



20 лет
в России



**ПЯТОЕ
ПОКОЛЕНИЕ
ВИДЕОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
МАШИН СЕРИИ
QUICK VISION**

Высочайшая
производительность
измерений с новыми функциями
StrobeSnap, Stream
и следящим автофокусом



О приборах
Mitutoyo
подробнее
читайте на стр. 19-23, 51
www.mitutoyo.ru

3D-сканеры.
История
и применение

14

**Контроль качества
продукции:**
просто о сложном

19

**О новой
редакции**
PMГ 115-2019

40



ВАК
DOI: 10.35400
РИНЦ Science Index



№ 4 / 2021
www.ria-stk.ru/mi



СТАНДАРТЫ И КАЧЕСТВО

Информационно-аналитическое агентство,
информационно-просветительский центр Всероссийской организации качества

ОСНОВАНО В 1993 ГОДУ

ЯВЛЯЕТСЯ

гарантом сохранения лучших советских традиций в стандартизации, приумножает их мировыми и отечественными инновациями

СОДЕЙСТВУЕТ

промышленному развитию и повышению конкурентоспособности российских компаний на внутреннем и внешнем рынках

РАСПРОСТРАНЯЕТ

передовой практический опыт предприятий по внедрению инструментов бережливого производства и повышению устойчивости бизнеса

ВЫСТРАИВАЕТ

диалог доверия между бизнесом, государством и обществом для повышения качества жизни граждан

НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



ИЗДАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЖУРНАЛОВ



СЕМИНАРЫ, КОНСАЛТИНГ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЭКСКУРСИИ



ВСЕРОССИЙСКИЕ ФОРУМЫ И КОНФЕРЕНЦИИ ПО МЕНЕДЖМЕНТУ КАЧЕСТВА



КОНКУРС НА СОИСКАНИЕ ОБЩЕРОССИЙСКОЙ ОБЩЕСТВЕННОЙ ПРЕМИИ «СТАНДАРТИЗАТОР ГОДА»

ПАРТНЕРЫ



+7 (495) 771 6652

www.ria-stk.ru

market@mirq.ru





НОВОСТИ.....	6
КОНФЕРЕНЦИИ	
<i>А.А. Богоявленский</i> Инновации в процессах измерений, инструментального контроля, испытаний и тенденции в их метрологическом обеспечении.....	8
ВОЕННАЯ МЕТРОЛОГИЯ	
<i>В.Н. Храменков, В.А. Щеглов</i> Как обеспечить государственный заказ Критерии отнесения измерений параметров оборонной продукции и процессов к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.....	10
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	
<i>В.С. Дюжев</i> 3D-сканеры. История и применение.....	14
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ	
<i>Д.Ю. Михайлов</i> Статистический анализ производственных процессов SPC Просто о сложном.....	19
ЛИЧНОСТИ	
Вместе – к Точности, Безопасности, Качеству!	24
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	
<i>В.Я. Смирнов</i> Пьезоэлектрический преобразователь пространственной вибрации повышенной надёжности (окончание в следующем номере).....	26
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
<i>К.В. Филатов</i> MEMS – перспективная технология построения акселерометров (окончание в следующем номере).....	31
ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ	
<i>В.А. Грушников</i> Средства автотранспортного мониторинга в энергетических и экологических приложениях (окончание в следующем номере).....	34
ПОДГОТОВКА КАДРОВ	
90 лет старейшей кафедре метрологии	38
ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ	
<i>Н.А. Бурмистрова, И.В. Викторов, А.А. Тумилович, А.Г. Чуновкина</i> О новой редакции РМГ 115–2019 «ГСИ. Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределенности» (окончание в следующем номере)	40
ТОЧКА ЗРЕНИЯ	
<i>А.С. Чуев</i> Системные и математические соотношения квантуемых и константных физических величин (окончание в следующем номере)	44
ГОСРЕЕСТР	
Об утверждении типов средств измерений.....	48
ВЫСТАВКИ	
<i>В.И. Матвеев</i> Под знаком Года науки и технологий.....	53
ВЕЛИКОЕ ПРОШЛОЕ	
<i>Е.Б. Гинак, О.Ю. Тюшевская</i> Е.Н. Юстова: «Странная наука, в которой измерительный прибор – наш глаз...»	58
БИБЛИОТЕКА МЕТРОЛОГА И ПРИБОРОСТРОИТЕЛЯ	63

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ

Уважаемые читатели журнала «Мир измерений»!

Подписка на 2022 год осуществляется через подписное агентство

ООО «Агентство «Урал-Пресс» либо в издательстве РИА «Стандарты и качество».

Справки по телефону: 8 (495) 258-84-36. E-mail: podpiska@mirq.ru

Реклама в номере:

ООО «Митутгойо РУС» – 1-я стр. обложки*
ООО «Терем» – 4-я стр. обложки*

АО «Вибро-Прибор» – 30*

ООО «РИА «Стандарты и качество» –
2, 3-я стр. обложки, 4, 18, 43*



РИА СТАНДАРТЫ
И КАЧЕСТВО

Издатель
ООО «РИА «Стандарты и качество»

Редакция

Главный редактор

Т.В. Шавина

Тел. (909) 663 8233

Ответственный секретарь

Л.В. Соколова

Тел. (916) 301 6169

Вёрстка

В.В. Боткина

Корректоры

Т.С. Митрофаненко

Переводчики

В.С. Лесин,

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА «МИР ИЗМЕРЕНИЙ»

В.Н. Крутиков, председатель Редакционного совета журнала «Мир измерений», докт. техн. наук, действительный член Метрологической академии, главный научный сотрудник ФГУП «ВНИИОФИ», г. Москва

В.А. Агунов, докт. техн. наук, действительный член Метрологической академии, заместитель руководителя Центра ФГУП «ВНИИ «Центр», г. Москва

В.Н. Бас, докт. техн. наук, вице-президент Метрологической академии, генеральный директор ФБУ «Ростест-Москва», председатель Совета директоров ФБУ ЦСМ Росстандарта ЦФО РФ, г. Москва

А.А. Богоявленский, докт. техн. наук, почетный метролог, член-корреспондент Метрологической академии, главный метролог ФГУП ГосНИИ ГА, г. Москва

Ф.В. Бульгин, докт. техн. наук, член Международного комитета по мерам и весам, первый заместитель директора по науке ФГБУ «ВНИИМС», г. Москва

А.Г. Грабарь, канд. техн. наук, член-корреспондент Метрологической академии, г. Санкт-Петербург

В.Л. Гуревич, канд. техн. наук, почетный член Метрологической академии, главный редактор научно-технического журнала «Метрология и приборостроение», директор Белорусского государственного института метрологии (БелГИМ), президент КООМЕТ, Минск, Республика Беларусь

А.А. Данилов, докт. техн. наук, профессор, действительный член Метрологической академии, директор ФБУ «Пензенский ЦСМ», г. Пенза

С.И. Донченко, докт. техн. наук, профессор, действительный член Метрологической академии, генеральный директор ФГУП «ВНИИФТРИ», г. Москва

Д.С. Ким, канд. техн. наук, руководитель службы безопасности и охраны труда ТОО «ЭФКО АЛМАТЫ», г. Алматы, Республика Казахстан

Д.А. Кузнецов, заместитель директора Департамента государственной политики в области технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений Министерства промышленности и торговли РФ, г. Москва

А.В. Латышев, академик РАН, докт. физ.-мат. наук, директор Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, г. Новосибирск

Н.П. Муравская, докт. техн. наук, действительный член Метрологической академии, профессор кафедры «Биомедицинские технические системы» факультета «Биомедицинская техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

М.В. Родин, владелец Группы компаний i3D, г. Москва

О.М. Розенталь, докт. техн. наук, профессор, главный научный сотрудник Института водных проблем РАН, г. Москва

Э.И. Цветков, докт. техн. наук, действительный член Метрологической академии, профессор кафедры информационных измерительных систем и технологий Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета, заслуженный деятель науки РФ, г. Санкт-Петербург

Г.В. Шувалов, канд. техн. наук, член-корреспондент Метрологической академии, директор Западно-Сибирского филиала ФГУП «ВНИИФТРИ», г. Новосибирск

Научный совет

А.В. Белинский, докт. физ.-мат. наук, профессор, ведущий научный сотрудник физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Б.С. Могильницкий, канд. физ.-мат. наук, заведующий кафедрой физико-химических и теплотехнических измерений Новосибирского филиала Академии стандартизации, метрологии и сертификации (учебная), г. Новосибирск

В.М. Фуксов, заместитель руководителя лаборатории эталонов и научных исследований в области термометрии ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, главный учёный секретарь Метрологической академии, г. Санкт-Петербург

А.С. Чуев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Физика» факультета «Фундаментальные науки» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

MEASUREMENTS WORLD МИР ИЗМЕРЕНИЙ



МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. ОСНОВАН В 2001 Г.

4 (194) 2021

NEWS	6
CONFERENCES	
<i>A.A. Bogoyavlenskiy</i> Innovations in measurement processes, instrumental control, testing and trends in their metrological support	8
MILITARY METROLOGY	
<i>V.N. Khramenkov, V.A. Shcheglov</i> How to secure a government order	10
METROLOGICAL EQUIPMENT	
<i>V.S. Dyuzhev</i> 3D scanners. History and application	14
PRODUCTION QUALITY CONTROL	
<i>D.Yu. Mikhailov</i> Statistical Analysis of SPC Manufacturing Processes	19
PERSONALITIES	
Together – to Precision, Safety, Quality!	24
METROLOGICAL EQUIPMENT	
<i>V.Ya. Smirnov</i> Highly reliable piezoelectric spatial vibration transducer (ending in the next issue)	26
MEASURING TECHNOLOGIES	
<i>K.V. Filatov</i> MEMS – Promising Accelerometers Design Technology (ending in the next issue)	31
FOREIGN EXPERIENCE	
<i>V. A. Grushnikov</i> Foreign implementations of improved methods and measuring instruments in the aerospace sector (ending in the next issue)	34
PERSONNEL TRAINING	
90 years of the oldest metrology department	38
THEORY OF MEASUREMENTS	
<i>N.A. Burmistrova, I.V. Viktorov, A.A. Tumilovich, A.G. Chunovkina</i> About the new edition of RMG 115-2019 "Calibration of measuring instruments. Algorithms for processing measurement results and evaluating uncertainty" (ending in the next issue)	40
POINT OF VIEW	
<i>A.S. Chuev</i> System and mathematical relationships of quantized and constant physical quantities (ending in the next issue)	44
APPROVING TYPES OF MEASURING INSTRUMENTS	
Competencies for digital metrology	48
EXHIBITIONS	
<i>V.I. Matveev</i> Under the aegis of "Year of Science and Technology"...	53
GREAT PAST	
<i>E.B. Ginak, O.Yu. Tyushevskaya</i> E.N. Yustova: "A strange science in which the measuring device is our eye..."	58
LIBRARY OF METROLOGIST AND INSTRUMENT MAKER	63

ATTENTION SUBSCRIBERS

Dear readers of Measurements World! Subscription for 2022 is through Ural-Press Agency or AIA Standards and Quality publishing house.

Information by phone: 8 (495) 258-84-36. E-mail: podpiska@mirq.ru

Subscribe
Mir Izmereniy (Measurements World)

In Russia, CIS, Baltic states
Rospechat Agency
www.rosp.ru

In other countries
MK-Periodica agency
www.periodicals.ru



А.Н. Лоцманов,
заместитель сопредседателя
Комитета по промышленной
политике и техническому
регулированию РСПП,
сопредседатель рабочей группы
по реализации механизма
«регуляторной гильотины»
в сфере обеспечения
единства измерений

Уважаемые коллеги!

