

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ШКОЛ

С.И. Донченко, А.Н. Щипунов, М.В. Балаханов

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.

*director@vniiftri.ru,
shipunov@vniiftri.ru,
balah@vniiftri.ru*

В статье рассматривается принцип формирования научных метрологических школ, на примере ВНИИФТРИ в историческом ракурсе приводятся достижения их наиболее ярких представителей.

В процессе развития отечественной метрологии зарождались, укреплялись, совершенствовались научные метрологические школы. Их высокий научный уровень на всех этапах играл исключительно важную роль в создании основ метрологического обеспечения экономики страны. Значение этой роли особо подчёркивается при описании различных направлений метрологических исследований.

Ключевые слова: метрологические научные школы, научные направления, учёные, лидер, метрологическое обеспечение, преемственность.

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF SCIENTIFIC METROLOGICAL SCHOOLS

S.I. Donchenko, A.N. Shchipunov, M.V. Balakhanov

FSUE "VNIIFTRI", Mendeleevo, Moscow region

*director@vniiftri.ru,
shipunov@vniiftri.ru,
balah@vniiftri.ru*

The article discusses the principle of the formation of scientific metrological schools, on the example of VNIIFTRI from a historical perspective, the achievements of their most prominent representatives are given.

In the process of development of domestic metrology, scientific metrological schools were founded, strengthened, and improved. Their high scientific level at all stages played an extremely important role in laying the groundwork for metrological support of the country's economy. The importance of this role is especially emphasized in the description of various areas of metrological research.

Key words: metrological scientific schools, research areas, scientists, leader, metrological support, continuity.

Создание отечественной метрологии, развитие системы научных метрологических школ связаны с именем великого русского учёного Д.И. Менделеева. В ноябре 1892 г. Дмитрий Иванович был назначен учёным хранителем Депо мер и весов в Петербурге. Он приложил всю свою энергию и мно-

го усилий, чтобы превратить Депо в научное учреждение. И в 1893 г. на базе Депо была создана Главная палата мер и весов, а Д.И. Менделеев стал управляющим Палатой.

Началась эпоха развития отечественной метрологии, была разработана стройная система службы мер и весов. Ясно понимая нужды и перспективы развития родной страны, Д.И. Менделеев рассматривал свою деятельность в Главной палате как «...участие в экономическом устройстве страны».

Таким образом, Д.И. Менделеев создал как научную, так и практическую метрологию, отвечающую требованиям развития производительных сил страны.

При Д.И. Менделееве в Главной палате мер и весов были организованы основные метрологические лаборатории, созданы первые эталоны главнейших единиц измерения.

Д.И. Менделеев собрал вокруг себя талантливых учёных и сотрудников. С их помощью претворялись научные планы Палаты в жизнь. Так формировалась первая российская научная метрологическая школа.

Даже после смерти Д.И. Менделеева в 1907 г. его ученики, представители этой школы, прилагали усилия, чтобы осуществить намеченные учёным планы в области развития метрологии.

Впоследствии при преобразовании Главной палаты мер и весов его научная метрологическая школа стала фундаментом образованного Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии, ныне Всероссийского научно-исследовательского института метрологии имени Д.И. Менделеева. ВНИИМ, с честью храня и продолжая традиции великого учёного, создателя русской метрологии, сумевшего вывести её в число наиболее развитых и передовых, сегодня вносит весомый вклад в систему метрологического обеспечения экономики страны. О метрологической службе ВНИИМ, его метрологической школе — разговор особый, требует отдельных страниц, статей, монографий.

Сегодня речь пойдёт о метрологических школах других метрологических институтов, создававшихся в послевоенные годы в первую очередь для метрологического обеспечения бурно развивавшейся новой техники. Перед метрологическими школами этих предприятий была поставлена важнейшая задача — разработка научно-методических, организационно-правовых, научно-технических основ метрологического обеспечения экономики, науки, техники страны.

Одной из важнейших задач, поставленных перед новыми метрологическими школами, было определение с высокой степенью точности фундаментальных физических констант, создание высокоэффективной эталонной базы.

