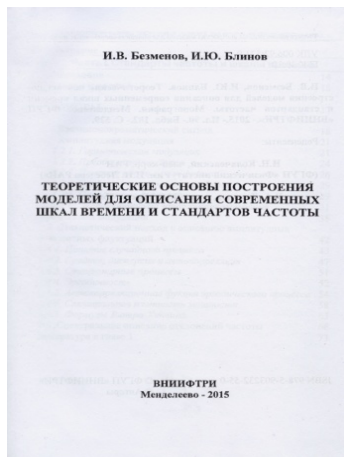


## Новые книги по метрологии

В конце 2015 года вышли из печати новые научные издания по важным метрологическим направлениям. Книги подготовлены ВНИИФТРИ.

Среди них – фундаментальный труд представителей Главного метрологического центра Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли доктора физико-математических наук *И.В. Безменова* и доктора технических наук *И.Ю. Блинова* «**Теоретические основы построения моделей для описания современных шкал времени и стандартов частоты**», 528 с.



Цель данной монографии состоит в изложении теоретических основ для построения современных математических моделей стандартов частоты, а на их основе – ансамблей часов и шкал времени.

Книга состоит из 10 глав, разбитых на две части. Источником послужили современные работы многих авторов, на которые в конце каждой главы приведены ссылки, некоторые выкладки были выполнены самостоятельно и оформлены в виде предложений. При этом авторы старались не злоупотреблять выкладками, чтобы не перегружать текст и не уходить слишком

далеко от главной цели. Делали это исключительно для демонстрации аналитических методов и математического аппарата в наиболее важных и интересных случаях, тем более что в литературе, как правило, приведены лишь итоговые результаты, без указания условий их применимости.

В главе 1 рассмотрены теоретические основы для описания прецизионных генераторов, составляющих основу всех современных атомных часов. Цель этой главы – сформулировать основные понятия, составляющие основу данного предмета, а также дать фундаментальные определения, необходимые для описания амплитудно-фазовых модуляций. Рассматриваются как детерминированные, так и случайные отклонения фазы и частоты. Для описания флуктуирующих колебаний применяется аппарат математической статистики, теории случайных процессов, а также аппарат спектрального анализа (теоремы Винера-Хинчина). Для описания детерминированных отклонений на примерах показано применение аппарата теории специальных функций.

Глава 2 посвящена изучению характеристик стабильности генераторов с помощью важнейших статистических характеристик, таких как дисперсии Аллана (простая, с перекрытиями, модифицированная), Адамара (простая, с перекрытиями, модифицированная), полная дисперсия, дисперсия *Альманах современной метрологии, 2016, №7*

временного интервала, а также Theo1, TheoBR, TheoH и др. Показано влияние типа шума на зависимость статистических параметров от времени усреднения. Для обычной и модифицированной дисперсий Аллана выведены их выражения для белого фазового и фазового фликер-шумов через их функции спектральной плотности.

В главе 3 рассматриваются наиболее известные алгоритмы построения шкал времени, используемые многими национальными лабораториями.

Подробно описан алгоритм AT1, т.к. он является типичным из алгоритмов, которые используются многими национальными лабораториями. Разновидность алгоритма, называемая ALGOS, используется Международным бюро весов и мер (BIPM) для вычисления шкал международного ансамбля атомных часов (EAL) и международного атомного времени (TAI). Также описан алгоритм, основанный на парадигме фильтра Калмана. Взятые вместе, эти две конструкции составляют основу для почти всех алгоритмов шкал времени, используемых в настоящее время.

Существенная слабость алгоритмов AT1-типа (особенно исполнение процедуры в режиме реального времени) состоит в том, что для уравнений модели и для вычисления ансамбля предпочтительнее оказываются часы с лучшей краткосрочной стабильностью, даже если у тех часов есть существенное долгосрочное старение (дрейф) частоты. Алгоритм Калмана способен устранить этот недостаток, т.к. по сути фильтр Калмана есть не что иное, как рекурсивный метод решения полной нормальной системы уравнений, включающей в себя результаты измерений и уравнения состояний, относящиеся ко всем предшествующим моментам времени рассматриваемого интервала. В главе рассматривается «характерная» форма этого метода для шкалы времени.

Приведены принципы построения управляемых шкал времени, используемые для местной реализации различными национальными лабораториями международного координированного времени UTC.

В главе 4 рассмотрены принципы построения шкал времени в трех ведущих национальных лабораториях мира, а именно: в Национальном институте стандартов и технологий США (National Institute of Standards and Technology) – UTC(NIST), в Федеральном физико-техническом институте Германии (The Physikalisch-Technische Bundesanstalt) – UTC(PTB) и во ФГУП «ВНИИФТРИ» – UTC(SU). Показано, каким образом ансамбли атомных часов конструируются и как ими управляют.