От лица Комитета по промышленной политике и техническому регулированию РСПП, Межотраслевого совета по прикладной метрологии и приборостроению поздравляю коллектив РИА «Стандарты и качество» и журнала «Мир измерений», а также его читателей – российских метрологов и приборостроителей – с 20-летним юбилеем издания!

За эти годы журнал завоевал большой авторитет в профессиональной среде, поскольку не только широко освещает наиболее актуальные для метрологического сообщества России вопросы, но и активно формирует вокруг себя экспертное информационное поле. «Мир измерений» выступил инициатором и соорганизатором конференции «Метрология на службе качества», приуроченной к Всемирному дню метрологии и юбилею журнала, которая состоялась 19 мая в стенах РСПП и стала самым запоминающимся профессиональным событием этого года благодаря онлайн-трансляции на все регионы. В ней приняли участие представители Минпромторга России, Минобороны России, Росстандарта, Росаккредитации, отраслевых институтов Росстандарта, РСПП, бизнеса и ведущие эксперты. Деятельность метрологов вносит неоценимый вклад в повышение конкурентоспособности отечественной промышленности. Поэтому основной задачей конференции было привлечение внимания научно-технического сообщества к необходимости более тесной интеграции метрологии с другими дисциплинами и диалога заинтересованных специалистов. Руководитель Росстандарта А.П. Шалаев поддержал начинание «Мира измерений» и предложил проводить подобные мероприятия на постоянной основе. Такие содержательные дискуссии на актуальные темы – весомый вклад журнала в решение задач, стоящих перед метрологами России, а также перед реальным сектором экономики в целом.



« РЕСУРСЫ ДЛЯ БИЗНЕСА »

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОДУКТ — ЦИКЛ УНИКАЛЬНЫХ ТЕМАТИЧЕСКИХ ПОДБОРОК И УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОДБОРКИ — концентрированное знание в формате «дорожной карты» о том, какие управленческие решения обеспечат конкурентоспособность и устойчивость бизнеса, как правильно выстраивать отношения с поставщиками и контрагентами, какие шаги необходимо предпринять, чтобы завоевать или восстановить утраченные позиции на рынке, формировать альтернативные цепи поставок и модели ценообразования, и многое другое.

Главная цель проекта: предоставить комплексный срез обоснованных и эффективных управленческих решений на основе анализа лучших практик совершенствования бизнес-процессов. Со страниц подборок наиболее компетентные отечественные и зарубежные специалисты предоставляют информационную и методическую поддержку руководству организаций, доходчиво разъясняют, каким образом инструменты стандартизации, менеджмента качества и бережливого производства способствуют повышению производительности, конкурентоспособности и устойчивости бизнеса.

РУБРИКИ

бережливое производство
производственная экскурсия
процессный подход
качество менеджмента
стандартизация и техрегулирование
вопросы экономики
оценка соответствия
устойчивое развитие
государство и бизнес
метрология
лучшие практики
отраслевая
авторская



АВТОРЫ ПОДБОРОК — наиболее опытные российские и зарубежные эксперты: Деминг, Друкер, Шухарт, Джуран, Адлер, Лapidус, Качалов, Чайка, Аронов, Соколов и др.

Представлены лучшие практики передовых компаний: Asus, Lufthansa, UPS, Columbia Sportswear, Victorinox, Tetra Pak, Северсталь, Норникель, ГК «ПОЛЮС», Kaspersky, Группа «Черкизово» и др.

Ознакомьтесь с полным перечнем тематических подборок:



<https://ria-stk.ru/libraries/>
раздел «Ресурсы для бизнеса»



podpiska@mirq.ru



8 (495) 771 6652 (доб. 142, 143)



В.Н. Бас,
генеральный директор
ФБУ «Ростест-Москва»

Уважаемые читатели и редакция журнала «Мир измерений»!

Руководство и коллектив ФБУ «Ростест-Москва» сердечно поздравляют вас с 20-летием журнала.

Сегодня это ведущее метрологическое научно-техническое издание в области науки об измерениях. С первого выпуска журнала в 2001 году вы сумели заложить тренд информационной открытости для широкой общественности, рассматривая метрологическую дисциплину в промышленности и других сферах экономики как непосредственный и обязательный элемент контроля и менеджмента качества, сыграли большую роль в просвещении российского общества в области метрологии и приборостроения. Все эти годы журнал был и остается в центре научно-метрологической жизни в России и государствах ЕАЭЖ. Публикуемые материалы по актуальным темам и направлениям с учетом современных реалий вызывают постоянный интерес и спрос среди разных категорий читателей. Вам удалось создать уникальное экспертное медиaproстранство для взаимодействия разработчиков технических средств и приборов, производителей и потребителей измерительной техники, метрологов, технологов и инженеров, а также тех, кто использует средства измерений для своих производственных нужд.

Ваш сегодняшний потенциал, энергетика присущего вам успеха вселяют уверенность в ясной перспективе дня завтрашнего! Уверены, что знания, профессионализм и активная жизненная позиция членов редакционного совета, сотрудников редакции, авторов и в дальнейшем будут служить укреплению роли издания в обществе.

От души желаем редакторскому коллективу, авторам и читателям крепкого здоровья, вдохновения и творческих успехов, а журналу – оставаться на лидирующих позициях среди отраслевых СМИ метрологического сообщества в нашей стране, сохранять свою популярность и высокий авторитет у читательской аудитории. Пусть юбилейный год станет для вас годом новых профессиональных свершений, творческих удач, реализации интересных и масштабных проектов!

■ Конгресс ИМЕКО: делать неизмеримое измеримым

В онлайн-формате прошел XXIII Всемирный конгресс ИМЕКО. Организаторами мероприятия выступили Научный совет Японии (SCJ) и Общество инженеров по приборам и системам управления (SICE). В 2021 году участники Международной конфедерации по измерениям объединились под девизом «Измерения – первые искры интеллектуальной революции будущего». Свое видение новых тенденций в данной сфере международному сообществу представила проблемная лаборатория метрологического обеспечения компьютеризированных датчиков и ИИС ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. В программу конгресса был включен доклад «Делай неизмеримое измеримым с помощью искусственного интеллекта» руководителя лаборатории **Роальда Тайманова**, заместителя руководителя лаборатории **Ксении Сапожниковой** и профессора Финансового университета при Правительстве РФ **Светланы Прокопчиной**.

<https://www.vniim.ru/>

■ Заседание НТКМетр МГС

Очередная встреча представителей национальных органов по метрологии государств СНГ в режиме видео-конференц-связи прошла в рамках 54-го заседания Научно-технической комиссии по метрологии (НТКМетр) Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС).

В заседании НТКМетр приняли участие представители национальных органов по стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации и бюро по стандартам Азербайджана, Республики Армения, Республики Беларусь, Грузии, Ре-

спублики Казахстан, Киргизской Республики, Республики Молдова, Республики Таджикистан, Туркменистана, Республики Узбекистан, Украины. Российскую делегацию на заседании возглавил заместитель руководителя Росстандарта **Евгений Лазаренко**. В состав делегации от России также вошли представители Росаккредитации, центрального аппарата Росстандарта, ФГУП «ВНИИМС», ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», ВНИИР – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», ФГУП «ВНИИОФИ», ФГУП «ВНИИФТРИ».

<https://www.rst.gov.ru/>

■ Делегация Росстандарта в Нижнем Новгороде

В рамках рабочего визита в Нижний Новгород делегация Росстандарта, которую возглавил руководитель ведомства **Антон Шалаев**, посетила ведущего отечественного разработчика и производителя прецизионной радиоизмерительной аппаратуры для систем хранения времени и эталонов времени и частоты ЗАО «Время-Ч». Основанное в 1993 году, предприятие стало одним из лидеров мирового рынка,

поставляя в десятки стран мира водородные стандарты частоты и времени, рубидиевые опорные генераторы, частотные и фазовые компараторы, синхронизаторы по сигналам космических навигационных систем. Специалисты предприятия продемонстрировали разработки, благодаря которым создаются сверхточные атомные часы для земли и космоса.

<https://www.nncsm.ru/>

■ Во ВНИИФТРИ разработали новый тип ваттметра повышенной точности

Специалисты ВНИИФТРИ разработали новый рабочий эталон – термисторный ваттметр оконечного типа – для контроля параметров подобных приборов меньшей точности и для измерений мощности при разработке и настройке радиочастотного оборудования в СВЧ-диапазоне (от простых источников СВЧ-сигналов до сложных радиолокационных сис-

тем). Новый ваттметр поддерживает возможность работы со всеми существующими типами термисторных преобразователей, благодаря чему способен адаптироваться под конкретные измерительные задачи в диапазоне частот от 0,02 до 78,33 ГГц. ВНИИФТРИ является лидером по количеству эксплуатируемых радиотехнических эталонов в России и одним из немно-



гих ведущих метрологических институтов в мире, в котором ведутся разработки и производство высокоточных средств измерений.

<https://www.vniiftri.ru/>

ЮБИЛЕЙ



Профессор Г.П. Воронин, президент Всероссийской организации качества, главный редактор журнала «Стандарты и качество», действительный государственный советник Российской Федерации 1-го класса, доктор технических наук, доктор экономических наук

О заслугах перед Отечеством

В ноябре Геннадий Петрович Воронин отметил свое 80-летие. Академик Академии проблем качества, Заслуженный машиностроитель РФ, Заслуженный инженер РФ, лауреат Государственной премии СССР и Государственной премии РФ в области науки и техники, кавалер орденов Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», «За заслуги перед Отечеством» IV степени, ордена Преподобного Сергия Радонежского, многих медалей, Геннадий Петрович возглавлял Госстандарт Российской Федерации с 1997 по 2001 год.

Г.П. Воронин всегда уделял большое внимание метрологии, поскольку считал, что без развернутой системы изме-

рений невозможен контроль и управление качеством выпускаемой продукции. В предисловии к уникальному изданию «Государственные эталоны России» он пишет: «Единство измерений, их точность и достоверность — одно из условий успешного развития экономики страны и ее интеграции в мировую систему межгосударственных, торговых, научных и культурных связей».

Коллектив журнала «Мир измерений» поздравляет Геннадия Петровича с юбилеем и желает новых свершений на благо отечественной науки и повышения качества жизни граждан нашей страны.

Завершена реорганизация ВНИИМС

Подведомственное Росстандарту ФГУП «ВНИИМС» преобразовано в федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГБУ «ВНИИМС»).

Реорганизация института осуществлена в соответствии с указом Президента РФ от 1 июля 2021 года № 388 в целях дальнейшего развития системы обеспечения единства измерений, необходимой для достижения устойчивого и сбалансированного социально-экономического

развития, обеспечения обороны и безопасности страны.

ФГБУ «ВНИИМС» сохранит преемственность всех направлений научной и практической деятельности в области законодательной и производственной метрологии, поддержки и развития эталонной базы, а также выполнения всех возложенных на институт функций в соответствии с действующим российским законодательством в области обеспечения единства измерений, нормативно-правовой базой и уставом организации.