Среди вновь образованных институтов — ВНИИФТРИ, созданный в 1955 г. на базе уже успешно функционировавших Центрального научно-ис-

следовательского бюро времени, Центрального научно-исследовательского института радиоизмерений, Центрального научно-исследовательского института физико-технических измерений. Институт возглавил Государственную службу времени и частоты и вскоре развернул работы по метрологическому обеспечению целого ряда областей новой техники — радиоэлектроники, низких температур, высоких и сверхвысоких давлений, акустики и гидроакустики, ядерной техники.

Сегодня это один из важнейших метрологических институтов страны и мировых метрологических центров, Государственный научный центр России, а его научная школа занимает ведущее место в мировой метрологии.

Знаменательно, что на пороге своей деятельности институт получил самую высокую поддержку Академии наук СССР. Комиссия во главе с нобелевским лауреатом П.Л. Капицей определила профиль и направления деятельности института. Уже с первых лет функционирования ВНИИФТРИ с помощью и при поддержке крупных представителей АН СССР рождалась метрологическая научная школа ВНИИФТРИ.

Представители АН СССР, известные учёные Института физических проблем АН СССР П.Г. Стрелков и А.С. Боровик-Романов по совместительству работали в первые годы после создания ВНИИФТРИ в одной из его ведущих лабораторий — измерения низких температур. Они и возглавили процесс формирования научной метрологической школы ВНИИФТРИ в области низкотемпературной термометрии. П.Г. Стрелков и А.С. Боровик-Романов разработали первый газовый термометр без вредного объёма и вместе с М.П. Орловой, возглавившей вскоре лабораторию после П.Г. Стрелкова, установили национальную шкалу температур в диапазоне от 13,8 до 90,19 К.

Благодаря работам института, его одной из первых научных метрологических школ, ВНИИФТРИ стал одним из создателей Международной практической температурной шкалы МПТШ-68. В последующие годы результаты исследований ВНИИФТРИ использовались при установлении международных шкал — ПТШ-76, МТШ-90. Усреднённые значения последней практически совпали с данными ВНИИФТРИ.

Благодаря усилиям М.П. Орловой лаборатория низких температур ВНИИФТРИ с самого начала привлекалась к участию в международных работах, проводимых под руководством Консультативного Комитета по термометрии. М.П. Орлова начиная с 1961 г. сама активно участвовала в заседаниях КТК.

Метрологическая низкотемпературная метрологическая школа ВНИИФТРИ благодаря усилиям М.П. Орловой очень эффективно стала пополняться талантливыми выпускниками ведущих вузов страны, что сыграло положительную роль в деятельности лаборатории. Бывшие выпускники вузов вскоре становились видными представителями метрологической школы в области низкотемпературной термометрии. Среди них — Г.А. Кытин, С.М. Осад-

чий, Ю.А. Дедиков, В.А. Медведев, Л.А. Медведева, Л.Б. Белянский, Я.Е. Ражба, некоторые из них работают и сегодня. Достоинство сохраняют авторитет своей научной школы её новейшие представители.

Благодаря их благотворной работе ВНИИФТРИ внёс свой вклад в переход на новую единицу температуры, основанный на принятии фиксированного значения физических констант в соответствии с решением 26-й Генеральной конференции по мерам и весам (CGPM), состоявшейся в ноябре 2018 г.

Продолжая фундаментальные исследования своих академических предшественников, представители научной школы в области измерений низких температур добились высоких результатов. Её яркий представитель Д.Н. Астров стал автором открытия магнитоэлектрического эффекта в антиферромагнетиках, впервые экспериментально доказал наличие доменной структуры у антиферромагнетиков. В 1994 г. впервые обнаружил наличие собственных квадрупольных магнитных полей в магнитоэлектрических кристаллах, а в 1998 г. впервые доказал существование собственных квадрупольных электрических полей в центросимметричных диэлектриках.

ВНИИФТРИ стал одним из немногих научных метрологических учреждений мира, где на протяжении многих десятилетий ведутся фундаментальные исследования.

Наряду с низкотемпературной лабораторией в 1955 г. из ВНИИ Комитета мер и измерительных приборов во ВНИИФТРИ была передана лаборатория высоких давлений. Здесь под руководством М.К. Жоховского, а затем Е.В. Золотых, его учениками В.В. Бахваловой, В.М. Боровковым и другими была существенно усовершенствована теория и практика поршневой манометрии высокой точности. Это позволило создать во ВНИИФТРИ комплекс эталонов — государственного, вторичного и эталонов-переносчиков в области высоких давлений. Были созданы уникальные установки для измерения модулей упругости конструкционных материалов и свойств жидкостей при высоких давлениях.

