона-86.

1899 г.

Государственный совет России принял «Положение о мерах и весах» (в основном разработанное Д.И. Менделеевым), которым предусматривалась реформа российских мер и весов.

Также Положением было указано, что счёт времени в Петербурге должен определяться по данным Пулковской обсерватории, в прочих местах — в зависимости от географической долготы.

1901 г.

Итальянским учёным Джованни Джорджи была предложена система единиц МКС. Основными единицами этой системы являлись метр, килограмм, секунда. Эти единицы были выбраны с таким расчётом, чтобы образованные на их основе единицы энергии и мощности совпадали по размеру с практическими единицами — джоулем и ваттом. Позднее за четвёртую основную единицу был принят ампер, и система Джорджи получила наименование МКСА (метр — килограмм — секунда — ампер).

1902 г.

Регулярные астрономические определения времени начали выполняться в лаборатории времени Главной палаты мер и весов (ныне ВНИИМ им. Д.И. Менделеева) для поверки часов и хронометров московского ведомства и других учреждений. До 1921 г. этой лабораторией руководил известный метролог Ф.И. Блумбах.

1904 г.

В Пулковской обсерватории была создана Служба широты и сразу стала одной из ведущих служб в мире. Эти задачи она выполняет до сих пор.

1906 г.

Планк предложил первую естественную систему единиц, основанную на физических константах. В качестве основных единиц он выбрал: скорость света в вакууме, гравитационную постоянную, постоянные Больцмана и Планка.

1910 г.

Появились часы Шорта, которые имели два маятника — основной (свободный), размещённый в стеклянном цилиндре, в котором давление воздуха поддерживалось на уровне 20 мм ртутного столба, и синхронизированный с ним (с помощью электрической схемы) рабочий, приводящий в действие механизм часов и вырабатывающий импульсы для поддержания колебаний основного маятника. Погрешность таких часов не превышала 0,002–0,003 с за сутки.

1912 г.

Международное бюро времени (*Bureau International de l'Heure*) начало деятельность по проведению астрономических наблюдений, определению Всемирного времени UT1, его последующему сглаживанию и использованию для вычисления так называемых сводных моментов ритмических сигналов в международном масштабе.

В России для передачи сигналов точного времени стали использовать радиотелеграф.

1914 г.

Первая передача сигналов точного времени по радио во время работ по определению разности долгот Пулково–Париж. При этом был использован радиотелеграфный передатчик Русского общества беспроволочных телеграфов и телефонов в Петербурге мощностью 100 кВт. Эти передачи были прерваны в связи с началом Первой мировой войны.

1918

В России был утверждён В.И. Лениным декрет Правительства «О введении международной метрической системы мер и весов», подготовленный управляющим Главной палатой мер и весов профессором Н.Е. Егоровым. В том числе декрет установил 1 февраля считать 14 февраля, т.е. вести летоисчисление по григорианскому календарю (взамен летоисчисления по юлианскому календарю). Полный переход на метрические меры завершился в 1927 г.

1919 г.

Во Франции была создана и принята система единиц МТС, с основными единицами — метр, тонна, секунда, применялась до 1961 г.

8 января в СССР был подписан декрет «О введении нового счёта времени по международной системе поясов».

1920 г.

С 1 декабря Служба времени Пулковской обсерватории начала первые регулярные передачи сигналов точного времени (один сеанс в сутки) через Петроградскую радиостанцию «Новая Голландия», с которой она была связана прямыми телеграфными линиями. Они были организованы Пулковским астрономом Н.И. Днепровским при помощи и содействии руководителя Петроградской научно-исследовательской телеграфной и телефонной станции проф. П.А. Азбукина и продолжались до закрытия радиостанции в 1923 г.

1920 г.

Началась ежедневная передача сигналов точного времени Петроградской радиостанцией «Новая Голландия», связанной с Пулковским телеграфом. Сигналы времени передавались до 1923 г.

1921 г.

С 2 мая начались регулярные передачи сигналов времени через московскую Ходынскую радиостанцию, на которую они передавались по проводам из Пулкова.

1923 г.

Вступила в строй Детскосельская радиостанция, через которую регулярно передавались секундные сигналы звёздных часов, сигналы времени и ритмические сигналы. Эта радиостанция с позывными РЕТ передавала сигналы времени в течение 18 лет до 23 июня 1941 г.

1924 г.

Вышло Постановление Совнаркома СССР от 24 июня 1924 г. об образовании при Главной Российской обсерватории в Пулкове Комитета службы времени для организации сети служб времени и выработки мероприятий по распространению точного времени на территории СССР. Этому Комитету были переданы функции Межведомственной комиссии по введению в стране международного счёта времени по системе часовых поясов.

24 июля был создан Межведомственный комитет по службе времени под руководством директора Пулковской обсерватории А.А. Иванова.

1925 г.

Комитет службы времени начал регулярно издавать бюллетени времени, в которых публиковались уточнённые значения времени в средние моменты передач ритмических сигналов советских и иностранных радиостанций, вычисленные на основании астрономических определений Службы времени ГАО в Пулкове, Службы времени ВНИИМ. Необходимость в этом вызывалась тем, что фактическое время передачи сигналов и отечественных, и иностранных радиостанций в те годы значительно (на десятые доли секунды, а иногда и на целые секунды) отличалось от номинального времени, объявлявшегося в программах передач. Но и уточнённые значения времени передач радиосигналов, вычисленные различными службами времени для одних и тех же сеансов, сильно расходились между собой вследствие систематических ошибок астрономических определений и невысокого качества часов — хранителей времени. Эти расхождения превосходили порой 0,1 с.

1927 г.

На 7-й Генеральной конференции по мерам и весам были приняты решения об уточнении определения метра посредством международного прототипа и об установлении соотношения между метром и длиной волны красной линии спектра кадмия.

1928 г.

Техническое бюро Комитета службы времени организовало вычисление вероятнейших значений времени передач радиосигналов, издаваемых под названием «Сводные моменты ритмических сигналов». Метод их вычисления был разработан Н.Х. Прейпичем в Главной палате мер и весов. Спустя три года дифференциальный метод Прейпича был использован Международным бюро времени при Парижской астрономической обсерватории при обработке наблюдений всех служб времени мира.

1931 г.

Начали регулярную работу три новые службы времени: Государственного астрономического института им. Л.К. Штернберга (ГАИШ), Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэрофотосъёмки и картографии (ЦНИИГАиК) в Москве и Ташкентской астрономической обсерватории (ТАО). В том же году служба времени ГАИШ начала передавать сигналы поверки времени (два длинных и один короткий) и сигналы точного времени через московские радиостанции, а Служба времени ТАО — сигналы точного времени через коротковолновую радиостанцию.

1933 г.

Была организована служба времени Харьковского государственного университета им. А.М. Горького. Помимо астрономических определений времени, она вела регулярные передачи сигналов времени через радиостанцию РВ-20 и экспериментальные передачи сигналов высокостабильных частот через коротковолновую радиостанцию с позывным РКААР.

В Академии наук СССР была создана Комиссия по технической терминологии.

8-я Генеральная конференция по мерам и весам санкционировала принцип замены международных электрических единиц «абсолютной» системой электрических единиц. Конференция уполномочила Международный комитет мер и весов установить соотношения между единицами и дату введения новых единиц. Вторая мировая война помешала этому переходу в намеченный срок (1 января 1940 г.). В 1946 году был назначен новый срок — 1 января 1948 г.

В СССР принята система единиц МТС (метр, тонна, секунда), действовавшая до 1955 года.

1934 г.

Международной электротехнической комиссией (МЭК) была рассмотрена система МКСА, предложенная ещё в 1901 году итальянским учёным Джованни Джорджи.