<https://www.rst.gov.ru/>

Конференция по медицинской метрологии

В Сочи состоялась X Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы метрологического обеспечения в здравоохранении и производстве медицинской техники». Организатором мероприятия выступило ФГУП «ВНИИОФИ». Конференция на протяжении многих лет является дискуссионной площадкой для обсуждения проблем метрологического обеспечения в здравоохранении. В рамках конференции были представлены следующие актуальные темы: проблемы измерений и диагностики коронавирусной инфекции и мониторинга течения болезни, такие как насыщение крови кислородом с использованием пульсоксиметрии, КТ-диагностика и меры для повышения её чувствительности для определения состояния легочной системы человека, ПЦР-тестирование, обеспечение единства измерений в лабораторной медицине и др.

<https://www.uniiofi.ru/>

ЦАТ и «Цифра» создают платформу аддитивных решений

Центр аддитивных технологий (ЦАТ) Ростеха совместно с компанией «Цифра» создадут цифровую платформу для продвижения аддитивных решений. Сервис будет создан на основе платформы интернета вещей.

Сотрудничество позволит свободно обмениваться результатами научно-исследовательской деятельности для развития аддитивных технологий в России и за ее пределами. Сервис станет единой площадкой для взаимодействия заказчиков, производителей, поставщиков оборудования, материалов и других

игроков отрасли. Единая платформа позволит управлять заказами, контролировать производство и осуществлять трансфер решений в различные отрасли промышленности.

По словам генерального директора ЦАТ Владислава Кочкурова, платформа позволит внедрить проверенные высокотехнологические решения, упростит сертификацию продукции, логистику и позволит заказчикам напрямую работать с ведущими производителями, отобранными на основе рейтинговой системы.

<https://rostec.ru/>

Инновации в процессах измерений, инструментального контроля, испытаний и тенденции в их метрологическом обеспечении

А.А. Богоявленский

Вниманию читателей предлагается обзор докладов и выступлений участников VII Всероссийской научно-технической конференции «Измерения. Испытания. Контроль», прошедшей с 26 по 27 октября 2021 г. в рамках 18-й Международной выставки испытательного и контрольно-измерительного оборудования Testing & Control в МВЦ «Крокус Экспо» (Москва). Выставка Testing & Control и традиционно сопровождающая её научная конференция являются одним из основных специализированных проектов в России в области измерительного и испытательного оборудования.

Организатором конференции выступила Международная выставочная компания (ООО «МВК») при поддержке Минпромторга России, Роскачества, ФГУП «ВНИИМС», ФГУП ГосНИИ ГА, ФГУП «ЦИАМ». Конференция состояла из стратегической, авиационной и технологической сессий, а также специальных сессий ГК «Роскосмос» и ФГУП «НАМИ».

Конференция открылась докладом о совершенствовании нормативного правового регулирования обеспечения единства измерений (ОЕИ), представленным М.В. Летуновским (Минпромторг России). За прошедший год приняты Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» и постановление Правительства РФ «Об утверждении Положения о федеральном государственном метрологическом контроле (надзоре) и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации». Особое внимание в докладе уделено из-

менению статьи 15 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений», касающейся проведения контроля (надзора).

М.Г. Калининкова (ЦМТУ Росстандарта) представила результаты анализа законодательства об осуществлении контрольно-надзорной деятельности в части обязательных требований в сфере государственного регулирования ОЕИ и предложения по направлениям его совершенствования. Для актуализации сведений функционируют информационные системы государственного контроля

(надзора), муниципального контроля: единый реестр видов контроля, единый реестр контрольно-надзорных мероприятий, информационная система досудебного обжалования, реестр заключений о подтверждении соблюдения обязательных требований, информационные системы надзорных органов.

С докладом о национальной системе аккредитации, ее состоянии и перспективах развития выступил С.Ю. Золотаревский (Росаккредитация). В национальной системе аккредитовано 8967 лиц, из них 2202 –



Ключевые слова: измерения, инструментальный контроль, испытания, метрологическое обеспечение, метрологический риск, обеспечение единства измерений.

Keywords: measurements, instrumental control, testing, metrological support, metrological risk, ensuring the uniformity of measurements.

ИННОВАЦИИ В ПРОЦЕССАХ ИЗМЕРЕНИЙ, ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ, ИСПЫТАНИЙ И ТЕНДЕНЦИИ В ИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ

метрологические службы, 5752 – испытательные лаборатории, 707 – органы сертификации. По состоянию на октябрь нынешнего года государственных услуг оказано в 2,2 раза больше, чем за весь 2020 год. Новым в законодательстве в области аккредитации являются единые правила ведения реестров, цифровизация сведений, самостоятельное внесение органами контроля в реестры сведений о выданных предписаниях, самостоятельная регистрация деклараций заявителями. Планируется к 01.03.2022 внедрить электронные области аккредитации органов по сертификации и метрологических служб.

Б.М. Пашаев (ФГУП «ВНИИМС») основное внимание уделил актуальным вопросам применения национального стандарта ГОСТ Р 8.568–2017 «ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения», в первую очередь его отличиям от ранее действовавшего стандарта, утверждённого в 1997 году.

О состоянии метрологического обеспечения в ракетно-космической промышленности (РКП) выступил **А.В. Голега** (ГК «Роскосмос»). В корпорации «Роскосмос» функционирует метрологическая служба (МС), головной организацией которой является АО «ЦНИИмаш». Мероприятия по совершенствованию системы метрологического обеспечения (МО) включены в документы программно-целевого планирования развития. К имеющимся основным проблемам относится отставание отечественного приборостроения от потребностей при измерении параметров и характеристик перспективных изделий ракетно-космической техники (РКТ). Основными направлениями развития МО РКП является внесение космической деятельности в сферу государственного регулирования в области ОЕИ, разработка постановления Правительства РФ «Об особенностях ОЕИ в космической деятельности», реализация Программы развития (совершенствования) системы

МО РКП и ОЕИ в РКП на период до 2025 года.

О состоянии и перспективах развития нормативной базы МО РКП доложено **П.М. Поморцевым**, **Д.Г. Киреевым**, **Р.И. Лесниченко** (АО «ЦНИИмаш»). К 2025 году планируется достигнуть целевых количественных и качественных показателей развития и совершенствования нормативной базы МО РКП, предполагается определить особенности ОЕИ при осуществлении космической деятельности на законодательном уровне (федеральные законы, постановления Правительства РФ). Это потребует разработки нормативно-правовых актов, согласованных Минпромторгом, Росаккредитацией, Минобороны, ГК «Роскосмос», намечено переработать (актуализировать) 100% основополагающих документов отрасли системы МО.

С докладом о результатах испытаний системы НАСКД-200ПР для оценки возможности ее применения при регламентном обслуживании бортового авиационного оборудования вертолетов семейства Ми-8, а именно Ми-8Т, Ми-8МТВ-1, Ми-8АМТ, Ми-171, Ми-171А, Ми-172, выступил **А.А. Богоявленский** (ФГУП ГосНИИ ГА). Работа проводилась на основании решения АО «Научный центр вертолестроения «Миль-Камов». По результатам испытаний метрологические характеристики (диапазоны и погрешности измерений), метрологическая надёжность и другие сервисные возможности НАСКД-200ПР подтвердили обеспечение возможности и достоверности проверок по всей требуемой номенклатуре контролируемых параметров 23 типов бортового авиационного оборудования. В итоге выпущен эксплуатационный бюллетень «О применении НАСКД-200ПР в качестве средства эксплуатационного контроля для вертолетов семейства Ми-8».

Несколько выступлений было посвящено проблемам подготовки кадров в области метрологии в условиях цифровой трансформа-

ции. Это доклады **В.И. Пронякина** и **А.С. Комшина** (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»), **Р.И. Лесниченко**, **М.О. Припутнева**, **Е.Д. Портнова** (АО «ЦНИИмаш»).

С интересными докладами также выступили **Ю.Д. Чашечкин** (Институт проблем механики РАН), **М.Е. Герасимов** (ФГУП «НАМИ»), **И.В. Красавин** (ФГУП «ВНИИМС»), **А.С. Марталов** (АО «НПО «Энергомаш им. академика В.П. Глушко») и др.

Заключение

VII Всероссийская научно-техническая конференция «Измерения. Испытания. Контроль» показала актуальность обсуждаемых вопросов в области разработки, испытаний и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники, а также их метрологического обеспечения, обеспечения единства измерений и стандартизации и неослабевающий интерес к ним со стороны профессионального сообщества.

МИ



А.А. Богоявленский

доктор технических наук, почётный метролог, член-корреспондент Метрологической академии, главный метролог ФГУП

ГосНИИ ГА, г. Москва

Anatoliy Aleksandrovich Bogoyavlenskiy
Doctor of Technical Sciences, Honorary Metrologist,
Corresponding Member of the Metrological Academy,
Chief Metrologist of FSUE GosNII GA,
Moscow

Abstract

The article overviews the reports and speeches of the participants of the VII All-Russian Scientific and Technical Conference "Measurements. Tests. Control", which took place from October 26 to 27, 2021 in the framework of Testing & Control 2021, the 18th International Exhibition of Testing and Control and Measuring Equipment.

Как обеспечить государственный заказ

Критерии отнесения измерений параметров оборонной продукции и процессов к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

В.Н. Храменков, В.А. Щеглов

В статье рассматриваются особенности обоснования измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений для организаций промышленности, выполняющих государственный оборонный заказ, анализируются нормативные правовые основы, определяющие отнесение измерений и средств измерений к этой сфере, обосновывается порядок отнесения измерений к сфере государственного регулирования при выполнении оборонного заказа в области обороны.

Определение измерений, относящихся к сфере государственного регулирования (СГР) обеспечения единства измерений (ОЕИ), как показано в [1], в соответствии с законодательством Российской Федерации об ОЕИ является обязательным для последующей организации ОЕИ через утверждение типа и поверку средств измерений, аттестацию методик измерений (для СГР ОЕИ) или калибровку (вне этой сферы).

Особенности организации ОЕИ в СГР и вне сферы государственного регулирования приведены на рисунке 1.

В СГР, определяемой федеральными законами об ОЕИ [2], о техническом регулировании [3] и аккредитации [4], основной процедурой ОЕИ являются испытания и утверждение типа средств измерений, поверка средств измерений, а вне этой сферы – их калибровка.

Для установления измерений, относящихся к СГР ОЕИ, и распро-

странения на средства измерений в этой сфере процедур их испытаний, утверждения типа и поверки законодательством Российской Федерации (РФ) об ОЕИ определены соответствующие процедуры как для социально значимой области измерений, так и для области обороны, к которой относится государственный оборонный заказ.

В соответствии с частью 5 статьи 5 Федерального закона [2] в социально значимой области государства Правительство РФ устанавливает Перечень измерений, относящихся к СГР ОЕИ, и обязательные метрологические требования к ним. Такой перечень установлен постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1847 [5].



Рис. 1 Организация ОЕИ в сфере государственного регулирования и вне ее

Ключевые слова: измерения, обеспечение единства измерений, сфера государственного регулирования, обязательные метрологические требования, оборонный заказ, законодательство и нормативные правовые акты.
 Keywords: measurements, ensuring the uniformity of measurements, the scope of government regulation, mandatory metrological requirements, defense orders, legislation and regulations.