Под руководством М.К. Жоховского начала формироваться метрологическая школа в области измерений высоких давлений. Важным результатом её деятельности можно считать создание метрологической службы высокого давления в двух направлениях: собственно измерения высоких давлений и измерений свойств веществ и материалов при высоких давлениях.

Каждый этап деятельности института в области измерений высоких и сверхвысоких давлений с участием представителей научной школы В.Н. Разумихина, Д.И. Кузнецова, С.С. Секояна приносил существенные результаты. Сегодня представители российской метрологической школы измерений высоких давлений являются членами международных метрологических организаций (Консультативных комитетов МКМВ, КООМЕТ), что подтверждает признание результатов российских служб высокого давления. Выхо-

дом на международное сотрудничество метрологическая школа в данной области отличалась с самого начала её образования.

Прорывов в этой области достигают как представители старшего поколения метрологической школы, так и её молодые специалисты. Как уже сообщалось в нашем журнале, д.т.н. В.М. Боровков — общепризнанный авторитет в области грузопоршневой манометрии, в последнее время добился прорывных результатов при создании Государственного эталона единицы давления. Новый Государственный эталон единицы давления в диапазоне 10–1600 МПа и эффективной площади поршневых пар грузопоршневых манометров в диапазоне 0,05–1 см² ГЭТ 43-2013 реализовал уникальные технологии грузопоршневых пар высокого давления, не имеющие аналогов в мире. Эталон обеспечивает потребности многих отраслей науки и техники, в том числе промышленной и авиационной гидравлики, химической промышленности.

В.М. Боровков является членом Рабочей группы МКВМ и ТК КООМЕТ по давлению. Его ученик А.Э. Асланян, представитель современной научной школы в области измерений высоких давлений, достойно представляет российскую научную школу в международных метрологических организациях, наряду со своими старшими коллегами С.М. Гаврилкиным, Э.Г. Асланяном, С.С. Бацановым. Особо следует отметить, что названный в списке д.х.н., д.ф.-м.н. С.С. Бацанов — всемирно признанный специалист в области физики взрыва, создатель научного направления в данной области во ВНИИФТРИ и научной школы химии ударных волн.

Традиции метрологической научной школы в области измерений высоких давлений сохраняются и в области метрологии твёрдости, основы которой во ВНИИФТРИ закладывали О.М. Кочин, В.И. Козлов.

Шестидесятые годы прошлого века стали периодом формирования основных научных школ во ВНИИФТРИ. В соответствии с Постановлением Совета Министров СССР 1960 г., в связи с необходимостью организовывать работы по метрологии ионизирующих излучений были организованы лаборатория радиометрии, секторы нейтронных измерений, ядерной электроники. Несколько позже — лаборатории поверки дозиметрических и радиометрических приборов, теоретический сектор, лаборатория дозиметрии.

В 1970 г. по инициативе академика С.А. Христиановича была организована лаборатория гамма-резонансной (мессбауэровской) спектроскопии, руководимая В.Г. Лабушкиным. Значительно были развёрнуты поверочные работы. Уже к началу 70-х годов лаборатория поверки дозиметрических и радиометрических приборов стала наиболее производительной в стране.

В процессе выполнения исследовательских работ в области метрологии радионуклидов, метрологического обеспечения дозиметрии ионизирующих излучений, метрологического обеспечения измерения потоков нейтронов определялась и укреплялась метрологическая школа в области измерений

ионизирующих измерений под руководством в разные периоды докторов наук Б.М. Исаева, Ю.И. Брегадзе, В.П. Ярыны, представленная наиболее квалифицированными участниками: Н.Ф. Ждановой, В.И. Албулом, В.А. Берляндом, Р.Д. Васильевым, Н.Б. Галиевым, В.В. Генераловой, Е.И. Григорьевым, В.Д. Севастьяновым, Э.К. Степановым и другими.

Серьёзным испытанием для членов школы стало участие в работах по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. По общему признанию, входившие в Оперативную группу Госстандарта в Чернобыле под руководством Ю.И. Брегадзе сотрудники ВНИИФТРИ успешно решали задачу по обеспечению единообразия и правильности радиационных измерений в зоне аварии.