В СССР секунда принята равной $1/86400$ части средних солнечных суток. Это определение действовало до 1956 г.

1935 г.

Международной электротехнической комиссией на основе референдума, проведённого между электротехническими комитетами различных стран при участии генерального секретаря Международного союза чистой и прикладной физики, принято решение о присоединении системы практических единиц к системе МКС.

Также было решено для практической единицы магнитного потока принять название «вебер», для единицы частоты рекомендовать название «герц» и для практической единицы электрической проводимости — название «сименс». Название единицы проводимости «мо» было признано неправильным.

В СССР был узаконен новый тон «ля» — 440 Гц (до этого — 435 Гц) для музыкальной настройки. Несколько лет спустя этот музыкальный строй был принят и в других странах.

1936 г.

Организация Академией наук СССР Комиссии по технике службы времени при Отделении технических наук под руководством члена-корреспондента АН СССР А.А. Иванова. Эта комиссия, объединявшая крупнейших специалистов в области службы времени, астрономов и физиков (в число её членов входили академик В.Ф. Миткевич, член-корреспондент АН СССР С.Н. Блажко, профессора Н.И. Днепровский, П.А. Азбукин, Н.Н. Павлов, Н.Х. Прейпич, П.Н. Долгов, инженеры А.В. Виноградов, Н.Н. Шишкин, П.С. Попов, Г.А. Локшин, В.Г. Шапошников и др.), в течение сравнительно небольшого срока своего существования (1936–1941 гг.) энергично и успешно занималась решением вопросов, связанных с научной постановкой, техническим вооружением и организацией службы времени.

В службе времени ЦНИИГАиК П.С. Поповым были проведены первые работы по созданию кварцевых часов в СССР.

Н.Г. Пономаревым была разработана конструкция Пулковского горизонтального солнечного телескопа, оптику для которого рассчитал и изготовил Д.Д. Максудов.

1937 г.

Московский институт связи Наркомата связи СССР начал передавать сигналы высокостабильной частоты 90 кГц через радиостанцию с позывными РЕС.

1938 г.

В систему Государственной службы времени включилась Служба времени Николаевского отделения ГАО АН СССР.

По поручению Совета Народных Комиссаров СССР Президиум АН СССР при создании Отделения технических наук преобразовал Комиссию по технической терминологии в Комитет технической терминологии со статусом самостоятельного научного учреждения на правах института.

1940 г.

В СССР действовало семь служб времени — треть работающих в мире. Сигналы точного времени передавались советскими радиостанциями 7 раз в сутки: 5 сеансов из Москвы через одну длинноволновую и две коротковолновые радиостанции одновременно и по одному сеансу из Ленинграда (Детское село) на длинных волнах и из Ташкента на коротких волнах. Для хранения времени служили маятниковые часы Шорта, среднеквадратическая вариация суточного хода которых составляла 2–3 мс. Для передач ритмических сигналов использовались часы-лониус Шорта и подающие часы Леруа. Уклонения времени передач сигналов от программных моментов достигали 0,2 с. Точность лучших астрономических определений времени на пассаж-

ных инструментах с контактным микрометром из одной серии наблюдений (10–15 звёзд) характеризовалась среднеквадратической погрешностью $\pm 0,025$ с. Среднеквадратическая погрешность приёма радиосигналов в лучших службах времени составляла ± 3 – 4 мс. Точность определения вероятнейших значений времени передач радиосигналов — сводных моментов — характеризовалась средней квадратической ошибкой порядка сотых долей секунды. Погрешность передаваемых по радио сигналов образцовых частот составляла $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

В СССР был организован Всесоюзный комитет стандартов при Совете Народных Комиссаров СССР. С этого времени общесоюзные стандарты стали называться государственными стандартами и обозначаться индексом ГОСТ с добавлением порядкового номера и года утверждения, например, ГОСТ 169-40.

Официально была оформлена система допусков и посадок системы ИСА в виде Бюллетеня ИСА № 25 (внедрение началось в 1932 г.).

1941 г.

Начало Великой Отечественной войны. Прекращение работы Службы времени в Харькове и Николаеве. Разрушение Пулковской обсерватории. Эвакуация на восток московских служб времени. Продолжение работы в Ленинграде Службы времени ВНИИМ, обеспечивая нужды ближайших сухопутных и морских фронтов. Продолжение работы в Москве сотрудниками ГАИШ (М.А. Смирновой, А.С. Миролубовой и др.) ежесуточной передачи сигналов поверки времени для авиации, армии и флота. Увеличение объёма работы Службы времени ТАО, передача ритмических сигналов 3 раза в сутки.

7 ноября начала передавать сигналы точного времени эвакуированная в Свердловск Служба времени ГАИШ. С декабря она ежесуточно передавала 8 сеансов ритмических сигналов и 3 раза в сутки сигналы поверки времени. Она же приняла на себя работу по вычислению сводных моментов.

1942 г.

С августа начала работу в г. Джамбуле Служба времени ЦНИИГАиК. Службы времени ТАО, ГАИШ, ЦНИИГАиК перешли на круглосуточную работу, контролируя 18 сеансов передач сигналов точного времени.

1944 г.

Возвращение в Москву Службы времени ГАИШ и ЦНИИГАиК.

Правительством СССР было принято Постановление о восстановлении Пулковской обсерватории на старом месте в числе других разрушенных обсерваторий на Европейской части СССР.

На базе лаборатории времени Московского государственного института мер и измерительных приборов (МГИМИП) была организована новая Служба времени.

В астрономическом журнале Академии наук СССР (1944 XXI, 4) Комитетом технической терминологии подготовлена «Терминология службы времени». Из текста: «...Предлагаемый список терминов является первой работой в СССР по установлению правильной системы терминов в области Службы времени. Работа эта проведена Комитетом технической терминологии Академии наук СССР».

Л.В. Черепиным было выпущено учебное пособие по метрологии «Русская метрология», в котором была дана общая сводка всех работ по метрологии.

1945 г.

Начались строительно-восстановительные работы под руководством директора Пулковской обсерватории Г.Н. Неуймина. План восстановления разработал академик А.В. Щусев, а детальным проектированием занимался архитектор Д.Х. Еникеев. Строительные работы были поручены Ленакадемстрою под руководством Б.А. Берлина.

1947 г.

Возобновление работы Службы времени ГАО АН СССР, разместившейся временно в Астрономической обсерватории Ленинградского государственного университета им. А.А. Жданова. Здесь начинает регулярно использоваться первая фотоэлектрическая установка для регистрации прохождений звезд, за разработку которой её автор Н.Н. Павлов был удостоен Государственной премии.

В СССР при Комитете по делам мер и измерительных приборов Постановлением Совета Министров СССР № 3816 от 16 ноября 1947 года «Об организации единой службы времени» была создана Межведомственная комиссия единой службы времени для координации деятельности министерств и ведомств по обеспечению народного хозяйства информацией об эталонном времени. При ней было создано Центральное научно-исследовательское бюро единой службы времени (ЦНИБ). Службу времени возглавил Н.Н. Шишкин.

1948 г.

Во ВНИИМ был создан первый в нашей стране Государственный эталон частоты, состоящий из группы кварцевых генераторов с суточной нестабильностью $2 \cdot 10^{-9}$. Определение действительных значений частот генераторов эталона осуществлялось методами Службы времени. Погрешность предварительных значений составляла $1 \cdot 10^{-8}$, окончательных (спустя 3 месяца) $0,5 \cdot 10^{-8}$.

Руководители этой работы Б.К. Шембель, П.Н. Агалецкий, М.Х. Макашев и О.А. Тхоржевский были удостоены Государственной премии.