Для измерений, относящихся к этой сфере в области обороны (в том числе для организаций промышленности, выполняющих государственный оборонный заказ (ГОЗ)), Минобороны России определяет измерения и устанавливает к ним согласно [2] обязательные метрологические требования. Разработка единого перечня измерений, устанавливающего номенклатуру измеряемых величин, диапазоны и точность измерений, аналогичного перечню, утвержденному постановлением Правительства РФ [5] для социально значимой области, неприемлема для области обороны по следующим причинам:

- такой перечень не соответствует требованиям части 5 статьи 5 федерального закона [2], где для области обороны установлена не «разработка перечня», а «определение измерений, относящихся к СГР ОЕИ, и обязательных метрологических требований к ним»;
- единый перечень измерений не соответствует законодательно установленной Системе обоснования обязательных требований к образцам ВВТ и связанным с ними процессам их разработки, производства, испытаний и эксплуатации (в том числе к номенклатуре измеряемых параметров и обязательным метрологическим требованиям к измерениям);
- содержание такого перечня невозможно обосновать, так как он должен быть адекватен ГОЗ по разработке конкретного образца и изменяться в соответствии с новыми договорами (контрактами) на разработку и изготовление образцов ВВТ.

Измерения, относящиеся к СГР ОЕИ в социально значимой сфере



Рис. 2
Измерения, относящиеся к СГР ОЕИ в социально значимой сфере

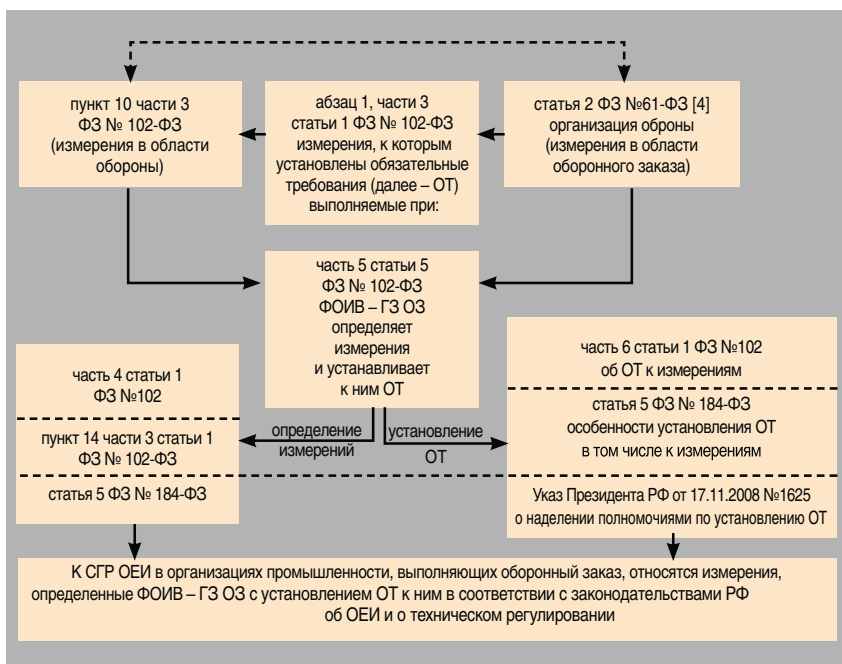


Рис. 3
Структура документов, определяющих измерения, относящиеся к СГР ОЕИ при выполнении ГОЗ

и частично распространяющиеся на выполнение ГОЗ (в части охраны здоровья сотрудников, экологической безопасности работ по ГОЗ, государственных учетных операций и др.), приведены на рисунке 2.

Структура документов, определяющих измерения, относящиеся к СГР ОЕИ при выполнении ГОЗ, которое регулируется законодательством РФ об ОЕИ и техническом регулировании, приведена на рисунке 3.

Как следует из рисунка 3, в соответствии с частью 3 статьи 1 федерального закона [2] к СГР ОЕИ, при выполнении ГОЗ в организациях промышленности относятся измерения, к которым Минобороны России установлены обязательные метрологические требования, распространяющиеся на эти организации в соответствии со статьей 2 федерального закона [6], выполняющие разработку, производство и совершенствова-

ние вооружения и военной техники.

Данная формулировка части 3 статьи 1 федерального закона [2] (осуществление деятельности в области обороны и безопасности государства) однозначно определяет измерения, относящиеся к СГР ОЕИ при выполнении ГОЗ. Следовательно, при установленной заказчиком номенклатуре измерений и обязательных метрологических требований к ним, включая показатели точности измерений, такие измерения относятся к СГР ОЕИ, в противном случае СГР на них не распространяется.

Номенклатура измеряемых параметров конкретных видов и типов образцов вооружения и военной техники (ВВТ) и процессов их разработки, производства, испытаний и эксплуатации, а также обязательные метрологические требования к измерениям устанавливаются в составе обязательных требований, установленных в тактико-техническом задании (ТТЗ) на разработку конкретного образца ВВТ.

Система установления обязательных требований к образцам

ВВТ и связанным с ними процессам (включая номенклатуру изменений и обязательные метрологические требования к измерениям их параметров и средствам измерений) законодательно регулируется:

- частью 4 статьи 1 (в соответствии с [3]) и частью 3 статьи 1 (оценка соответствия обязательным требованиям) федерального закона [2];
- статьей 5 федерального закона [3], устанавливающей особенности технического регулирования применительно к оборонной продукции и связанным с нею процессам;
- Указом Президента РФ [7], наделившим Минобороны России полномочиями по установлению обязательных требований (включая обязательные метрологические требования) в области обороны.

Министерство обороны разрабатывает и устанавливает своими нормативными правовыми актами и технической документацией (конструкторской, технологической и программной документацией,

техническими условиями и документами по стандартизации) обязательные требования в области технического регулирования к оборонной продукции, поставляемой для нужд Вооруженных Сил РФ по ГОЗ, а также связанным с нею процессам создания и эксплуатации оборонной продукции, в том числе обязательные метрологические требования к измерениям их параметров и средствам измерений.

Если в конструкторской (в том числе эксплуатационной) и технологической документации, программах и методиках испытаний, утвержденных Минобороны, определена номенклатура измеряемых параметров и установлены обязательные метрологические требования к измерениям, то такие измерения относятся к СГР ОЕИ. Обоснованность установления обязательных метрологических требований к измерениям и средствам измерений, а также отнесение таких измерений и средств измерений к СГР ОЕИ подтверждаются результатами обязательной метрологической экспертизы и метрологической экспертизы, проводимых в установленном порядке.

Роль и место измерений в системе оценки соответствия оборонной продукции представлены на рисунке 4.

Как следует из рисунка 4, измерения являются единственной объективной количественной формой оценки соответствия, составляющей основу всех других технических форм оценки соответствия: испытаний, контроля качества, приемки, проверки и т.д.

Обоснованное отнесение измерений к СГР ОЕИ в организациях, выполняющих ГОЗ, обеспечивает соответствие измерений в этих организациях требованиям законодательства РФ об ОЕИ, результатов

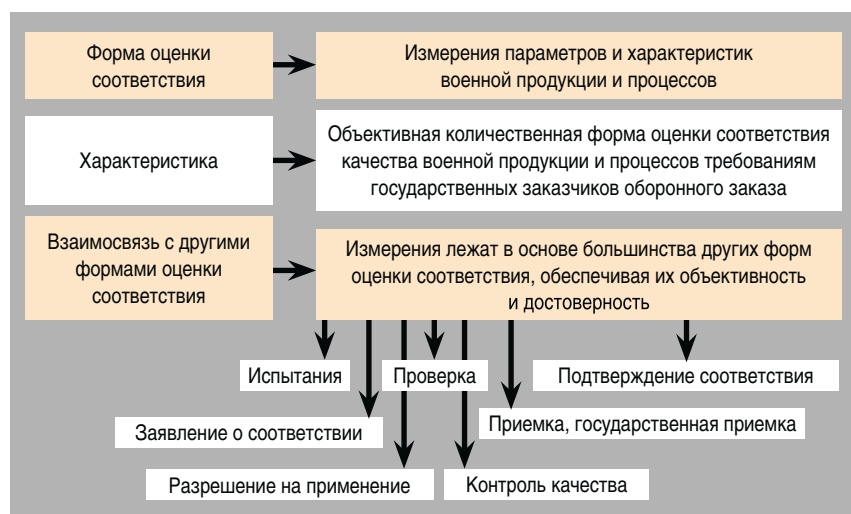


Рис. 4 Роль и место измерений в системе оценки соответствия оборонной продукции

ность систем менеджмента качества этих организаций и заданное качество ГОЗ.

Заключение

Таким образом, в организациях промышленности, выполняющих ГОЗ, к СГР ОЕИ должны относиться измерения, которые определены Минобороны России в соответствии с частями 3 и 4 и пунктом 14 части 3 статьи 1 федерального закона [2] с установлением обязательных метрологических требований к ним в соответствии со статьей 5 федерального закона [3] для каждого конкретного оборонного заказа и изменяться с поступлением нового заказа. Это позволяет существенно сократить затраты (финансовые, временные и т.д.) на обеспечение единства измерений при создании и эксплуатации образцов ВВТ. Кроме того, к СГР ОЕИ при выполнении ГОЗ должны также относиться измерения, предусмотренные перечнем, утвержденным постановлением Правительства РФ № 1847 для социально значимой сферы, если они осуществляются в ходе выполнения ГОЗ.

МИ

Список использованных источников

1. Мамлеев Т.Ф., Храменков В.Н., Щеглов В.А. Обоснование измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений // Законодательная и прикладная метрология. 2021. № 2. С. 3–5.
2. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями и дополнениями от 27 октября 2020 г. Федерального закона № 348-ФЗ).
3. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
4. Федеральный закон от 28.12.2013 № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации».
5. Постановление Правительства РФ от 16.11.2020 № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».
6. Федеральный закон от 31.05.1996 № 61-ФЗ «Об обороне».
7. Указ Президента РФ от 17.11.2008 № 1625 «О внесении изменений в некоторые акты Президента Российской Федерации».
6. Постановление Правительства РФ от 11.10.2012 № 1036 «Об особенностях оценки соответствия оборонной продукции (работ, услуг), поставляемой по государственному оборонному заказу, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения указанной продукции».
7. Постановление Правительства РФ от 02.10.2009 № 780 «Об особенностях обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области обороны и безопасности Российской Федерации».

References

1. Mamleev T. F., Khramenkov V.N., Shcheglov V.A. Substantiation of measurements related to the sphere of state regulation of ensuring the uniformity of measurements // Legal and applied metrology. 2021. No. 2. Pp. 3–5.
2. Federal Law No. 102 of 26.06.2008 “On Ensuring the Uniformity of Measurements” (as amended by Federal Law No. 348 of October 27, 2020).
3. Federal Law of December 27, 2002 No. 184 “On Technical Regulation”.
4. Federal Law of December 28, 2013 No. 412 “On Accreditation in the National Accreditation System”.
5. Resolution of the Government of the Russian Federation of November 16, 2020 No. 1847 “On approval of the list of measurements related to the sphere of state regulation of ensuring the uniformity of measurements”.
6. Federal Law of 31.05.1996 No. 61 “On Defense”.
7. Decree of the President of the Russian Federation of November 17, 2008 No. 1625 “On Amendments to Certain Acts of the President of the Russian Federation”.
6. Decree of the Government of the Russian Federation of 11.10.2012 No. 1036 “On the specifics of assessing the conformity of defense products (works, services) supplied under the state defense order, design processes (including surveys), production, construction, installation, commissioning, operation, storage, transportation, sale, utilization and disposal of the specified products”.
7. Decree of the Government of the Russian Federation of 02.10.2009 No. 780 “On the specifics of ensuring the uniformity of measurements in the implementation of activities in the field of defense and security of the Russian Federation”.