Опыт работы группы в Чернобыле пригодился всем сотрудникам подразделения при осуществлении работ в области измерений характеристик полей и источников ионизирующих излучений: создании эталонной базы в данном виде измерений, испытании средств измерений ионизирующих излучений, аккредитации лабораторий радиационного контроля, поверке средств измерений. И в целом — по выполнению всех работ как головной организации Росстандарта по метрологическому обеспечению измерений ионизирующих излучений под руководством в настоящее время А.В. Янушевича, О.М. Коваленко.

Значительны успехи метрологии и в области акустических и гидроакустических измерений.

Большой заслугой научной школы измерений давления в воздушной среде, основателем которой во ВНИИФТРИ был И.Г. Русаков, стали разработки под руководством Д.З. Лопашова, в дальнейшем — А.В. Конькова, поверочных устройств для оснащения территориальных органов Госстандарта, что имело большое значение для развития практической метрологии.

Гидроакустические измерения вскоре стали самостоятельным направлением, добились значительных результатов уже в 70-е годы прошлого столетия под руководством Л.М. Закса, Л.К. Исаева, А.М. Трохана, В.К. Маслова. При общем научном руководстве академика С.А. Христиановича создавалась и научная школа направления.

Формироваться она начала уже в середине 60-х годов, когда под руководством А.Н. Голенкова были проведены исследования, результаты которых получили международное признание. Общепризнанным лидером школы А.Н. Голенковым был разработан гидроакустический метод воспроизведения акустического давления и метод пьезокомпенсации. Методы были введены в стандарт МЭК.

Продолжая традиции своих знаменитых предшественников, современная метрологическая школа гидроакустических измерений во главе с В.Н. Некрасовым, С.В. Сильвестровым, А.Е. Исаевым, А.М. Еняковым в нынешних условиях добивается прорывов, в том числе в таких важных разделах

метрологической деятельности, как разработка новых методов и новых технологий калибровки приёмников векторных величин гидроакустического поля. Высокий уровень российской метрологической гидроакустической школы подтверждают международные сличения её разработок с аппаратурой других стран.

О преимуществах метрологических школ разного периода деятельности говорят в первую очередь результаты научного направления радиоизмерений — одного из важнейших звеньев системы обеспечения единства измерений. О результатах работы коллектива этого направления, его научной метрологической школы достаточно привести один факт: свыше 80% радиотехнических эталонов страны разработаны во ВНИИФТРИ, действуют и совершенствуются.

В этом несомненная заслуга коллектива этого направления во главе с д.т.н. И.М. Малаем и руководимого О.В. Каминским, А.И. Кавериним, В.А. Тищенко, представляющих научную метрологическую школу радиоизмерений, окончательно сложившуюся уже к началу 70-х годов прошлого века, окрепшую в связи с приходом в подразделение выпускников Московского физико-технического и других институтов. Среди них — В.А. Перепёлкин, А.В. Мыльников, С.А. Колотыгин, Э.Ф. Юрчук, ныне возглавляющие ведущие лаборатории подразделения. Эстафету опыта и знаний в настоящее время у них достойно принимает новое поколение метрологической школы радиоизмерений: А.В. Титаренко, М.А. Озеров, В.А. Семёнов, Н.Р. Баженов, И.П. Чирков, А.Е. Ескин, М.С. Шкуркин, Ю.А. Буренков, В.И. Лукьянов, Г.С. Бондаренко и другие.

Они высоко ценят полученный капитал первопроходцев радиотехнического направления исследований, заложивших основы метрологической школы в области радиоизмерений: В.С. Бузинова, Л.А. Переверзева, В.Д. Фрумкина, В.И. Проненко, Л.С. Неустроева, В.Р. Лопаня, Г.Г. Петросян, М.Е. Мелехова, В.З. Маневич, А.А. Сокова и др.

Первым по праву здесь называют В.С. Бузинова, столетие со дня рождения которого недавно отметила научная общественность. Он — основатель метрологического направления, связанного с измерением параметров электромагнитных полей радиочастотного диапазона в условиях свободного пространства, создатель первых в мировой практике эталона напряжённости магнитного поля в 1960 г. и эталона напряжённости электрического поля в 1967 г. С трудами этого заслуженного представителя метрологической радиотехнической школы читатели «Альманаха» могут познакомиться в книге его трудов «Эталонные измерения параметров радиочастотного электромагнитного поля», вышедшей в 2019 г. в издательстве ФГУП «ВНИИФТРИ».