Вторая часть монографии посвящается современным методам синхронизации часов с помощью сигналов спутников ГНСС.

Во введении ко второй части подчёркивается возможность формирования точных сигналов частоты и времени в современном мире для науки и техники. Невозможно представить себе, что существующие в настоящее время технологии, связанные с корабельной, авиационной и автомобильной

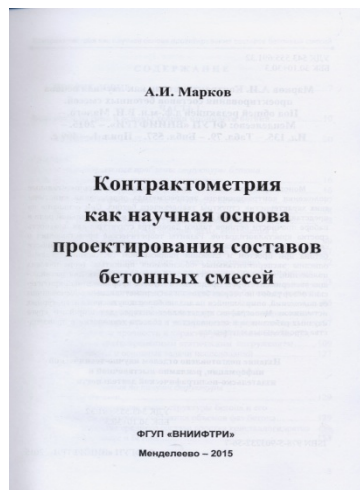
навигацией, а также геодезические измерения, глобальные коммуникационные сети или высокоскоростные каналы передачи данных могут функционировать без высокоточных сигналов времени и частоты. Трудно переоценить значение последних в многочисленных приложениях, касающихся космической навигации, интерферометрии со сверхдлинной базой, измерений фундаментальных констант, разработки новых стандартов физических величин для метрологии.

Так или иначе, все эти приложения основываются на методах распространения сигналов и частоты. Информация о частоте и времени, получаемая на большом удалении от источника, позволяет создавать, сравнивать или синхронизировать местные временные шкалы, управлять генераторами или измерять задержку распространения между излучателем и приемником. Учитывая тот факт, что сигналы времени распространяются в пространстве со скоростью света, измерение интервалов времени позволяет вычислять как геометрические расстояния, так и точные координаты.

Технологии передачи должны отвечать определенным требованиям в зависимости от того, передается сигнал времени или частоты. При передаче сигналов времени необходимо учитывать факторы возможной задержки сигналов, возникающие в кабелях, оборудовании и линиях распространения. На погрешность сигнала времени влияют структура сигнала, точность определения задержек приема-передачи и их стабильность. Все эти вклады вместе образуют суммарную погрешность сигнала передачи времени.

При сравнении высокоточных современных стандартов частоты, кроме того, необходимо внимательно учитывать ограничения, накладываемые общей теорией относительности.

Часть II начинается с краткого описания шкал времени и истории их возникновения, затем следует подробное изложение принципов теории относительности, необходимых при выполнении сравнительных измерений частот. Далее обсуждаются методы и технологии, используемые на сегодняшний день для распространения и сравнения сигналов времени и частоты с помощью Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС).



Второе значительное издание – монография *А.И. Маркова «Контактометрия как научная основа проектирования составов бетонных смесей под редакцией д.ф.-м.н. В.И. Малога»*.

Монография – результат труда всей жизни А.И. Маркова, в течение нескольких десятилетий возглавлявшего отдел строительной метрологии ВНИИФТРИ, *Альманах современной метрологии, 2016, №7*

являющегося основателем научного направления в области строительной метрологии, основоположником контрактометрии как самостоятельного направления в области наук о строительных материалах.

Монография описывает теоретические и экспериментальные положения контракционного экспресс-метода определения кинетических характеристик структуры твердеющего бетона. Они основаны на представлениях о ведущей и, как правило, даже исключительной роли в наборе прочности бетонов такого параметра структуры, как плотность сростка кристаллогидратов. Развита теоретическая представления о связи плотности сростка кристаллогидратов с показателями прочности бетона при простом и сложном напряжённом состоянии. Детально описаны экспериментальные обоснования принятых теоретических положений, что может представлять ценность для начинающих экспериментаторов. Представлен глубоко проработанный критический обзор работ по теории бетона и экспериментальным обоснованиям её положений, опирающийся на анализ более полутысячи литературных источников. Монография представляет интерес для широкого круга научных работников и специалистов в области технологии и производства строительных материалов.



Несомненный научный и практический интерес представляют Доклады VII Международного симпозиума «Метрология времени и пространства», 17 – 19 сентября 2014 г., Суздаль, изданные ВНИИФТРИ в 2015 г. отдельным сборником; 399 с.

Доклады разбиты на два раздела, которые соответствуют двум секциям симпозиума:

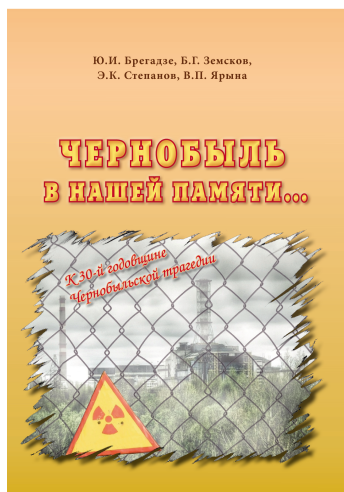
- службы и эталоны времени и частоты,
- Глобальные спутниковые навигационные системы.