Виктор Николаевич Храменков

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,

Заслуженный метролог Российской Федерации

Viktor Nikolaevich Khramenkov

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher

FSBI State Scientific and Research Center of Russian Ministry of Defense, Honored Metrologist of the Russian Federation



Василий Андреевич Щеглов

старший научный сотрудник ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России, Заслуженный метролог Российской Федерации

Vasily Andreevich Shcheglov

Senior Researcher FSBI State Scientific and Research Center

of Russian Ministry of Defense, Honored Metrologist of the Russian Federation

Abstract

The article discusses the features of justifying measurements related to the sphere of state regulation of ensuring the uniformity of measurements for industrial organizations carrying out a state defense order, analyzing the regulatory legal framework that determines the assignment of measurements and measuring instruments to this area, substantiating the procedure for referring measurements to the sphere of state regulation when performing defense order.

3D-сканеры. История и применение

В.С. Дюжев

3D-сканер – это прибор, позволяющий оцифровать объект из реального мира и получить его трехмерную модель. Самый первый 3D-сканер появился на свет более 160 лет назад. С тех пор технологии сканирования шагнули далеко вперед. На сегодняшний день существует огромное количество производителей сканеров, а самих технологий оцифровки поверхностей более десятка. В данной статье будет дан краткий обзор технологий сканирования, а также разобрано несколько кейсов с использованием технологии лазерной триангуляции.

Первое использование 3D-сканирования связано с работами Франсуа Виллема (François Willème), французского художника, родившегося в 1830 году. Виллем был не только художником, но и скульптором, и фотографом. Он разработал и запатентовал процесс создания портретной скульптуры с использованием нескольких фотопроекций.

Свое изобретение он назвал фотоскульптурой. Как вы можете видеть на рисунке 1, этот процесс не сильно отличается от того, что мы сегодня называем 3D-сканированием.

Фотоскульптура – это воспроизведение людей, животных и вещей путем создания серии снимков по кругу и использования их в качестве синхронизированных фотопроекций для создания скульптуры.

Виллем сделал серию фотографий вокруг объекта и использовал их, чтобы вырезать подобие фигуры. Современные фотоскульптуры получаются в процессе 3D-сканирования и 3D-печати. В результате получаются фигурки, которые представляют собой отсканированный объект.

Теперь посмотрим не в такое далекое прошлое. За последние пару

десятилетий наиболее популярным методом 3D-сканирования стало лазерное сканирование. Популярным до такой степени, что именно лазерный сканер является синонимом определений, которые вы найдете в интернете.

Для создания такого рода оборудования потребовалось объединить знания тригонометрии, открытые древними вавилонянами и египтянами, с современными системами обработки изображений и компьютерным зрением. Это было достигнуто только после десятилетий перебора различных теоретических подходов к задаче.

Когда в 1980-х годах лазерное сканирование начало набирать популярность, оно во многом изменило природу 3D-оцифровки пред-

метов. Еще в 70-х создание цифровых моделей из реальных объектов было трудоемким. Использовались контактные системы измерений, которые регистрировали точки в пространстве. Лазерное сканирование оказалось быстрее и открыло целый новый мир объектов, которые можно было сканировать. Раньше предметы с мягкой или хрупкой поверхностью были неподходящими для оцифровки. Сегодня большинство лазерных сканеров используют линии лазерного света для захвата геометрии.

До того как это называлось трехмерным сканированием, это называлось «сканирование по диапазону» (range scanning), которое команда Стэнфордского университета определяла как сетку значений расстояний, которые показывают, как далеко точки на физическом объекте находятся от сканирующего устройства. Данные часто отображались как черно-белое изображение, в котором яркость пикселя отображала расстояние до точки.

К девяностым годам компьютерные ученые имели хорошее представление о том, чего они могут достичь и как это сделать, они были ограничены только своим оборудованием. Пионеры 3D-сканирова-

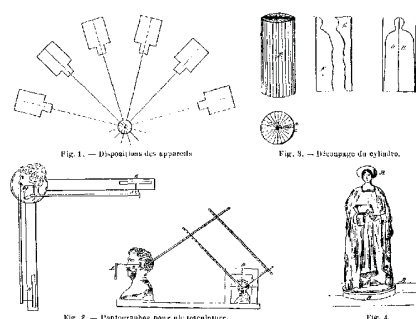


Рис. 1 Принцип работы 3D-сканера Франсуа Виллема

Ключевые слова: 3D-сканер, контроль геометрии, технологии 3D-сканирования, лазерная триангуляция, реверс-инжиниринг, аддитивные технологии, кейсы по 3D-сканированию.

Keywords: 3D scanner, geometry control, 3D scanning technologies, laser triangulation, reverse engineering, additive technologies, 3D scanning cases.

ния работали с аналоговыми видеокамерами, телевизионными трубками вместо датчиков, потолком ЦП 512 Кб и ограничением памяти 5 Мб. Среднее разрешение изображения было 512 x 512 пикселей.

Несмотря на то что лазерное сканирование осуществлялось быстрее, чем другие методы, оно, тем не менее, занимало много времени и было очень дорогим. Также еще не было разработано, как эффективно объединить более одного 3D-сканирования объекта, трехмерную модель объекта, имеющую геометрию со всех сторон. Этого не случилось до 1993 года, когда Стэнфордский университет успешно объединил 10 сканов глиняного кролика, сделанных в магазине одним из исследователей.

Хотя стэнфордский кролик долгие годы служил эталоном для тестирования алгоритмов 3D-сканирования (приведенный пример был взят из исследовательского проекта под названием «Художественная визуализация меха, травы и деревьев»), сегодня он считается слишком простой моделью для тестирования сканеров.

На диаграмме 1 показаны все существующие на сегодняшний день технологии 3D-сканирования.

Наиболее популярными и распространенными технологиями являются дальнометрия, лазерная триангуляция и структурированная подсветка.

Говоря коротко, технология дальнометрии используется для оцифровки больших объектов, таких как помещения, цеха, площади и т.д. Максимальный размер сканируемого объекта может достигать 350 м, а точность сканирования – 1 мм.

Технология структурированной подсветки предназначена для сканирования с высоким разрешением

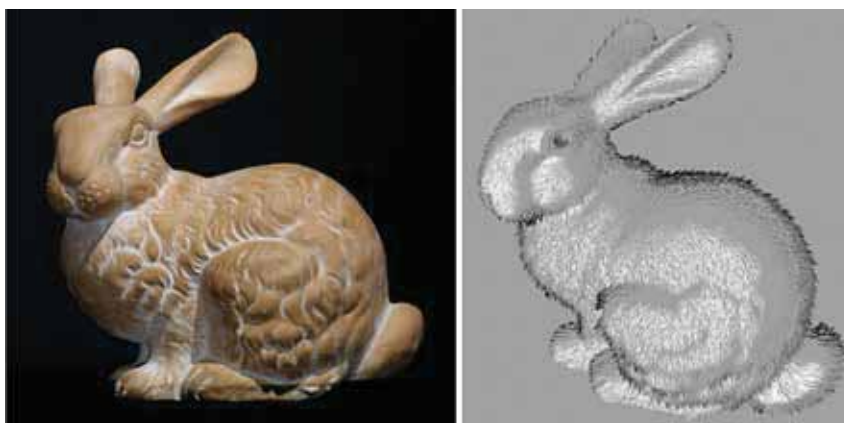


Рис. 2
Отсканированный кролик

Диаграмма 1
Технологии по оцифровке геометрии объектов

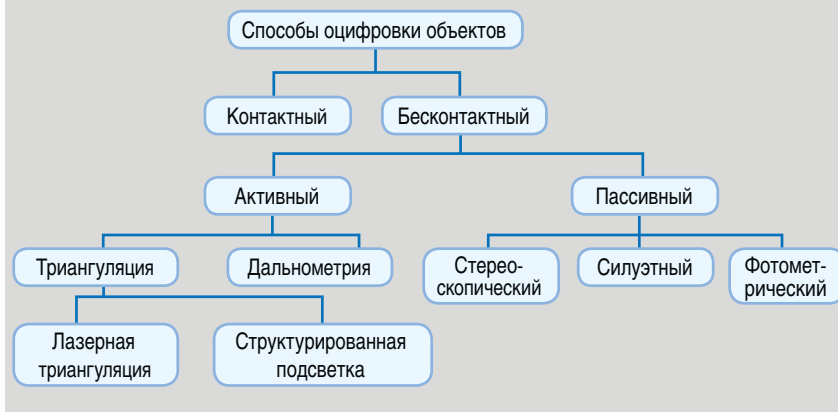


Рис. 3
Результат сканирования ДПП с использованием технологии дальнометрии

и точностью небольших объектов с габаритами от нескольких миллиметров до нескольких метров. При этом точность может достигать 4 мкм, а разрешение – 17 мкм. На рисунках 4 и 5 показана монета, отсканированная с помощью технологии структурированной подсветки. На рисунке 5 особенно хорошо видно качество оцифрованного рельефа, толщина надписи составляет 100 микрон.

Технология лазерной триангуляции представлена ручными лазерными сканерами. С ее помощью можно оцифровывать объекты от 10–15 сантиметров до 10 метров на габарите с высокой точностью и разрешением. Разрешение у таких сканеров чуть хуже, чем у сканеров структурированного подсвета, а точности на объектах с габаритом более метра лучше.

Что показывают кейсы?

Рассмотрим несколько кейсов по применению ручных лазерных сканеров на примере сканера Simscan от компании Scantech.

■ КЕЙС 1

Сканирование крышки для последующего изменения ее дизайна и изготовления

Заказчику было необходимо изменить дизайн крышки двигателя и изготовить ее в новом ди-



Рис. 4
Оцифрованная монета



Рис. 5
Надпись на монете

зайне. Для этого нужно было провести 3D-сканирование оригинальной крышки, а затем ее реверс-инжиниринг.

Крышка была отсканирована с помощью ручного лазерного сканера Simscan. Чем же был определен выбор именно такого оборудования? Это:

- мобильность: сканер вместе с калибровочной плитой и всем необходимым упакован в небольшой транспортировочный кейс, что позволило специалисту по сканированию без проблем добраться до офиса заказчика;
- максимальный размер крышки – 220 мм, точность сканирования на всем габарите составила около 30 микрон, локальная точность 20 микрон позволила качественно оцифровать все отверстия;
- крышка обладает сложной геометрией, которая труднодоступна для сканирования. Благодаря высокой скорости сня-

тия данных сканер моментально снимает геометрию, которая попала в его поле зрения, таким образом сканировать труднодоступные области удобно.

По времени сканирование крышки заняло не более 15 минут. Результат сканирования показан на рисунке 6.

После проведения работ по сканированию модель была перенесена в специальное программное обеспечение (ПО) для реверс-инжиниринга Geomagic Design X. В данном ПО результат сканирования был корректно размещен в системе координат, а затем была построена твердотельная модель с минимальными отклонениями от результата сканирования.

На рисунке 7 показан процесс построения эскиза для создания твердотельной модели. ПО показывает отклонения эскиза от реальной геометрии объекта.

Таким образом, заказчик смог в сжатые сроки построить твердотельную модель крышки, внести в нее изменения, а затем изготовить.