С радиотехническими измерениями, как известно, тесным образом связаны частотно-временные, хотя и являются самостоятельным видом измере-

ний. Практически все измерения радиотехнических величин привязаны к частоте, и многие измеряемые радиотехнические величины характеризуются временными зависимостями.

Две метрологические школы ВНИИФТРИ — радиотехническая и время-частотная — активно взаимодействуют при выполнении важных исследовательских и конструкторских работ.

Правда, метрологическая служба время-частотных измерений начала формироваться уже в конце 40-х годов, когда Постановлением СМ СССР было организовано Центральное научно-исследовательское бюро (ЦНИБ) единой службы времени, вошедшее позже в состав созданного в 1955 году Всесоюзного научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений и послужившее фундаментом его научного и координирующего центра — Главного метрологического центра Государственной службы времени и частоты (ГМЦ ГСВЧ) страны. Создание ГМЦ ГСВЧ позволило поднять на качественно новый уровень обеспечение единства измерений времени и частоты.

Одновременно формировалась и научная метрологическая школа, пионеры которой Н.Н. Шишкин, Г.Н. Палий, Д.Ю. Белоцерковский, а также руководители служб времени восточных районов страны А.Г. Флеер, А.Н. Тельпуховский закладывали фундамент направления время-частотных измерений в стране. Вскоре состав школы пополнился высококвалифицированными специалистами, среди которых С.Б. Пушкин, Б.И. Власов, В.Н. Титов, В.И. Сачков, А.Н. Смирнов, и следом за ними — В.Г. Ильин, В.М. Татаренков, Ю.А. Фёдоров, Г.А. Ёлкин, В.П. Костромин, Ю.С. Домнин, Л.С. Юношев, Л.А. Синенко, М.Б. Кауфман, а также руководители пунктов метрологического контроля ГСВЧ — Г.Д. Апрышкин, В.М. Акулов, А.С. Толстиков, В.А. Степанов, А.В. Ануфриев, Г.А. Калинов, Ю.В. Соболев.

Их традиции продолжают и развивают современные представители метрологической школы ГМЦ ГСВЧ, возглавляемого д.т.н. И.Ю. Блиновым. Это — разработки и исследования в современных условиях развития экономики технических средств ГСВЧ: эталонной базы, средств передачи эталонных сигналов частоты и времени, средств определения параметров вращения Земли, систем метрологического обеспечения, комплекса воспроизведения единиц времени и частоты; хранения национальной шкалы времени, передачи единиц времени и частоты и национальной шкалы времени.

Важнейшие задачи направления время-частотных измерений сегодня решают представители нынешней метрологической школы этого направления: И.Б. Норец, В.Г. Пальчиков, Н.Б. Кошеляевский, С.Н. Слюсарев, В.Н. Барышев, А.Н. Малимон, В.П. Сысоев, А.И. Бойко, С.Л. Пасынок, И.В. Безменов, С.Н. Каган, Ю.Ф. Смирнов, С.Н. Овчинников. Особенности их деятельности — решение важнейшей государственной задачи по обеспечению эталонными сигналами частоты и времени потребителей экономики, науки,

техники, участие в выполнении заданий федеральных программ, в том числе Федеральной программы ГЛОНАСС. При выполнении этих заданий проявились лучшие черты метрологической школы время-частотных измерений — большая ответственность за решаемые задачи, чем всегда и отличалась время-частотная школа, так же как и высоким научным уровнем результатов выполняемых исследований, в том числе фундаментальных и поисковых. Эта особенность неоднократно отмечалась авторитетными научными организациями, в частности Академией наук. Высоким результатам благоприятствовало установившееся с самого начала сотрудничество с ФИАН, а также большое внимание к этому направлению академика Н.Г. Басова.

Параллельно и успешно в последнее время стала формироваться научная школа по направлению метрологического обеспечения координатно-временных и гравиметрических систем во главе с О.В. Денисенко, В.Ф. Фатеевым, В.Н. Федотовым, И.С. Сильвестровым. Особенностью этой школы является её молодой и талантливый состав, который успешно справляется с важнейшими заданиями в области как практической, так и фундаментальной метрологии. Последние достижения фундаментальных исследований в области гравиметрических измерений были отмечены в докладе РАН, наряду с созданием оптических стандартов частоты, разрабатываемых ГМЦ ГСВЧ.