Особый интерес представляет пленарные доклады, посвящённые состоянию и перспективам развития Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ1-2012, повышению точности формирования шкалы времени ГЛОНАСС и её синхронизации с UTC(SU), шкале NIST TIME SCALE AT1 Национального института стандартов и технологий, США.

Секционные доклады посвящены как фундаментальным исследованиям по созданию новейших современных методов эталонирования в области время-частотных измерений, так и практическим вопросам передачи эталонных радиочастотных сигналов, анализу и оптимизации методов прогнозирования частотно-временных поправок к бортовым шкалам

времени космических аппаратов системы ГЛОНАСС.

Среди докладов, вызвавших значительный интерес участников симпозиума, можно назвать работы, посвящённые перспективам создания эталонного комплекса спутниковой лазерной дальнометрии, фемтосекундным технологиям воспроизведения единицы длины метра на микронном уровне в диапазоне длин до 60 м, методам измерения мощности сигналов глобальных навигационных систем, вопросам международного сотрудничества в области измерения временем и частоты, в частности результатам калибровки канала сравнений шкал времени TWSTFT между ФГУП «ВНИИФТРИ» и ФТВ.



В апреле 2016 г. вышла очередная книга, подготовленная издателями ВНИИФТРИ, - «Чернобыль в нашей памяти...».

Выпуск книги приурочен к 30-й годовщине катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Авторы книги – сотрудники ВНИИФТРИ, участники ликвидации аварии, входившие в состав Оперативной группы Госстандарта по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. В числе авторов д.т.н., заслуженный деятель науки РФ Ю.И. Брегадзе, ушедший из жизни накануне выхода книги в свет.

Он возглавлял Оперативную группу. Отдельные главы книги написаны активными участниками Оперативной группы: к.т.н. Э.К. Степановым, руководителем 2-й вахты Оперативной группы Госстандарта, принимавшему участие в исследовании уровня радиоактивной загрязнённости в 30-километровой зоне; д.т.н., заслуженным метрологом РФ В.П. Ярыной, руководителем 3-й вахты Оперативной группы, участвовавшим в разработке и внедрении методик определения плотности выпадения радиоактивных нуклидов на почве в населённых пунктах; к.ф.-м.н. Б.Г. Земсковым, в ноябре 1986 г. проводившем в Чернобыле полевые испытания гамма-спектрометра, на основе которых была составлена карта распределения цезия-137 в промзоне Чернобыльской атомной электростанции.

В книге рассказано о причинах, приведших к созданию Оперативной группы (ОГ) Госстандарта и её роли в ликвидации катастрофы на

Чернобыльской атомной электростанции. Рассмотрены основные итоги работы этой группы. Проанализирована деятельность Чернобыльской организации, созданной членами ОГ Госстандарта – сотрудниками ВНИИФТРИ и Менделеевского ЦСМ с момента её создания (1990 г.) по настоящее время. Перечислены награды, полученные членами организации за участие в ликвидации катастрофы на ЧАЭС. Приведены краткие биографические данные сотрудников ФГУП «ВНИИФТРИ» и Менделеевского ЦСМ – участников ликвидации катастрофы на ЧАЭС и их вклад в ликвидацию этой катастрофы.

В обращении к читателям книги генеральный директор ФГУП «ВНИИФТРИ», д.т.н., профессор С.И. Донченко ещё раз подчеркнул сложность задачи, которую пришлось решать Оперативной группе и её участникам – сотрудникам ВНИИФТРИ: «Впервые так остро была поставлена метрологическая по сути задача – обеспечить согласуемость и правильность радиационных измерений в экстремальных условиях последствий Чернобыльской аварии, ибо изначально, в первый период после аварии, ситуация характеризовалась недопустимо большим разбросом результатов измерений, выполняемых различными, даже высококвалифицированными специалистами.

Сегодня с гордостью можно констатировать, что сотрудники ВНИИФТРИ с честью выполнили свой профессиональный долг, участвуя в работах по ликвидации последствий аварии в составе Оперативной группы Госстандарта в г. Чернобыль.

Данная книга – это дань уважения профессионализму, мужеству и просто доброй памяти всех тех, кого коснулась Чернобыльская катастрофа.»

20 апреля 2016 г. в Историческом музее посёлка Менделеево, где находится большая экспозиция участия сотрудников ВНИИФТРИ в ликвидации чернобыльской катастрофы, прошло собрание – встреча чернобыльцев – участников ликвидации. Они были первыми читателями книги «Чернобыль в нашей памяти...».



Э.К. Степанов  
представляет участникам  
собрания книгу  
о чернобыльцах



Чернобыльцы – герои книги  
в минуту молчания



Юные участники собрания, приветствовавшие ветеранов-чернобыльцев  
и авторов книги