Возобновила работу Служба времени в Харькове, на базе Астрономической обсерватории Иркутского государственного университета им. А.А. Жданова начала работу Иркутская служба времени ЦНИБ. С осени ЦНИБ приняло на себя вычисление сводных моментов и публикацию бюллетеней.

Во ВНИИФТРИ были изготовлены три кварцевых генератора М1, М2 и М3 из отечественных и трофейных деталей.

Вышло Постановление Совета Министров СССР от 9 октября 1948 г. № 3804 «О неудовлетворительном выполнении Постановления Совета Министров СССР от 16 ноября 1947 г. «Об организации единой службы времени».

Международный союз чистой и прикладной физики представил на 9-ю Генеральную конференцию по мерам и весам предложение, в котором предусматривалось принятие Международной практической системы единиц с основными единицами — метр, килограмм (масса), секунда и одной единицей Абсолютной практической системы электрических единиц.

1949 г.

В ХГИМИП были изготовлены три кварцевых генератора из отечественных деталей с кварцевыми элементами трофейными и собственного изготовления.

Под руководством П.С. Попова и Г.Н. Паляя была создана группа кварцевых часов и начаты передачи образцовой частоты 1000 Гц в различные учреждения, вначале по телефонным линиям.

На Центральное научно-исследовательское бюро единой службы времени (ЦНИБ) возложено руководство деятельностью по проведению астрономических наблюдений, определению Всемирного времени UT1, его последующему сглаживанию и использованию для вычисления так называемых сводных моментов ритмических сигналов. До 1949 г. эту работу возглавляли: в послевоенные годы — ЦНИИГАиК, в военное время — ГАИШ МГУ, а до Великой Отечественной войны — ГАО РАН.

1951 г.

В работу Государственной службы времени и частоты включилась Служба времени в г. Николаеве, и начала наблюдения Служба времени Латвийского государственного университета им. П. Стучки в Риге.

При вычислении сводных моментов стал применяться новый метод вычислений, разработанный О.К. Уховой по идеям Н.Н. Павлова, усовершенствованный впоследствии Д.Ю. Белоцерковским.

1952 г.

ЦНИБ начало вести регулярные передачи сигналов точного времени через московские радиостанции, используя разработанную в нём автоматическую аппаратуру, действующую от генераторов кварцевых часов.

В ХГИМИП был введён в эксплуатацию эталон времени и частоты, созданный под руководством Л.Д. Брызжева. Кварцевые часы ЦНИБ, ЦНИИГАиК, ХГИМИП и ВНИИМ ежедневно сравнивались между собой по телефонным линиям, из лучших образовывался групповой хранитель, который использовался при экстраполяции поправок часов для передачи сигналов точного времени.

В Пулковской обсерватории был организован Отдел астрономического приборостроения. Его возглавил выдающийся оптик член-корреспондент АН СССР Д.Д. Максудов. В Отдел был приглашён известный конструктор Б.К. Иоаннисиани. Огромный вклад в теорию астрономических инструментов внесли выдающиеся оптики Г.Г. Слюсарев и Н.Н. Михельсон.

Ф.М. Федченко (позднее сотрудник ВНИИФТРИ) предложил наилучшую конструкцию изохронного подвеса для маятников часов.

1953 г.

Начала регулярную работу Советская служба широты. С этого времени при вычислении сводных моментов из результатов астрономических определений времени исключается влияние колебания полюса, и ежемесячные бюллетени выходят под названием «Эталонное время в средние моменты передач радиосигналов».

В Иркутске функционировали две службы времени — Служба времени ЦНИБ и университетская Служба времени.

1954 г.

10-я Генеральная конференция по мерам и весам приняла в качестве основных единиц новой системы следующие: длина — метр; масса — килограмм; время — секунда; сила тока — ампер; температура термодинамическая — градус Кельвина; сила света — кандела.

Служба времени ГАО АН СССР вернулась во вновь отстроенное Пулково, а в обсерватории ЛГУ продолжала работу ставшая самостоятельной Служба времени Ленинградского университета.

1955 г.

На базе ЦНИБ был создан Всесоюзный научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ). С этого времени одно из подразделений ВНИИФТРИ имеет статус Главного метрологического центра Государственной службы времени и частоты.

1955 г.

В целях обеспечения синхронной работы всех НИПов были организованы передачи сигналов времени от Госэталона времени ВНИИФТРИ через Горьковскую СВД радиостанцию ВМФ со всенаправленной диаграммой излучения. Задача синхронизации шкал времени была решена созданием системы контроля за передачами сигналов эталона, по каналу связи ГШ ВМФ, осуществляемого ежесуточно дежурными Службы времени под руководством С.Б. Пушкина в течение 5 лет.

1956 г.

Международным комитетом мер и весов была рекомендована шкала времени ЕТ (эфемеридное время), воспроизводящая течение времени по положению Земли в звёздном пространстве с помощью эфемерид — вычисленных параметров положения небесных тел на определённые моменты времени и занесённых в астрономические таблицы. В качестве эталона времени был принят тропический год, т.е. промежуток времени между двумя последовательными прохождением Солнца через точку весеннего равноденствия. Но так как тропический год — величина непостоянная (продолжительность его уменьшается на полсекунды за столетие), то в качестве эталона был принят 1900 год, начинавшийся для гринвичского меридиана в полдень 1 января 1900 года.

На Московском Октябрьском радиоцентре в качестве задающего генератора устанавливается образцовая мера частоты, и с этого времени передатчик РВМ начинает передавать образцовые частоты 10 и 15 МГц по одному сеансу в сутки. При этом гарантируется, что погрешность передаваемых частот не превышает $2 \cdot 10^{-8}$. Такие же меры частоты с улучшенными метрологическими характеристиками позднее были установлены и на другом Московском радиоцентре (1958 г.), и на Иркутском радиоцентре (1962 г.).

В период Международного геофизического года и Международного года геофизического сотрудничества (VII.1957–XII.1959) службы времени СССР принимали активное участие в выполнении международной программы наблюдений.

При активном содействии Национального комитета по проведению МГГ при Президиуме АН СССР значительно обновилось и пополнилось оборудование служб времени СССР. К этому времени отечественная промышленность освоила выпуск 100-мм пассажных инструментов. Было приобретено за границей несколько комплектов первоклассных по тому времени кварцевых часов. В службах времени были изготовлены приборы для осциллографического приёма радиосигналов. Увеличилось число сеансов передач сигналов точного времени.

Большую практическую пользу имело составление общего списка звёзд служб времени СССР (этот список лёг в основу сводного каталога) и вычис-

ление видимых прямых восхождений звёзд этого списка, организованное в 1956 г. в Институте теоретической астрономии АН СССР (с 1965 г. эти вычисления выполняются во ВНИИФТРИ).

На основании лучших индивидуальных каталогов служб времени в ГАО АН СССР под руководством Н.Н. Павлова был составлен «Сводный каталог служб времени (КСВ)», превосходящий по точности все существовавшие до того каталоги.

1957 г.

Под руководством главного конструктора ЛНИРТИ Н.А. Бегуна впервые в СССР был создан комплекс аппаратуры службы единого времени, использовавшейся для синхронизации измерительных и управляющих средств первых космических полётов. В дальнейшем системы синхронизации и единого времени, разработанные в ЛНИТРИ, вошли в состав практически всех комплексов ракетно-космической техники, созданных в СССР и Российской Федерации.

4 октября, в день запуска первого советского искусственного спутника Земли, Служба времени ВНИИФТРИ начала передавать через широкоэвещательные радиостанции сигналы времени в виде шести точек и через специальные радиостанции секундные, минутные и пятиминутные сигналы длительными сеансами для обеспечения станций наблюдения ИСЗ.

