



*Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-54009 от 30 апреля 2013 г.*

Главный редактор С.И. Донченко, д.т.н., профессор

Редакционная коллегия:

Зам. гл. редактора - А.Н. Щипунов, д.т.н.

Зам. гл. редактора - М.В. Балаханов, к.ф.-м.н.

И.Ю. Блинов, д.т.н.

В.М. Боровков, д.т.н.

О.В. Денисенко, д.т.н.

В.И. Добровольский, к.т.н.

И.М. Малай, д.т.н.

В.Н. Некрасов, д.т.н.

В.Г. Пальчиков, д.ф.-м.н.

В.И. Пустовойт, д.ф.-м.н., академик РАН

В.А. Тищенко, к.ф.-м.н.

В.П. Ярына, д.т.н.

Редакционная группа: Г.А. Мирошникова

О.И. Обухова

Н.А. Степанова

Л.А. Токина

М.Е. Якобсон



Точная наука немыслима без меры

Д.И. Менделеев

Альманах современной метрологии, 2017, № 10

Выходит с октября 2014 г.

ISSN 2313-8068

Номер 10 «Альманаха современной метрологии» по существу является продолжением одного из предыдущих выпусков журнала (№ 8), посвящённого время-частотным измерениям - наиболее востребованному направлению метрологических исследований.

Связь обоих выпусков в том, что оба созданы по материалам первого занятия Научно-образовательного центра ВНИИФТРИ по программе повышения квалификации метрологических кадров.

Большую часть выпуска занимает статья (лекция) под знаковым названием «Измерения времени и частоты. Фундаментальные понятия. Осцилляторы и часы. Оценка точностных характеристик», с огромным вниманием прослушанная участниками учебного мероприятия.

Её автор Н.Б. Кошеляевский - один из заслуженных ветеранов ВНИИФТРИ, кандидат технических наук, член-корреспондент Метрологической академии и Академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, член Международной группы по тематике атомного времени и сличения шкал времени, член Международного астрономического союза, председатель ТК КООМЕТ по времени и частоте.

Являясь известным специалистом в области измерений времени и частоты, будучи руководителем одной из ведущих лабораторий ГМЦ ГСВЧ, обладая исключительной эрудицией, Н.Б. Кошеляевский, выбрав оригинальную форму построения статьи, сумел не просто раскрыть тематику, но и предать обсуждающему вопросу своеобразную атмосферу заинтересованности и даже преклонения.

Не меньший интерес вызывают и статьи второй части «Альманаха», посвящённые актуальным вопросам время-частотных измерений - метрологическим поискам, оценке полученных результатов.



© ФГУП «ВНИИФТРИ», 2017

Al'manac of modern metrology, 2017, № 10

Issued since October 2014.

ISSN 2313-8068

Almanac of Modern Metrology, no 10 is essentially a continuation of one of previous issues of the journal (No 8), which was dedicated to time and frequency measurements – the most required field of metrological research.

Both editions were prepared based on materials of a first class of the Research and Educational Centre of VNIIFTRI under the professional development program for metrologists.

A greater part of the issue is an article (lecture) under a symbolic name “Time and Frequency measurements. Basic concepts. Oscillators and clocks. Evaluation of accuracy characteristics” listen to with great attention by participants of the training event.

The author of the article is N.B. Koshelyaevsky – one of the honorable scientists of VNIIFTRI, Doctor of Technical Science, a corresponding member of the Metrological Academy and the Russian Academy of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky. He is a member of the International group on the thyme of atomic time and the time scale comparison, a member of the International Astronomical Union, the Chair of the TK COOMET on time and frequency.

As a renowned specialist in the field of time and frequency measurements, as the head of one of leading laboratories of MMC SSTF N.B. Koshelyaevsky with excellent erudition has chosen an original way of the article presentation. He has managed not only to develop a thyme, but also aroused great interest to the discussed subject matter and admiration of the audience.

The articles of the second part of Almanac dedicated to the actual thyme – metrological research and evaluation of results of time and frequency measurements are of no less interest.



© FSUE VNIIFTRI, 2017

Содержание**Предисловие главного редактора**

С.И. Донченко. ГСВЧ и «точки роста» высоких технологий и промышленности 8

Часть I. Измерения времени. Материалы Научно-образовательного центра ВНИИФТРИ

Н.Б. Кошеляевский. Измерения времени и частоты. Фундаментальные понятия. Осцилляторы и часы. Оценка точностных характеристик 12

I. Часы и шкалы. Основные понятия 14

II. Меры для выражения случайной нестабильности по частоте и времени (ДАЗЕ) 18

III. Ансамбли часов и шкалы времени ансамблей 34

IV. Приборы измерения времени и частоты 47

V. Измерительные средства для локальных измерений 54

VI. Измерительные средства для сличений удалённых часов и стандартов частоты 65

VII. Метрическая система единиц 87

VIII. Шкалы времени, формируемые Отделением времени МБМВ 98

IX. Международная система единиц СИ 126

X. Международные нормативные документы в области метрологии 144

Часть II. Измерения времени. Исследование характеристик погрешности, метрологические аспекты синхронизации шкал времени, стабильность стандартов частоты

С.Л. Пасынок. Оценка метрологических характеристик международных опорных значений параметров вращения Земли 151

А.В. Сальцберг, К.Г. Шупен. Возможности использования фильтра Калмана для синхронизации и прогнозирования частотно-временных поправок бортовых шкал времени космических аппаратов системы ГЛОНАСС 167

М.С. Алейников. Ограничение стабильности стандартов частоты фонтанного типа, вызванное фазовым шумом опорного сигнала 180

Основоположники метрологических направлений

Лев Николаевич Надеев	197
Юрий Александрович Фёдоров	198

CONTENTS
Foreword of the Chief Editor

S.I. Donchenko. SSTF and growth spurts of high technologies in the industry 8

Part I. Time measurements. Materials of the Research and Education Center of VNIIFTRI

N.B. Koshelyevsky. Time and Frequency Measurements. Basic concepts. Oscillators and clocks. Evaluation of accuracy characteristics. 12

I. Clocks and scales. Basic concepts 14

II. Measures for the expression of random instability on frequency and time (DAZE) 18

III. Ensemble of clocks and time scales 34

IV. Applications for time and frequency measurements 47

V. Measuring means for local measurements 54

VI. Measuring means for comparison of remote clocks and frequency standards 65

VII. A metric system of units 87

VIII. Time scales, which are formed by the Department of Time of BIPM 98

IX. SI units 126

X. International regulation in the field of metrology 144

Part II. Time measurements. The study of error characteristic, metrological aspects of the time scale synchronization, stability of time standards

S.L. Pasynok. Evaluation of metrological characteristics of the international reference value of the Earth orientation parameters 151

A.V. Salzberg, K.G. Shupen. The possibility of using the Kalman filter for synchronization and prediction of the time and frequency correction of the on-board time scale of GLONASS system spacecraft 167

M.S. Aleynikov. The stability restriction of frequency standards of the fountain type caused by phase noise of an interrogation signal 180

Founders of metrology fields

Lev Nikolayevich Nadeev	197
Juriy Aleksandrovich Fedorov	198