■ КЕЙС 2

Сканирование отливок лопаток для контроля их геометрии

Заказчику было необходимо отсканировать и проконтролировать более пятидесяти лопаток, длина которых составляла один метр. Лопатки прошли обработку



Рис. 6
Результат сканирования крышки



Рис. 7
Построение твердотельной модели крышки



Рис. 8
Результат сканирования лопатки на ручной лазерный сканер Simscan



Рис. 9
Цветовая карта отклонений

на ЧПУ, и было необходимо удостовериться в правильности их геометрии.

Все лопатки были отсканированы с помощью ручного лазерного сканера Simscan.

Чем же был определен выбор именно такого оборудования? Это:

- точность сканирования достигает 60 микрон, что удовлетворяет заказчика;
- вес сканера всего 570 г, что позволило отсканировать около 30 лопаток за один рабочий день (8 часов);
- скорость оцифровки геометрии – более 2 000 000 точек в секунду, что позволяет не задерживаться долго на одном месте при сканировании и очень быстро оцифровать большое количество объектов;
- нет необходимости матировать поверхность лопаток специальным спреем: Simscan сканирует темные и блестящие поверхности без их специальной подготовки.

Время сканирования одной лопатки – 20 минут, таким образом, весь объем работ по сканированию занял всего два рабочих дня.

Результат сканирования показан на рисунке 8.

Результат сканирования каждой лопатки был перенесен в программное обеспечение для контроля геометрии Geomagic Control X, в котором была построена цветовая карта отклонений.

Карта отклонений была построена относительно предоставленной заказчиком твердотельной модели лопатки.

Совмещение результата сканирования с твердотельной моделью происходило по геометрии замка лопатки.

На рисунке 9 показана цветовая карта отклонений одной лопатки.

При контроле геометрии был выставлен допуск 100 микрон, поверхности, окрашенные зеленым, попадают в допуск. У поверхностей, окрашенных в теплые цвета, отклонения идут в плюс, в холодные цвета – в минус.

Как видно по карте отклонений, данная лопатка не может быть признана годной.

Таким образом, работы по сканированию и контролю геометрии лопаток помогли выявить брак в партии и вовремя его утилизировать.

Сами работы с учетом сканирования и создания отчетов по контролю геометрии заняли четыре рабочих дня.



Рис. 10
Результат сканирования лодки

КЕЙС 3

Сканирование днища лодки

Заказчику было необходимо отсканировать и создать твердотельную модель днища лодки, длина которой составляла шесть метров.

Лодка была отсканирована с помощью ручного лазерного сканера Simscan.

Чем же был определен выбор именно такого оборудования? Тем, что:

- без фотограмметрии на объекте с такими габаритами точность составит порядка 1 мм, что полностью удовлетворяет заказчика;
- скорость оцифровки геометрии – более 2 000 000 точек в секунду, что позволяет не задерживаться долго на одном месте при сканировании и очень быстро оцифровать объект с большими габаритами;
- нет необходимости матировать поверхность днища специальным спреем: Simscan сканирует темные и блестящие поверхности без их специальной подготовки;
- маленькие габариты самого сканера позволяют удобно сканировать труднодоступные участки.

Время сканирования составило около четырех часов. Результат сканирования показан на рисунке 10.

После завершения сканирования полигональная модель была открыта в Geomagic Design X, где далее была построена твердотельная модель. Результат реверс-инжиниринга показан на рисунке 11.



Рис. 11
Результат реверс-инжиниринга лодки

Заключение

Существует большое количество технологий 3D-сканирования и огромное количество производителей 3D-сканеров, но на сегодняшний день нет ни одного универсального сканера. Тем не менее можно видеть, что ручной лазерный сканер Simscan наиболее близок к званию универсального. С его помощью можно решить широкий спектр задач, связанных как с контролем геометрии, так и с реверс-инжинирингом.

МИ

Список использованных источников

1. Техническая документация Scantech (Hangzhou) Co., Ltd., Китай.
2. Edl M., Mizer k M., Trojan J. 3D LASER SCANNERS: HISTORY AND APPLICATIONS. – 2019. – 5 p.
3. Art-Based Rendering of Fur, Grass, and Trees / M. A. Kowalski, L. Markosian, J.D. Northrup, L. Bourdev, R. Barzel, L.S. Holden, J.F. Hughes. 1999. 6 p.

References

1. Technical Documentation Scantech (Hangzhou) Co., Ltd., China.
2. Edl M., Mizer k M., Trojan J. 3D LASER SCANNERS: HISTORY AND APPLICATIONS. 2019. 5 p.
3. Art-Based Rendering of Fur, Grass, and Trees / M. A. Kowalski, L. Markosian, J.D. Northrup, L. Bourdev, R. Barzel, L.S. Holden, J.F. Hughes. 1999. 6 p.



Владислав Сергеевич Дюжев

специалист по 3D-решениям, компания i3D, г. Москва
www.i3D.ru

Vladislav Sergeevich Dyuzhev
specialist in 3D solutions,
i3D company, Moscow
www.i3D.ru

Abstract

This article provides a brief overview of 3D scanning technologies, as well as disassembled cases using a handheld laser 3D scanner.

ГАЗЕТА QUALITY NEWS

ЕЖЕНЕДЕЛЬНАЯ
ЭЛЕКТРОННАЯ
РАССЫЛКА НОВОСТЕЙ

ОПЕРАТИВНО ПОЛУЧАЙТЕ САМУЮ АКТУАЛЬНУЮ И ПОЛЕЗНУЮ ИНФОРМАЦИЮ!

- Законодательная и нормативная база национальной и межгосударственной систем стандартизации
- Системы менеджмента
- Безопасность — производственная, экологическая, энергетическая, информационная и др.
- Развитие персонала
- Контроль качества продукции и услуг
- Метрология, лабораторная практика
- Оценка соответствия, аккредитация испытательных лабораторий
- Импортзамещение, конкурентоспособность, стратегическое развитие, поддержка экспорта
- Переход к циркулярной модели экономики, экономика качества, принципы индустрии 4.0
- Бизнес-совершенствование и др.



НОВОСТИ • КОММЕНТАРИИ • РАЗЪЯСНЕНИЯ • ОБЗОРНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ СТАТЬИ • ПРАКТИЧЕСКИЕ РУКОВОДСТВА

Если газета перестала Вам приходить, Вы можете бесплатно переподписаться, перейдя по ссылке: <https://ria-stk.ru/electronprint/rassilka.php> или кликнув по баннеру «Электронная газета» в меню на главной странице сайта www.ria-stk.ru

СПРАВКИ: тел.: (495) 771 6652 (доб. 123), e-mail: editor_site@mirqr.ru

БЕСПЛАТНАЯ
ПОДПИСКА НА САЙТЕ RIA-STK.RU
В РАЗДЕЛЕ «ЭЛЕКТРОННАЯ ГАЗЕТА»

Статистический анализ производственных процессов SPC Просто о сложном

Д.Ю. Михайлов

В 2024 году концепция статистического управления процессами (далее – SPC, от англ. Statistical Process Control) отметит 100 лет со дня ее создания Уолтером Шухартом. За эти сто лет она зарекомендовала себя в производствах разного уровня, а в автомобильной промышленности применение методики SPC прописано на уровне стандартов.

Из статьи вы узнаете, что такое SPC, как применяется методика в процессе контроля качества и эффективна ли она через сто лет после создания, а также что думал о концепции сам создатель. Вы поймете, что SPC – это легче, чем приготовить оладушки. Узнаете об инструментах SPC и о современных программных комплексах.

Что такое SPC

Профессор Вудал (W. Woodall) во введении к большой дискуссии о SPC писал: «Статистическое управление процессами, составная часть статистического контроля качества (SQC), состоит из методов понимания, управления и улучшения результативности процессов во времени».

Википедия, популярная интернет-энциклопедия, определяет SPC как метод мониторинга производственного процесса с использованием статистических инструментов, его цель – управление качеством продукции «непосредственно в процессе производства».

Некоторые и вовсе считают SPC новым витком в эволюции мышления. Дэвид Джон Уилер, известный профессор компьютерных наук, в своей статье «Скромное предложение» (A Modest Proposal) писал: «Статистическое управление процессами – это не про статистику, это не про контроль процессов, это не про соответствие техническим условиям. Это по самой сути про



Уолтер Шухарт



Доктор Эдвардс Деминг
(фото 1953 года)

то, как извлечь максимум из ваших процессов. Это про постоянное совершенствование процессов и их результатов. И это, прежде всего и больше всего, способ мышления с помощью некоторых соответствующих инструментов».

Уолтер Шухарт в своих работах выделял три шага контроля качества:

- спецификация или установление допусков;
- производство изделий, соответствующих спецификации;
- проверка на соответствие спецификации.

В книге «Статистические методы с точки зрения контроля качества» он писал: «В соответствии с тремя

шагами существуют три смысла, согласно которым статистический контроль может играть важную роль при стремлении к однородности произведенной продукции:

- (а) как концепция статистического состояния, предел, которого можно надеяться достичь при улучшении однородности качества;
- (b) как деятельность или методика достижения однородности;
- (с) как решение».

Позднее доктор Эдвардс Деминг добавил четвертый шаг к трем шагам контроля качества Шухарта и развил идею до цикла Шухарта – Деминга, более известного как цикл Деминга или PDCA, на котором основывается подход постоянного совершенствования в области системы менеджмента качества.

Получается, что SPC – это концепция качества, постоянный цикл, включающий планирование, выполнение процедуры, контроль и анализ результатов с применением различных инструментов (в том числе статистических) и воздействие на процедуру.

Ключевые слова: управление качеством, статистический анализ производственных процессов, SPC, измерения на производстве, инструменты SPC, MeasurLink, цикл PDCA, цифровизация.

Keywords: quality management, statistical analysis of production processes, SPC, measurements in production, SPC instruments, MeasurLink, PDCA cycle, digitalization.

Контроль качества с помощью SPC. Просто о сложном

На практике идея контроля качества с помощью статистического мышления более интуитивна для понимания, чем традиционный подход к контролю. Если вы готовите оладушки по бабушкиному рецепту и делаете все правильно, в итоге с некоторыми допущениями вы получите оладушки, как у бабушки.

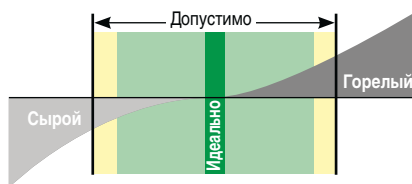
Для контроля качества ваших изделий прежде всего определяется перечень характеристик, по которым будет проходить контроль. Например, для тех же оладушек это может быть степень готовности, внешний вид, вкус. Затем необходимо настроить процесс, ориентируясь на выбранные характеристики. В процессе настройки контролируются первые несколько штук до достижения нужного результата, а затем поддерживается процесс в нужном состоянии для получения годных изделий.

Другими словами, в SPC рассматривается не каждая отдельная деталь, а процесс изготовления. Если процесс настроен на изготовление годных деталей и является стабильным, то изделия, полученные в ходе такого процесса, будут также годными. Еще раз: если у вас прекрасно настроенный процесс по приготовлению оладушек, по итогу вы будете получать прекрасные оладушки. В таком случае вашей задачей становится поддержание процесса в этом состоянии и исключение каких-либо изменений, которые могут повлиять на конечное качество.

В качестве примера контролируемой характеристики возьмем степень готовности.