1958 г.

Сигналы поверки времени в виде шести точек передаются каждый час круглосуточно, взамен сигналов старого типа, передававшихся два раза в сутки службой времени ГАИШ. С этого года начались регулярные круглосуточные передачи образцовых частот 10 и 15 МГц радиопередатчиком РВМ и образцовой частоты 100 кГц передатчиком РЕС, а все передачи сигналов времени через московские радиостанции осуществлялись из ВНИИФТРИ.

ВНИИФТРИ в готовом виде из ФРГ (фирма Родэ и Шварц) получены кварцевые генераторы М4, М5 и М6.

1959 г.

Государственная служба времени стала использовать квантово-механические меры частоты — аммиачные молекулярные генераторы, созданные в ХГИМИП под руководством А.Я. Лейкина. Честь открытия этих новых квантово-механических источников высокостабильных электромагнитных колебаний принадлежит Н.Г. Басову и А.М. Прохорову, удостоенным за это открытие Ленинской премии и, вместе с Ч. Таунсом, Нобелевской премии. Их работа получила широкое развитие в Советском Союзе и за рубежом, коренным образом изменив основу службы времени и частоты. При помощи

квантово-механических мер частоты впервые была реализована возможность воспроизводить интервалы времени неизменной длительности.

Начались регулярные работы в Службе времени и частоты Новосибирского государственного института мер и измерительных приборов (НГИМИП).

Ретрансляция московских сигналов иркутским радиопередатчиком была заменена передачами сигналов от аппаратуры Иркутской службы времени и частоты ВНИИФТРИ. За период МГГ и МГГС службы времени СССР выполнили 12 875 астрономических определений времени, в два раза больше, чем за три предшествующих года. Всё это способствовало повышению точности, увеличению объёма работ служб времени и улучшению обеспечения страны сигналами точного времени и образцовых частот.

1960 г.

11-я Генеральная конференция по мерам и весам приняла решение:

- присвоить системе, основанной на шести основных единицах, наименование «Международная система единиц»;
- установить международное сокращённое наименование этой системы «SI» (начальные буквы французского наименования *Systeme International Unites*), в русской транскрипции — СИ;
- ввести таблицу приставок для образования кратных и дольных единиц;
- образовать 27 производных единиц Международной системы, указав, что в будущем могут быть добавлены другие производные единицы.

Также принято новое, уже упоминавшееся определение метра в длинах волн как наиболее точное: метр — длина, равная 1650763,73 длины волны в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями 2P₁₀ и 3d₅ атома криптона-86.

Также было принято, что секунда — 1/31556925,9747 часть тропического года для 1900 г. января 0 в 12 часов эфемеридного времени. Размер секунды при таком определении равен средней продолжительности секунды за последние триста лет.

1961 г.

С 12 апреля начала регулярную работу мощная ширококвещательная Иркутская радиостанция РВ-166. Установленная на ней образцовая мера частоты обеспечивала высокую стабильность несущей частоты 200 кГц.

В целях обеспечения орбитальных измерений во время запуска пилотируемых кораблей с Юрием Гагариным, а затем с Г.С. Титовым, обеспечивалась синхронизация сигналов времени через Хабаровскую СДВ радиостанцию группой сотрудников ВНИИФТРИ под руководством Д.Ю. Белоцерковского.

В соответствии с Постановлением Правительства о круглосуточных передачах образцовых эталонных частот и сигналов точного времени, с начала

1962 года должны были начать работу специально выделенные радиопередатчики в Москве, Иркутске и Ташкенте.

Впервые в Государственную службу времени были введены разработанные под руководством Г.Г. Рахимова и Г.А. Ёлкина молекулярные генераторы на линии 3-3 аммиака. В ноябре был запущен молекулярный генератор на линии 3-2 аммиака $N_{14}H_3$, обладавший по сравнению с 3-3 меньшими параметрическими зависимостями.

Начало работ по переходу к атомной секунде.

1962 г.

В соответствии с рекомендацией IX Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза передачи сигналов времени велись в системе приближённо-равномерного времени, основу которой составляли астрономические определения, использовавшиеся для контроля ходов и показаний часов и их регулировки.

Два молекулярных генератора на линии 3-2 аммиака $N_{14}H_3$ были введены в Государственную службу времени. Ввод в регулярную эксплуатацию разработанных во ВНИИФТРИ молекулярных генераторов под руководством Г.А. Ёлкина позволил с 1962 г. вести передачи времени и частоты в ступенчато-равномерной системе. В этой системе длительность секундных интервалов устанавливалась близкой к длительности средней солнечной секунды текущего года и поддерживалась постоянной в течение календарного года с помощью молекулярных генераторов. Когда расхождение между временем сигналов и приближённо-равномерным временем достигало регламентированного предела 50 мс, в моменты передачи сигналов вводилась корректировка, устранявшая это расхождение.

1963 г.

1 января в СССР был введён ГОСТ 9867-61. Международная система единиц, согласно которому система СИ была признана предпочтительной во всех областях науки, техники и народного хозяйства.

В Купавне (Москва), Ангарске (Иркутск) и Ташкенте в специально разработанных защищённых помещениях разместили рабочие эталоны времени на базе прецизионных кварцевых генераторов с аппаратурой контроля и аппаратурой бесперебойного питания.

1964 г.

1 января шкала равномерного атомного времени была совмещена со шкалой всемирного времени в 12 ч всемирного времени.

Во ВНИИФТРИ 3 апреля Г.А. Ёлкиным был запущен водородный генератор. Разработаны и введены в Государственную службу времени генераторы

на линии 3-3 изотопного аммиака $N_{15}H_3$ с рекуперацией аммиака. Погрешность воспроизведения частоты $(1...2) \cdot 10^{-11}$.

Для передач сигналов точного времени и образцовой частоты начинает использоваться коротковолновый передатчик Новосибирского радицентра, на который сигналы передаются из Службы времени НГИМИП, а с 1965 г. три радиопередатчика (в Москве, Иркутске и Новосибирске) переходят на круглосуточные передачи сигналов времени и образцовых частот.

Последними изменениями в составе служб времени и частоты Советского Союза явилось объединение служб времени ГАИШ и ЦНИИГАиК.

1965 г.

12-я Генеральная конференция по мерам и весам и Международный комитет мер и весов в целях дальнейшего повышения точности воспроизведения единицы времени и частоты приняли для временного применения определение секунды, основанное на атомном эталоне частоты.

Для выполнения постановления модернизировались эталоны ГСВЧ в Новосибирске, Иркутске, Хабаровске, обеспечивающие контроль за передачами сигналов времени на длинных и сверхдлинных волнах.

Осуществлялась передача сигналов КВ радиостанций в Новосибирске, Иркутске, Хабаровске для синхронизации шкал времени.

По договору с ЛНИРТИ (ныне РИРВ) была поставлена задача — разработать для поставки на объекты квантовое устройство с погрешностью воспроизведения частоты не хуже $5 \cdot 10^{-12}$. Естественно, во ВНИИФТРИ был выбран молекулярный генератор, в ЛНИРТИ — непрерывно работающая цезиевая трубка.

Для Службы времени и частоты Госстандарта СССР, а также для Автоматизированного центра управления системой единого времени были разработаны и внедрены новые водородные генераторы с суточной нестабильностью частоты $1 \cdot 10^{-13}$, которые реализовали систему группового хранения, позволившие обеспечить улучшенную шкалу времени по сравнению с каждым любым генератором частоты и времени, входящим в групповой эталон. Эти уникальные групповые эталоны времени были разработаны в ГНИПИ под научным руководством д.т.н. А.А. Ульянова.

1966 г.