Молодую ветвь этой школы сегодня успешно представляют: Д.С. Бобров, А.А. Фролов, Д.С. Печерица, Р.А. Давлатов, А.С. Завгородний, О.В. Колмогоров, С.С. Донченко, Д.А. Соколов, М.М. Мурзабеков, В.П. Лопатин, Е.А. Рыбаков, А.О. Долгодуш, Е.А. Карауш, С.Ю. Бурцев, В.О. Жилинский.

Важной основой их деятельности являются фундаментальные труды в области гравиметрии д.ф.-м.н. академика В.И. Пустовойта, первые результаты которых им были получены во ВНИИФТРИ.

Известному сегодня академику, лауреату Государственных премий В.И. Пустовойту в середине 60-х годов при изучении во ВНИИФТРИ усиления ультразвуковых волн в полупроводниках удалось получить непрерывный режим усиления ультразвуковых волн потоком электронов и тем самым создать усилитель, работающий практически неограниченное время при комнатной температуре кристалла и без специального охлаждения. Его работы по теории усиления акустических волн в полупроводниках и слоистых структурах привели к созданию акустоэлектроники как раздела физики твёрдого тела и нового направления в приборостроении; разработке целого поколения функциональных устройств обработки информации на поверхностных акустических волнах.

Под руководством В.И. Пустовойта создавалась продолжавшая работать, возглавляемая позже В.Н. Жогун, ныне успешно действующая научная школа в области акустооптики и оптоэлектроники ВНИИФТРИ.

Параллельно создаётся и укрепляется школа метрологии цифровых потоков информации, развивающая систему обеспечения единства измерений для ключевых параметров современных сетей цифровой связи. Создан и модернизируется в настоящее время национальный первичный эталон единиц измерения объёмов передаваемой цифровой информации.

Представители обеих школ В.С. Беляев, М.М. Мазур, В.Н. Шорин, В.Б. Бочков, Ю.А. Судденко, В.М. Епихин и другие в настоящее время успешно взаимодействуют под руководством А.В. Апрелева.

Чтобы удовлетворить требования науки и техники сегодняшнего дня и ближайшего будущего, на новой основе разворачиваются метрологические направления в области физико-химических измерений. Ещё совсем недавно пришлось говорить о трудностях восстановления этого направления после распада СССР. Сегодня можно уже констатировать заметные достижения, такие как создание эталонной базы, участие отечественных эталонов в международных сличениях, активное участие в работе технических комитетов, подкомитетов и рабочих групп Росстандарта, межгосударственных, региональных и международных организаций.

В процессе исследований по определению неорганических компонентов в жидкости, параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов в газе и жидкости, показателей рН активности ионов в водородах и рХ активности ионов в водных растворах под руководством В.И. Добровольского, Н.Г. Оганян постепенно формируется научная метрологическая школа физико-химических и электрических измерений, представляемая молодыми перспективными исследователями С.В. Прокуниным, Д.М. Балахановым, С.В. Шерстобитовым, Д.И. Беленьким и другими.

Ещё одна особенность метрологических школ институтов — это наращивание в последнее время темпов внедрения в производство рабочих эталонов и высокоточной измерительной аппаратуры. Началось серийное изготовление приборов, разработанных в институтах.

В заключение следует отметить плодотворное взаимодействие метрологических научных школ с подразделениями Государственной метрологической службы. Отделение службы по обеспечению единства измерений при разработке, испытаниях и применении продукции, возглавляемое во ВНИИФТРИ Ф.И. Храповым, памятуя традиции Палаты мер и весов Д.И. Менделеева, основным базисом своей деятельности считает научно-методический багаж, созданный метрологическими школами по измерениям, испытаниям, аттестации продукции.

Метрологические научные школы вместе с Государственной метрологической службой достойно служат интересам Отечества.

Литература

1. История и современность. 50 лет ВНИИФТРИ. М.: Стандартинформ, 2006.
2. Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли / составители: С.Б. Пушкин, В.Г. Пальчиков. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2013.
3. Радиотехнические эталоны для приоритетных научно-технических направлений и новейших технологий. Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2012.
4. Создание и совершенствование эталонной базы в области радиочастотных и электромагнитных измерений. Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2013.