В зависимости от времени, наличия и количества масла, а также от степени прогрева сковороды получается та или иная степень готовности оладушек. Подход к контролю

Диаграмма 1
Степень готовности



качества прожарки хорошо иллюстрирует принцип Тагути: «Наивысшее качество достигается при приближении к центру процесса». То есть в центре вы будете получать идеальные оладушки, чуть левее – недожаренные, чуть правее – пережаренные, но еще достаточно вкусные, чтобы употреблять в пищу. Интуитивно вы стараетесь поддерживать процесс центрированным.

При этом существует другой важный параметр, влияющий на конечный результат, – это степень «одинаковости» получаемых изделий.

Иначе говоря, если у вас неточные часы, например без секундной стрелки, плита с неравномерным огнем, сильно меняется температура на кухне или вы используете разные сковороды, то, даже несмотря на ваше стремление сделать идеальные оладушки, степень готовности и вкус будут сильно меняться от изделия к изделию в процессе приготовления. Может так случиться, что в рамках одной партии среди изделий вы получите одновременно сырой и горелый оладушек. Это говорит о том, что вы не можете обеспечить постоянное качество или одинаковость ваших изделий. Это переключается с другим принципом Тагути: «Качественный продукт должен быть произведен, а не найден в процессе контроля или сборки».

Как обеспечить одинаковость? В процессе приготовления это происходит естественным образом. Например, если вы видите, что на

определенной сковороде оладушки получаются вкуснее, чем на других, то в будущем стараетесь применять только ее.

Производственный процесс зависит от множества условий и поэтому постоянно меняется во времени. Эти условия, причины этих изменений, можно разделить на обычные и особые. Обычные причины – это причины, присущие самому процессу, то есть то, что делается обычно для приготовления идеальных изделий. Обычно эти условия меняются не сильно, а изменения носят случайный характер.

Например, обычно вы помещаете на сковороду подготовленную массу толщиной 10 мм ($\pm 20\%$), ждете 50 секунд до готовности ($\pm 20\%$) и т.д. Особые причины – это причины, не присущие процессу, то есть ошибки или то, что вы обычно не делаете. Например, вы уложили массу толщиной 3 мм и подождали 5 минут или вовсе не включили плиту. Такие ситуации необходимо выявлять и исключать их появление в будущем.

Из всего вышеперечисленного становится понятно, что, чтобы получить идеальные оладушки, необходимо обеспечить стабильный процесс приготовления, то есть настроенный на идеальные оладушки (центрированный) и обеспечивающий одинаковость изделий. Также необходимо отлавливать ошибки, находить причины и устранять их.

Все это интуитивно понятно, когда речь идет о бабушкиных оладушках, но что насчет турбины самолета или двигателя автомобиля? Из-за вовлеченности большого количества людей, разделения обязанностей, большого промежутка времени от заготовки до готового изделия процесс изготовления «размывается» во времени и пространстве, а ответственность за процесс делится среди множества исполни-

телей. Несмотря на это различие, подход остается тот же – обеспечить стабильный процесс и выявлять моменты, когда и почему процесс перестал быть стабильным. Если перекладывать на пример с приготовлением оладушек, то процесс производства сложных изделий становится похожим на приготовление оладушек совместно с несколькими родственниками.

Инструменты SPC

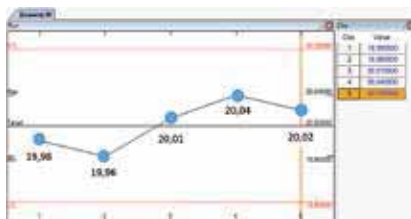
Как упоминалось выше, цель любого производства – это обеспечить стабильный процесс изготовления качественной продукции. Мы уже выяснили, что стабильный процесс – это центрированный и настроенный на получение одинакового результата. Однако как оценить степень центрированности и одинаковости в численной форме?

Для начала обозначим центрированность процесса относительно целевого значения буквой Ц, а одинаковость или изменчивость процесса относительно технических требований соответственно Од.

Завод изготовил пять валов диаметром 20 мм с допуском $\pm 0,1$ мм, таким образом, минимально допустимое значение – 19,9, максимально допустимое значение – 20,1. В данном случае ширина допуска (разница максимального и минимального предельных значений) составляет 0,2 мм. Результаты измерения отображены в диаграмме 2.

Минимальное значение диаметра получилось 19,96 мм, а максимальное – 20,04 мм. Из этого можно предположить, что наш процесс лежит в пределах между 19,96 и 20,04, а ширина процесса (разница максимального и минимального фактических значений) составляет 0,08 мм. Среднее значение составляет 20,002.

Диаграмма 2
Измеренные значения диаметра вала



Рассчитаем индекс Од (одинаковость), для этого разделим ширину допуска на ширину процесса:

$$Од = ШД / ШП = 0,2 / 0,08 = 2,5.$$

Мы получили индекс, показывающий разброс процесса относительно допуска. Чем больше значение индекса, тем разброс меньше, а, соответственно, одинаковость изделий больше.

Од < 1 считается неудовлетворительным, Од > 1,00 – удовлетворительным, Од > 1,33 – хорошим результатом.

Рассчитаем индекс Ц (центрированность), для этого оценим смещение в каждую сторону отдельно и выберем минимальное значение. Чтобы оценить смещение влево, разницу между средним значением и минимальным предельным значением (мин. ПД) разделим на половину ширины процесса:

$$\begin{aligned} Ц_{ЛЕВ} &= (\text{среднее} - \text{мин. ПД}) / \\ &0,5 \cdot ШП = (20,002 - 19,9) / \\ &0,5 \cdot 0,08 = 2,55. \end{aligned}$$

Аналогично оценим смещение вправо:

$$\begin{aligned} Ц_{ПРАВ} &= (\text{макс. ПД} - \text{среднее}) / \\ &0,5 \cdot ШП = (20,1 - 20,002) / \\ &0,5 \cdot 0,08 = 2,45. \end{aligned}$$

Минимальным значением из $Ц_{ЛЕВ}$ и $Ц_{ПРАВ}$ является $Ц_{ПРАВ} = 2,45$, соответственно Ц = 2,45.

Если процесс центрирован идеально, то Ц = Од, чем число меньше, тем менее центрирован процесс. Если Ц = 0, то центр процесса совпадает с предельно допустимым значением (границей допуска), если Ц = 1, то процесс одним краем касается предельно допустимого значения.

Таким образом, мы вывели два взаимосвязанных индекса, определяющих пригодность нашего процесса. Теперь можно рассчитать, а затем установить минимально допустимые значения и с помощью этого подхода оценивать не изделия, а процесс.

Вышеуказанный пример несколько упрощен. В реальном расчете ширину процесса считают не просто как разницу максимального и минимального значений.

Если границы процесса (ШП) вычисляют как $6 \cdot \bar{R} / d_2$, то индекс Од называют индексом воспроизводимости и обозначают C_p , а индекс Ц обозначают C_{pk} .

\bar{R} в таком случае – средний размах между максимальными и минимальными значениями во всех подгруппах данной выборки, а d_2 – коэффициент для расчета стандартного отклонения, зависящий от размера подгруппы.

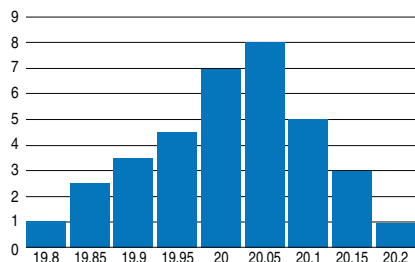
Если границы процесса (ШП) вычисляют как $6 \cdot \sigma_s$, то индекс Од называют индексом пригодности и обозначают P_p , а индекс Ц обозначают P_{pk} .

$6 \cdot \sigma_s$ в таком случае – разброс на основе полной изменчивости процесса в шесть стандартных отклонений.

Индексы воспроизводимости C_p и C_{pk} применяют для оценки возможностей стабильных процессов, а индексы пригодности P_p и P_{pk} – для оценки возможностей процессов, стабильность которых не подтверждена.

Диаграмма 3

Пример гистограммы



Чтобы несколько глубже разобраться с тем, как определяются границы реального процесса, необходимо затронуть два термина: «гистограмма» и «закон нормального распределения».

Что такое гистограмма?

Это двумерный график, по горизонтальной оси которого откладываются числовые интервалы, а по вертикальной – частота появления исследуемой переменной в заданном числовом интервале.

Что такое нормальное распределение?

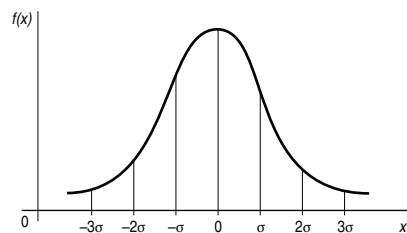
Нормальное распределение – распределение вероятностей, описываемое функцией Гаусса, которая представляет собой всем известный «колокол». Кривизна графика зависит от величины σ (сигма). Интересно, что при отступе на несколько сигм от центра он приближается к нулю, но не достигает его.

Нормальное распределение применяют для описания случайных событий. При отдалении на три сигмы вероятность того, что событие произойдет, составляет 0,13%.

Данные о процессе можно представить в виде гистограммы. Если сделать предположение, что эти данные подчиняются закону нормального распределения, можно «натянуть» «колокол» нормального распределения на получившуюся гистограмму, говоря матема-

Диаграмма 4

Функция нормального распределения плотности вероятности



тическим языком – аппроксимировать.

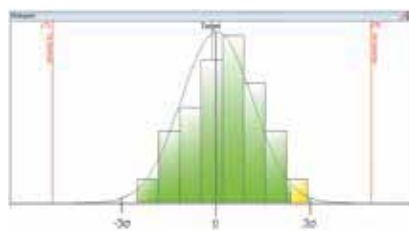
Теперь границы процесса можно определить, отступив от центра графика по 3σ , тем самым обеспечив доверительный интервал в 99,87% от всего процесса. Другими словами, 99,87% всех данных будет содержаться в отрезке между -3σ и 3σ . Это позволяет утверждать, что на миллион изделий бракованных будет не более 1350 штук.

Что в конечном счете все вышеуказанное дает производству?

На основании собранных данных можно перейти от стопроцентного контроля на выборочный. Грубо говоря, если известно, как распределен процесс, можно вовсе не проводить контроль. Правда, единственный способ узнать, как распределен процесс, – это провести контроль нескольких изделий.

Диаграмма 5

Гистограмма с наложенной функцией нормального распределения плотности вероятности



При этом важно помнить следующее: чтобы оценка процесса была корректна, необходимо, чтобы процесс подчинялся известному закону распределения.

Программный комплекс SPC MEASURLINK

Расчет индексов пригодности и воспроизводимости, гистограмма, закон нормального распределения – не единственные инструменты SPC, существует множество других, каждый из которых служит для оценки и улучшения процессов.

Сегодня на рынке существует множество программных продуктов, объединяющих в себе все необходимые инструменты SPC. Одним из таких продуктов является программный комплекс, разработанный корпорацией Mitutoyo, – Measurlink.

Изображение 1

Концепция MeasurLink



Программное обеспечение MeasurLink объединяет в себе пять модулей для наиболее эффективного управления производственными процессами.

■ Модуль *Real-Time*

Это основной инструмент специалиста, проводящего измерения. Модуль позволяет настроить карту контроля и выводить SPC-вычисления в реальном времени, а также собирать данные практически с любых электронных измерительных приборов.

■ Модуль *Process Analyzer Professional*

Данный модуль является основным инструментом инженера по качеству на производстве и позволяет выполнять ретроспективный анализ процессов для выявления проблемных областей, а также создавать корректирующие меры для улучшения процессов.