Был определён размер национальной атомной секунды через переход в сверхтонкой структуре основного состояния атома водорода. В Государственную службу времени внедрены водородные генераторы, выполнено независимое определение размера атомной секунды и велись работы по созданию государственного первичного эталона времени и частоты.

На базе комплекса научно-исследовательских и экспериментальных работ завершается создание сети коротковолновых передающих радиостанций

Государственной службы времени и частоты, связанных оперативной системой синхронизации (Г.Н. Палий, Н.А. Тельпуховский, А.Г. Флеер, Е.В. Артемьева, Л.А. Соловьёва и др.). С этого года, кроме ведущей московской длинноволновой радиостанции РЕС, семь коротковолновых радиостанций (по две в Москве, Иркутске и Ташкенте и одна в Новосибирске) круглосуточно передают сигналы точного времени и образцовые частоты 2,5; 5; 10 и 15 МГц, а также частоты со сдвигом ± 4 кГц относительно номинала. Образцовую несущую частоту излучает также длинноволновая Иркутская ширококвещательная радиостанция. Относительная погрешность излучаемых несущих частот радиостанций составляла $1 \cdot 10^{-10}$.

Развёртывались новые поисковые исследования. Так, принципы синхронизации на основе обратной ретрансляции сигналов времени были перенесены в систему метеорных радиолиний синхронизации с зеркальным отражением синхросигнала от одного и того же метеорного следа в обе стороны в диапазоне 40–90 МГц. Работы по использованию ИСЗ в системе единого времени были выполнены д.т.н. В.П. Кузнецовым, А.В. Невзоровым, к.т.н. П.А. Рыбьянцевым, к.т.н. В.В. Горюновым, П.П. Михайловым. Решение задачи передачи сигналов точного времени через спутник непосредственного вещания было выполнено П.П. Михайловым.

1967 г.

Решением 13-й Генеральной конференции по мерам и весам установлено, что продолжительность секунды составляет 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного атома цезия-133, не возмущённого внешними полями.

1968 г.

Во ВНИИФТРИ был разработан и внесён проект стандарта Государственной системы эталонов и образцовых мер времени и частоты СССР. Руководителем и исполнителем был В.Н. Титов. Проект стандарта должен был распространяться на государственные эталоны, рабочие эталоны и образцовые меры времени и частоты, образующие единую Государственную систему эталонов и образцовых мер в данной области измерения. Проект стандарта должен был установить единицы времени и частоты и шкалы времени, воспроизводимые Государственным эталоном, и определить порядок передачи размера единиц времени и частоты и шкал времени рабочим эталонам, образцовым и рабочим мерам времени и частоты. Проект стандарта дальнейшего развития не получил.

1969 г.

В опытную эксплуатацию в составе Государственного эталона времени и частоты были переданы 3 водородных стандарта частоты с погрешностью

воспроизведения частоты не более $5 \cdot 10^{-13}$. Эти стандарты частоты составляли основу Государственного эталона времени и частоты в 1970–76 гг. Ответственным за перебойную работу хранителей был назначен В.С. Казачок. Такие же стандарты были введены в Иркутской службе времени, в Центрах метрологии и стандартизации в Киеве и в Минске, в Хабаровской службе времени, в ГАО АН СССР в Пулково, в Астрономической обсерватории в Николаеве и во ВНИИКП в Москве. То есть была создана сеть высокоточных вторичных эталонов времени и частоты страны.

Переход Государственного эталона времени и частоты на водородные хранители частоты.

Начались экспериментальные работы по использованию для привязки местных шкал времени к шкале Государственного эталона широкополосных каналов связи, в частности радиоканалов ИСЗ типа «Молния-1» (ретранслятор) и сети приёмных пунктов «Орбита».

До внедрения в Государственную службу времени и частоты квантово-механических генераторов астрономические наблюдения являлись единственным способом определения времени и установления размера основной единицы его измерения. На повышение точности астрономических определений всемирного времени постоянно были направлены усилия специалистов Служб времени, работающих в этой области. Повышение точности астрономических определений времени обязано в первую очередь внедрению фотоэлектрического метода регистрации прохождений звёзд.

1970 г.

Горьковским научно-исследовательским приборостроительным институтом (ГНИПИ) во ВНИИФТРИ были поставлены первые комплекты водородных генераторов (Ч1-44). Погрешность воспроизведения частоты предполагалась $3 \cdot 10^{-12}$.

Астрономические наблюдения советских служб времени обрабатывались в системе Астрономического каталога.

Повышению точности астрономических определений времени ГАО АН СССР способствовало изготовление по идеям Н.Н. Павлова новых пассажных инструментов с закрытыми цифрами, хорошей термической изоляцией и повышенной устойчивостью.

Совершенствование метода экстраполяции поправок часов и предвычисления исходных данных для передач сигналов точного времени и частот было достигнуто благодаря разработкам более строгой теории и применению более совершенных технических средств хранения времени.

Коренное изменение претерпел метод вычисления сводных моментов. С 1970 г. эти вычисления выполняются при помощи ЭВМ.

Высокая точность работы советских служб времени и частоты, подробная публикация результатов наблюдений в бюллетенях «Эталонное время», со-

проводящаяся анализом точности работы служб времени, широкое распространение этих бюллетеней за границей привели к участию в работе Государственной службы времени ряда служб времени социалистических стран. В работу Государственной службы времени и частоты на основе добровольной кооперации включились службы времени Астрономического института АН ЧССР в Праге (1955 г.), Потсдамского геодезического института АН ГДР в Берлине (1957 г.), Геодезической обсерватории АН ЧССР в Пекны (1963 г.), Института геодезии и картографии ПНР в Боровой Гуре (1965 г.), Центральной геодезической лаборатории АН НРБ в Софии (1966 г.), Астрономической широтной станции АН ПНР в Боровце (XII, 1969), Астрономической и геофизической обсерватории Политехнического института в Праге и Белградской астрономической обсерватории ФНРЮ (1971 г.).

В СССР был введён в действие ГОСТ 16263-70 «Метрология. Термины и определения», устанавливающий основную терминологию в метрологии.

Был разработан проект стандарта «Единицы физических величин», в котором предусматривалось обязательное применение единиц СИ в народном хозяйстве.

Был утверждён и введён в действие Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР ГОСТ 15855-70 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения», разработанный и внесённый ВНИИФТРИ.

Стандарт установил применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий в области измерений времени и частоты. Термины, установленные стандартом, были обязательны для применения в документации всех видов, в учебниках, учебных пособиях, технической и справочной литературе. Приведённые определения можно было при необходимости изменять по форме изложения, не допуская нарушения границ понятия. Для каждого понятия был установлен один стандартизованный термин. Документ содержит 33 термина. Алфавитный указатель терминов на русском языке приведён в таблице, в колонке 1970 (номер в колонке соответствует номеру в алфавитном указателе терминов на русском языке для данного стандарта).

Руководителем и исполнителем работы был В.Н. Титов.

1971 г.

Объединение двух Иркутских служб времени и вступление в строй Службы времени и частоты в Хабаровском филиале ВНИИФТРИ.

1972 г.

Был осуществлён переход с гринвичского времени (GMT) на Всемирное координированное время (UTC).

Установками для фотоэлектрической регистрации были снабжены 10 пассажных инструментов в восьми службах времени Советского Союза. Уменьшению погрешностей астрономических определений времени немало способствовали работы по наблюдению и вычислению каталогов прямых восхождений звёзд. Особо точные каталоги были получены на фотоэлектрических пассажных инструментах ГАО АН СССР.

Вышло Постановление Правительства «О работах по созданию ГЭВЧ с погрешностью $S_0 < 1 \cdot 10^{-13}$ и об использовании для целей синхронизации эталонов ЭСЧВ, передаваемых по ТВ каналам». В целях выполнения постановления был разработан метод и аппаратура, позволяющие передавать сигналы времени по наземным каналам телевидения в совместном режиме и разработана приёмная аппаратура, позволяющая сличать эталоны со случайной погрешностью $\sim 0,1$ мс. Этой приёмной аппаратурой были оснащены пункты передач сигналов времени на ДВ навигационных системах. Для измерения задержек секундных ТВ сигналов ГМЦ ГСВЧ был создан специальный автобус, оснащённый измерительной аппаратурой и перевозимыми квантовыми часами, с помощью которых калибровались задержки сигналов ТВ на ДВ и СДВ передающих системах.

1973 г.

Взамен ГОСТ 15855-70 ВНИИФТРИ проводилась разработка новой редакции Государственного стандарта «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения».

На первую редакцию ПГ 420-91-73 «Измерение времени и частоты. Термины и определения» в течение 1973 года были получены отзывы из 60 организаций. 33 организации не сделали замечаний и предложений, 27 организаций прислали 227 замечаний и предложений.

1974 г.

Введён в действие ГОСТ 8.129-74. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений времени и частоты.

1975 г.

В состав Государственного эталона времени и частоты введён цезиевый репер частоты, выполнено определение размера секунды в соответствии с международным определением в системе СИ.

1976 г.

2 ноября Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР утвердил представленный ВНИИФТРИ Государственный

эталон времени и частоты СССР и внёс его в реестр под № 1. ГЭТ 1-76 был аттестован с требуемыми метрологическими характеристиками: $S_0 = 1 \cdot 10^{-13}$, $\theta_0 = 1 \cdot 10^{-12}$. Полученные метрологические характеристики обеспечивали контроль за передачами ЭСЧВ с требуемой точностью.

Во ВНИИФТРИ 20 февраля выпущен первый бюллетень А «Всемирное время и координаты полюса». Начиная от этого момента, определяются и координаты полюса и Всемирное время. Вычисления проводятся еженедельно по методике, разработанной М.Б. Кауфманом.

Вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 1043-361 от 16.12.76 г. «О развёртывании Единой космической навигационной системы ГЛОНАСС (ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система)». В 1976 г. были разработаны технические предложения, а в 1978 г. — эскизный проект навигационной спутниковой системы второго поколения ГЛОНАСС.

1977 г.

Горьковским научно-исследовательским приборостроительным институтом (ГНИПИ) начались поставки водородных генераторов: Ч1-46 (1977 г.); Ч1-70 (1979 г.), но по своим точностным характеристикам и удобству эксплуатации они уступали находящимся в Государственном эталоне времени и частоты атомикронам ВНИИФТРИ.

8 декабря взамен ГОСТ 15855-70 был утверждён и введён в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР № 2839 ГОСТ 15855-77. Государственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения.

Стандарт установил применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий в области измерений времени и частоты. Термины, установленные стандартом, были обязательны для применения в документации всех видов, в учебниках, учебных пособиях, технической и справочной литературе. Приведённые определения можно было при необходимости изменять по форме изложения, не допуская нарушения границ понятия. Для каждого понятия был установлен один стандартизованный термин. Применение терминов — синонимов стандартизованного термина было запрещено. Недопустимые к применению термины-синонимы были приведены в стандарте в качестве справочных и обозначены «Ндп». Для отдельных стандартизованных терминов в стандарте были приведены их краткие формы, которые разрешалось применять в случаях, исключающих возможность их различного толкования. В стандарте в качестве справочных были приведены иностранные эквиваленты стандартизованных терминов на немецком и английском языках. Приведены алфавитные указатели содержащихся терминов на русском языке и их иностранных эквивалентов.

В стандарте приведено рекомендуемое приложение, содержащее термины и определения характеристик мер времени и частоты.

Документ содержал 43 термина.

Введён в действие ГОСТ 8.129-77. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений времени и частоты.

1978 г.

На 43-м заседании Постоянной комиссии СЭВ по стандартизации был принят стандарт СЭВ (СТ СЭВ 1052-78) «Единицы физических величин», разработанный НПО ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. Этот стандарт лёг в основу Государственного стандарта СССР — ГОСТ 8.417-81.

1979 г.

Резолюцией 16-й Генеральной конференции по мерам и весам установлено, что единица силы света кандела — сила света в заданном направлении источника, испускающего излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

1981 г.

Вышло Постановление Совета Министров СССР № 310 от 30 марта 1981 года «О дальнейшем совершенствовании деятельности Государственной службы времени и частоты СССР».

Начало опытной эксплуатации наземной инфраструктуры системы ГЛОНАСС.

1 января в СССР было установлено обязательное применение Международной системы СИ. С этой даты стал действовать ГОСТ 8.417-81. Единицы физических величин, введённый постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 марта 1981 г. № 1449. ГОСТ 8.417-81 полностью соответствовал СТ СЭВ 1052-78 «Метрология. Единицы физических величин», утверждённому Постоянной комиссией по стандартизации в Софии в июне 1978 г.

1983 г.

17-я Генеральная конференция по мерам и весам установила метр как длину пути, проходимого светом в вакууме за $1/299792458$ секунды.

1984 г.

Шкала эфемеридного времени (ЕТ) была заменена двумя шкалами динамического времени (DT): земное динамическое время (TDT) и барицентрическое динамическое время (TDB).

Согласована разработка системы «Квазар-КВО» в ИПА РАН в составе шести обсерваторий. Из-за недостатка финансирования на сегодня в системе создано три обсерватории в районах: «Светлое» Ленинградской области, «Зеленчукское» на Северном Кавказе и в Бурятии — «Бадары».

1985 г.

Решением Госстандарта СССР был утверждён первый вариант нового эталона единиц времени, частоты и длины.

Введён в действие ГОСТ 8.129-83. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный первичный эталон и Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты. Взамен ГОСТ 8.129-77.

Во ВНИИФТРИ проводились измерения частоты He-Ne/CH₄ лазера с помощью полностью синхронизированной лазерной цепи, которые ещё раз подтвердили несходимость результатов измерений ВНИИФТРИ с результатами, полученными во всех других лабораториях, но по-прежнему подтверждающие предыдущие результаты ВНИИФТРИ. Были проведены первые сличения перевозимого лазера М101 с лазерами МБМВ, и была достигнута договорённость о проведении совместного с LPTF эксперимента по абсолютному измерению частоты лазера М101, опираясь на известное значение частоты CO₂/OSO₄ лазера. В дальнейшем проводились абсолютные измерения частоты на умножительных цепях в Канаде и Германии при участии МБМВ, имеющего также перевозимые лазеры. Были проведены также сличения с лазерами NRLM и многократные сличения с более точными двухмодовыми лазерами с разрешённой сверхтонкой структурой, разработанными в ФИАН СССР. Сличения в РТВ также проводились с пучковым лазером с разрешённой сверхтонкой структурой.

1986 г.

Во ВНИИФТРИ создан единый эталон времени и частоты с эталоном длины с помощью радиооптического моста (РОЧМ).

Б.А. Гайгеровым, С.Б. Пушкиным, Ф.С. Русиным получено А.С. № 1238184 (СССР) на водородный генератор.

1988 г.

Вышло Постановление Совета Министров СССР № 1444-290 от 21 декабря 1988 г. «О создании Государственной системы определения параметров вращения Земли «Дельта».

1991 г.

Во ВНИИФТРИ создан малогабаритный водородный генератор (мазер) «Сфера».

Увеличено до 12-ти количество функционирующих на орбитах спутников системы ГЛОНАСС.

В августе Центром оценки зарубежного применения прикладных наук (*FASAC — Foreign applied sciences assessment center*) подготовлен Отчёт о технической оценке «Службы точного времени СССР. Исследования и технологии».

Данный отчёт является результатом изучения достижений Советского Союза в области точного времени с точки зрения исследований и возможностей на протяжении последних двух десятилетий. Исследование было проведено комиссией из семи американских учёных, являющихся экспертами в области хранения времени, контроля частоты, распространения времени и непосредственного применения этих дисциплин в научных исследованиях.

1992 г.

В России был введён в действие единый эталон метр—секунды—герца как государственный.

1993 г.

Опытная эксплуатация КНС ГЛОНАСС (в неполной комплектации) к концу 1995 г. была развёрнута до полного состава (24 КА).

1994 г.

В России был издан рекомендательный документ МИ 2247-93 «Рекомендация. Метрология. Основные термины и определения», разработанный ГП «ВНИИ метрологии имени Д.И. Менделеева».

11–13 октября в Менделееве состоялся 5-й Российский симпозиум «Метрология времени и пространства».

1995 г.

Вышло Постановление Правительства РФ № 237 от 7 марта 1995 г. «О проведении работ по использованию Глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей». Система ГЛОНАСС была представлена для гражданского использования в Международные организации (ИКАО, ИМО) на длительный период.

1996 г.

Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации 12.04.1996 г. введены в действие ПМГ 18-96 «Межгосударственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты». Правила распространялись на межгосударственную поверочную схему для средств измерений времени и частоты и устанавливали порядок передачи размеров единиц времени, частоты и шкал времени от Государственного первичного

эталона Российской Федерации при помощи национальных, вторичных и рабочих эталонов рабочим средствам измерений с указанием погрешности и основных методов передачи размера единиц и шкал.

1997 г.

Вышло Постановление Правительства РФ № 1435 от 15 ноября 1997 г. «О Федеральной целевой программе по использованию Глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей».

1998 г.

Постановление Госстандарта РФ от 04.03.98 № 9 «Об утверждении Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени».

1999 г.

18 февраля Президентом РФ подписано Решение о выходе России на новый уровень международного сотрудничества, предусматривающего предоставление отечественной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в качестве основы для создания и развития международных глобальных спутниковых навигационных систем.

Вышло Постановление Правительства РФ № 896 от 3 августа 1999 г. «Об использовании в Российской Федерации глобальных навигационных спутниковых систем на транспорте и в геодезии».

Распоряжением Президента РФ от 18.02.99 г. № 38-рп поручено Правительству РФ принять меры по безусловному сохранению и развитию КНС ГЛОНАСС и увеличению количества пользователей системы.

В соответствии с «Планом первоочередных мероприятий по сохранению и развитию КНС ГЛОНАСС» разработаны мероприятия по безусловному сохранению КНС ГЛОНАСС, а также ускоренное оснащение отечественного парка пользователей за счёт организации серийного производства различного класса навигационных приёмников (авиационных, сухопутных, морских, космических) и работающих одновременно по сигналам от двух систем: ГЛОНАСС и GPS.

16 октября был утверждён и введён в действие ГОСТ 8.567-99 взамен ПМГ 18-96, ГОСТ 8.129-83. Стандарт разработан Институтом метрологии времени и пространства Государственного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ГП ВНИИФТРИ) Госстандарта России, принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации.

В содержании указаны следующие разделы.

1. Область применения.
2. Нормативные ссылки.
3. Термины с определениями.
 - 3.1. Измерения времени.
 - 3.2. Измерения частоты и фазы.
 - 3.3. Средства измерений частоты и (или) времени.
 - 3.4. Метрологические характеристики средств измерений времени и частоты.
4. Алфавитный указатель терминов.

2000 г.

Была разработана «Концепция поддержания и развития КНС ГЛОНАСС» на длительный период, которая обеспечивает национальную безопасность России и её интеграцию в международное сообщество в области космических навигационных технологий на паритетных основах.

2001 г.

Вышло Постановление Правительства РФ № 225 от 23 марта 2001 года «Об утверждении Положения о Государственной службе времени, частоты и определения параметров вращения Земли».

На территории России и стран СНГ взамен ГОСТ 16263-70 были введены Рекомендации РМГ 29-99, содержащие основные термины и определения в области метрологии, согласованные с международными стандартами ИСО 31 (1-13) и ИСО 1000.

2004 г.

Во исполнение поручений Правительства Российской Федерации от 19 октября 2004 г. № АЖ-П7-5684 и 1 ноября 2004 г. № АЖ-П7-5911 создана Межведомственная комиссия по координатно-временному и навигационному обеспечению Российской Федерации. При её участии были определены федеральные органы исполнительной власти, ответственные за поддержание, развитие и использование единой системы навигационно-временного обеспечения Российской Федерации и её основных подсистем.

Правительством была одобрена концепция единой системы навигационно-временного обеспечения.

2005 г.

Вышло Постановление Правительства РФ № 365 от 9 июня 2005 г. «Об оснащении космических, транспортных средств, а также средств, предназначенных для выполнения геодезических и кадастровых работ, аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS».

2006 г.

С 18 июня во ВНИИФТРИ внедрена новая методика обработки данных, разработанная М.Б. Кауфманом. С этого момента сводная обработка данных измерений, полученных на радиоинтерферометрах со сверхдлинной базой (РСДБ), по приёмам сигналов Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и с помощью лазерной локации спутников (ЛЛС) с целью определения ПВЗ ведётся ежедневно. Информация собирается на ftp-сервере ФГУП «ВНИИФТРИ», где при необходимости можно найти последние бюллетени Q и A.

2011 г.

РИРВ создана система синхронизации навигационных полей (ССНП), предназначенная для обеспечения синхронной работы радиотехнических передающих систем различного назначения, работающих в различных диапазонах волн. Тем самым достигается объединение этих передающих систем в единую многократно резервированную систему взаимодополняющих средств формирования радионавигационных полей (глобальные навигационные спутниковые системы, наземные радионавигационные системы, системы связи наземного и космического базирования и др.).

Во исполнение решений Правительства и указов Президента Российской Федерации рядом министерств и ведомств с участием Росстандарта были разработаны предложения по обеспечению и повышению точностных и эксплуатационных характеристик модернизированной Глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС, которые вошли в Федеральную целевую программу «Глобальная навигационная система», утверждённую Постановлением Правительства Российской Федерации от 20 августа 2006 г. № 587.

Выполнение программных мероприятий ФЦП ГЛОНАСС, закреплённых за Росстандартом, позволило реализовать ожидаемые конечные результаты: создать модернизированные аппаратные и программные средства государственных первичного и вторичного эталонов времени и частоты и системы определения параметров вращения Земли с заданными метрологическими характеристиками, обеспечивающими выполнение важнейших целевых индикаторов и показателей ФЦП.

В части эталонирования единиц времени и частоты, системы передач эталонных сигналов времени и частоты:

- повышена точность ГЭТ 1-2012 Государственного первичного эталона времени, частоты и национальной шкалы времени;
- завершена разработка, создание и ввод в эксплуатацию цезиевого репера частоты типа «Фонтан» с точностью $\theta_0 = (1...3) \cdot 10^{-15}$ в 2009 г., $\theta_0 \leq 5 \cdot 10^{-16}$ в 2011 г.;

- разработаны средства для формирования и хранения высокостабильной групповой шкалы времени на основе измерительной информации хранителей времени модернизированных эталонов Росстандарта, а также эталонов других ведомств ($\sigma_y(10 \text{ сут}) \leq 3 \cdot 10^{-16}$). Модернизация эталонов Росстандарта включила в себя обновление хранителей времени, аппаратных средств внутренних и внешних сличений; аппаратуры формирования шкал времени и инфраструктуры обеспечения работы эталонов;
- разработан и создан Государственный эталон больших длин в диапазоне 24 м — 4000 км с уровнем точности ($\theta_0 \leq 0,025 \dots 20 \text{ мм}$). В этом направлении ведутся работы по созданию лазерного интерферометра и сооружается павильон с базисом большим 50 м;
- модернизирована существующая система передач ЭСЧВ (специализированные радиостанции, информационно-телекоммуникационная сеть «Интернет», средства передачи ЭСЧВ на вторичной основе через сеть звукового вещания и каналов телевидения), а также освоены новые каналы передачи ЭСЧВ;
- проведены поисковые исследования по эталонированию времени, точному распространению времени и определению параметров вращения Земли на основе новых физических принципов и явлений.

В рамках развития системы определения параметров вращения Земли выполнены следующие мероприятия.

В части поддержания и развития средств радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ):

- введена Российская радиоинтерферометрическая сеть в составе трёхэлементного комплекса Квazar-КВО и модернизированного радиотелескопа РТ-70 в режим измерений, необходимый для службы определения ПВЗ.

В части поддержания и развития средств спутниковых определений:

- организованы пункты лазерной спутниковой дальнометрии на пунктах Росстандарта;
- модернизирована приёмная аппаратура ГЛОНАСС/GPS метрологических пунктов ГСВЧ.

В части повышения оперативности сбора данных:

- организована система сбора данных измерений по сигналам ГЛОНАСС/GPS в реальном времени;
- соединены высокоскоростными оптоволоконными линиями связи телескопы Российской радиоинтерферометрической сети с центрами корреляционной обработки.

В части развития средств обработки измерений:

- модернизированы аппаратно-программные средства Центров обработки ГСВЧ.

2012 г.

Утверждена Федеральная целевая программа «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» (ФЦП 2012–2020).

17–19 сентября в Менделеево, в пансионате «Морозовка» состоялся 6-й Международный симпозиум «Метрология времени и пространства».

2013 г.

Введён в действие ГОСТ 8.129-2013. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты. Взамен ГОСТ 8.129-99. Настоящий стандарт распространяется на государственную поверочную схему для средств измерений времени и частоты, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и устанавливает порядок передачи единиц времени — секунды (с), частоты — герц (Гц), и шкалы времени от Государственного первичного эталона Российской Федерации национальным вторичным и рабочим эталонам и рабочим средствам измерений с указанием неопределённости (погрешности) и основных методов передачи единиц и шкал.

2014 г.

17–19 сентября в г. Суздаль Владимирской области состоялся 7-й Международный симпозиум «Метрология времени и пространства», посвящённый актуальным проблемам развития службы и эталонов времени и частоты, глобальных навигационных спутниковых систем, средств измерений времени, частоты и длины и их применения, в том числе определения параметров вращения Земли (ПВЗ).

2016 г.

14–16 сентября в Санкт-Петербурге состоялся 8-й Международный симпозиум «Метрология времени и пространства».

2018 г.

Переутверждён с новыми характеристиками модернизированный Государственный первичный эталон времени, частоты и национальной шкалы времени. По официальным данным МБМВ, национальная шкала времени нашей страны UTC (SU) входит в число лучших реализаций UTC, а нестабильность частоты и характеристики воспроизведения единиц времени и частоты ГЭТ-1 находятся на уровне ведущих зарубежных эталонов.

12–14 сентября в Подмосковье, в Менделеево, в пансионате «Морозовка» состоялся 9-й Международный симпозиум «Метрология времени и пространства».

Литература

1. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Общая метрология. М.: Издательство стандартов, 2001. 272 с.
2. Тюрин Н.И. Введение в метрологию. М.: Издательство стандартов, 1973. 278 с.
3. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Л.: Машиностроение, 1987. 350 с.
4. Чертов А.Г. Единицы физических величин: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1977. 287 с.
5. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности: учебно-справочное руководство. М.: Наука, 1988. 432 с.
6. Власов А.Д., Мурин Б.П. Единицы физических величин в науке и технике. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1990. 176 с.
7. Плонский А.Ф. Измерения и меры. М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1956. 62 с.
8. Мищенко С.В., Пономарев С.В., Пономарева Е.С., Евлахин Р.Н., Мозгова Г.В. История метрологии, стандартизации, сертификации и управления качеством: учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамбовского гос. техн. ун-та, 2004. 112 с.
9. Богуславский М.Г., Широков К.П. Международная система единиц СИ. М.: Издательство стандартов, 1968. 63 с.
10. Лячнев В.В., Сирая Т.Н., Довбета Л.И. Метрологические основы теории измерительных процедур: учебное пособие / под ред. В.В. Лячнева. СПб.: Элмор, 2011. 416 с.
11. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: учебное пособие для вузов. М.: Логос, 2001. 408 с.
12. Сергеев А.Г. Метрология: учебник. М.: Логос, 2005. 272 с.
13. Нефедов В.И., Сигов А.С., Битюков В.К. и др. Метрология и радиоизмерения: учебник для вузов / под ред. В.И. Нефедова. М.: Высшая школа, 2006. 526 с.
14. Хромой Б.П., Кандинов А.В., Сенявский А.Л. и др. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи: учебное пособие для вузов / под ред. Б.П. Хромого. М.: Радио и связь, 1986. 424 с.
15. Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., Лактионов Б.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2004. 767 с.
16. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. М.: Питер, 2004. 432 с.
17. Никифоров А.Д., Бакиев Т.А. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие. М.: Высшая школа, 2005. 422 с.

18. Гончаров А.А., Копылов В.Д. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Академия, 2008. 240 с.
19. Зайцев С.А., Толстов А.Н., Грибанов Д.Д., Меркулов Р.В. Метрология, стандартизация и сертификация в энергетике: учебное пособие для студентов среднего профессионального образования. М.: Академия, 2009. 224 с.
20. Клевлеев В.М., Кузнецова В.М., Попов Ю.П. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник. М.: ИНФРА-М, 2004. 256 с.
21. Кошева И.П., Канке А.А. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник. М.: ИНФРА-М, 2010. 416 с.
22. Ким К.К., Анисимов Г.Н., Барбарович В.Ю., Литвинов Б.Я. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учебное пособие. СПб.: Питер, 2006. 368 с.
23. Брянский Л.Н. Непричёсанная метрология. Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2008. 276 с.
24. Общая теория измерений: учебное пособие. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. 168 с.
25. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии: учебное пособие для вузов. М.: Издательство стандартов, 1985. 256 с.
26. Устюгов Н.В. Очерк древнерусской метрологии. Директ-Медиа, 2009. 55 с.
27. Шостьин Н.А. Очерки истории русской метрологии. М.: Издательство стандартов, 1975. 271 с.
28. Абалакин В.К., Карпеев Э.П., Положенцев Д.Д. Основание и деятельность Главной астрономической обсерватории России [Электронный ресурс]. Сайт Главной (Пулковской) астрономической обсерватории. URL: http://www.gaoran.ru/russian/history/2_obs.html.
29. Белоцерковский Д.Ю., Палий Г.Н. Государственная служба времени и частоты СССР // Измерительная техника. № 12. 1972.
30. Проект стандарта Государственной системы эталонов и образцовых мер времени и частоты СССР.
31. ГОСТ 15855-70. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения.
32. ПГ 420-91-73. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения.
33. ГОСТ 15855-77. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения.
34. ГОСТ 8.567-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения.
35. ГОСТ 8.567-2014. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения времени и частоты. Термины и определения.