■ Модуль *Process Manager*

Идеально подходит для руководителя цеха и/или производства и позволяет осуществлять аудит всей цеховой инспекционной деятельности с одного персонального компьютера.

■ Модуль *Gage R&R*

Разработан в соответствии со стандартом ISO/TS16949. Модуль позволяет проводить анализ повторяемости, воспроизводимости, линейности, стабильности, а также пригодности средств измерений (MSA).

■ Модуль *Gage Management*

Основной инструмент метролога предприятия, позволяет создать полный реестр средств измерений с учетом места хранения, сроков поверки и многих других характеристик. В любой момент можно вывести отчет о текущей ситуации, на-



Изображение 2
Интерфейс модуля Real-Time

пример увидеть все средства измерений, которые необходимо проверить в течение следующей недели.

Программный комплекс MeasurLink за последнее десятилетие зарекомендовал себя на сотнях предприятий по всему миру, а сегодня может помочь и вам в совершенствовании ваших производственных процессов.

Получить 60-дневную оценочную версию программного обеспечения MeasurLink можно, заполнив небольшую форму на официальном сайте Mitutoyo в России *Mitutoyo.ru*.

Заключение

Концепция SPC опередила свое время, и, несмотря на то что скоро она отметит 100 лет со дня создания, многие предприятия до сих пор открывают ее для себя как новый взгляд на существующие процессы. За эти несколько десятилетий методика SPC зарекомендовала себя на разных уровнях, начиная с производственных процессов и заканчивая бизнес-процессами, она создала новый тип мышления и положила начало нескольким фундаментальным концепциям в области управления качеством. Тысячи производственных (и не только) организаций по всему миру доказывают полезность SPC ежедневно.

МИ

Список использованных источников

1. Shewhart, W.A. (1931, reprint 1980). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. – Milwaukee, WI: ASQ Quality Press. – 501 p.
2. Shewhart, W.A. (1939, reprint 1986). *Statistical Methods from the Viewpoint of Quality Control*. – N.Y.: DOVER PUBLICATIONS, Inc. – 163 p.
3. Woodal, W.H. *Controversies and Contradictions in Statistical Process Control // Journal of Quality Technology*. – 2000. – Vol. 32. No. 4. – Pp. 341–350.
4. Википедия-ru.wikipedia.org/wiki/Статистическое_управление_процессами.

References

1. Shewhart, W.A. (1931, reprint 1980). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. – Milwaukee, WI: ASQ Quality Press. – 501 p.
2. Shewhart, W.A. (1939, reprint 1986). *Statistical Methods from the Viewpoint of Quality Control*. – N.Y.: DOVER PUBLICATIONS, Inc. – 163 p.
3. Woodal, W.H. *Controversies and Contradictions in Statistical Process Control // Journal of Quality Technology*. – 2000. – Vol. 32. – No. 4. – Pp. 341–350.
4. Wikipedia – en.wikipedia.org/wiki/Statistical_process_control.



Дмитрий
Юрьевич
Михайлов

директор
по качеству
ООО «Митутойо РУС»,
г. МОСКВА

Dmitry Yurievich Mikhailov
Quality director Mitutoyo RUS LLC, Moscow

Abstract

In 2024, the concept of statistical process control (hereinafter SPC) will celebrate 100 years since its creation by Walter Shuhart. Over these hundred years, it has proven itself in industries of various levels, and in the automotive industry, the application of the SPC methodology is prescribed at the level of standards. From the article you will learn what SPC is, how the method is applied in the quality control process and whether it is effective one hundred years after its creation, as well as what the creator himself thought about the concept. You will find that SPC is easier than making pancakes. Learn about SPC tools and modern software packages.

В сентябре 2021 г. В.Н. Басу, генеральному директору ФБУ «Ростест-Москва», была вручена медаль «Трудовая доблесть» за выдающиеся заслуги в области технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений, за многолетний труд. Награду вручил А.П. Шалаев, руководитель Ростандарта, на пленарном заседании Всероссийского съезда метрологов и приборостроителей, который прошел в рамках форума-выставки «Метрол-Экспо-2021».

Нет такой сферы деятельности человека, где важную, а то и решающую роль не играли бы измерения. Единство, точность и достоверность измерений в масштабах нашей огромной страны обеспечивает метрологическая деятельность Ростандарта.

ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Москве и Московской области» (ФБУ «Ростест-Москва») – ведущее учреждение практической метрологии России. Однако не менее известно учреждение как крупнейший высокотехнологичный испытательный центр и авторитетный орган по сертификации продукции, услуг и систем менеджмента.

Метрология, испытания, стандартизация и сертификация – это четыре пазла, из которых и складывается системная деятельность по качеству и обеспечению безопасности продукции, работ и услуг в самых различных сферах – от производства продуктов питания, лекарственных препаратов, бытовой техники, детских игрушек до медицины, энергетики, транспорта...

Вместе – к Точности, Безопасности, Качеству!



Награду В.Н. Басу вручает А.П. Шалаев (справа)

В прошлом году организация отметила 120-летие создания Д.И. Менделеевым Московской поверочной палатки торговых мер и весов. Это событие и стало отправной точкой в истории «Ростест-Москва».

Вторым днем рождения учреждения считается создание в 1973 году Московского центра стандартизации и метрологии (МЦСМ), что означало возрождение Московской поверочной палатки торговых мер и весов на фундаменте новых метрологических возможностей.

В 2010 году началась реконструкция и модернизация технической базы в соответствии с планом техперевооружения, разработанным на основе экспертного прогноза развития измерений. В соответствии с новыми целевыми установками проведена реструктуризация производственной базы. С завершением основного этапа модер-

низации центра эргономика всех рабочих мест доведена до уровня самых современных требований.

В 2020 году ФБУ «Ростест-Москва» провело масштабную работу по созданию цифровой инфраструктуры и сервиса для автоматизации бизнес-процессов, обработки и визуализации данных с уникальными технологиями. Сформированы автоматизированные рабочие места поверителей, которые являются собственной разработкой специалистов «Ростест-Москва» от внешнего вида до программного обеспечения. Автоматизация рабочего процесса в организации ускорила обслуживание приборов компаний-заказчиков, что значительно сократило время простоя оборудования и увеличило производительность труда на предприятии. Наряду с автоматизированными рабочими местами поверите-

Ключевые слова: «Ростест-Москва», В.Н. Бас, Московская поверочная палатка торговых мер и весов.
Keywords: Rostest-Moscow, V.N. Bass, Moscow test tent for trade weights and measures.

лей была проведена автоматизация электронного сервиса услуг. С введением в эксплуатацию электронного сервиса «Ростест Онлайн» расширен функционал личного кабинета заказчика услуг. Теперь заказчики могут формировать заявки на получение услуг, а также держать в поле зрения практически весь процесс метрологического обслуживания и его документационного сопровождения.

Наряду с цифровизацией услуг огромное внимание уделяется расширению сфер деятельности и неизменно высокому качеству оказываемых услуг. Действующая в ФБУ «Ростест-Москва» сертифицированная система менеджмента качества обязывает постоянно совершенствовать администрирование,

оптимизировать внутренние логистические процессы для минимизации времени обслуживания заказчиков, создания в клиентской зоне комфортных условий пребывания, развития сопутствующих сервисов. Стремясь быть ближе к заказчику, ФБУ «Ростест-Москва» обеспечивает транспортировку СИ специальным транспортом, а также выполняет работы на месте эксплуатации оборудования.

Ежедневно, из года в год в ФБУ «Ростест-Москва» делают всё, чтобы клиенты в полной мере были удовлетворены качеством предоставляемых услуг в области метрологии, испытаний и сертификации. Смысл такого партнёрства здесь выражают в девизе «Вместе – к Точности, Безопасности, Качеству!».

В.Н. Бас много лет является членом редакционной коллегии журнала «Мир измерений». От коллектива РИА «Стандарты и качество», редакции, читателей журнала поздравляем Виталия Николаевича с наградой.

МИ

Abstract

Recently V.N. Bas, General Director of FBSU Rostest-Moscow, was awarded the Labor Valor medal for outstanding achievements in the field of technical regulation, standardization and ensuring the uniformity of measurements, for many years of work. The award was presented by A.P. Shalaev, head of Rosstandart, at the plenary session of the All-Russian Congress of Metrologists and Instrument Engineers, which was held as part of the MetroExpo 2021 forum-exhibition.

В ФБУ «УРАЛТЕСТ»

На площадке постоянно действующей выставки достижений метрологов России MetroOnline состоялся семинар «Клиентский сервис и цифровые сервисы для предприятий промышленности Уральского федерального округа». В работе семинара приняли участие около 400 человек – метрологи производственных предприятий и владельцы средств измерений. Вопросы, поднятые на семинаре, вышли далеко за рамки объявленной программы

О состоянии эталонной базы в РФ рассказал заместитель руководителя Росстандарта **Е.Р. Лазаренко**. Он охарактеризовал развитие эталонной базы, насчитывающей 160 государственных первичных эталонов.

О клиентском сервисе и не только...

В 2021 году были завершены 24 новые работы по совершенствованию эталонов. Среди них – эталонная установка для передачи единицы трехмерным сканерам для метрологического обеспечения цифровой трансформации производства (фабрики будущего); эталон количества числа копий последовательности ДНК для медицинского приборостроения; эталонные комплексы времени и частоты (атомные часы), в том числе оптические мобильные для атомной промышленности и др. В 2021 году Россия приняла участие в 505 международных сличениях эталонов.

Также докладчик поднял темы модернизации эталонов, перехода на новую систему СИ, импортозамещения и др. По его словам, импортозамещение для

нашей страны – это не столько выход из кризисной ситуации, сколько реальный шанс для развития и структурного изменения отечественной экономики. И метрологии здесь отводится важное место.

Свои доклады представили главный метролог ФБУ «УРАЛТЕСТ» **Д.Г. Дедков** (тема «Обзор новых цифровых сервисов и других нововведений для заказчиков»), начальник отдела по работе с клиентами ФБУ «Тюменский ЦСМ» **Ю.В. Соловейко** (тема «Клиентский сервис в Тюменском ЦСМ»). Они познакомили участников семинара с особенностями работы подведомственных учреждений в регионах и рассказали о новых клиентских сервисах, внедрённых для удобства заказчиков.

<https://www.uraltest.ru/>

Пьезоэлектрический преобразователь пространственной вибрации повышенной надёжности

В.Я. Смирнов

Рассматриваются теоретические вопросы определения работоспособности пятикомпонентного пьезоэлектрического преобразователя пространственной вибрации, у которого оси чувствительности трёх компонент образуют ортогональную систему координат, а оси чувствительности двух дополнительных контрольных каналов направлены под известными углами к трём ортогональным. Такой преобразователь вибрации позволяет определять параметры вектора вибрации, его работоспособность и неисправный канал (при наличии). При нарушении работоспособности из-за возникновения неисправности в одном канале пятикомпонентного ПВП (ортогональном или контрольном) возможно измерение параметров вектора виброускорения и определение его работоспособности с помощью четырёх исправных каналов. Но при нарушении работы одного из оставшихся четырёх каналов невозможно определить, какой канал четырёхкомпонентного ПВП осуществляет неправильные измерения.

Введение

Вопрос повышения надёжности работы пьезоэлектрических преобразователей пространственной вибрации (ПВП) для определения параметров вектора вибрации является постоянной проблемой разработчиков и изготовителей соответствующей аппаратуры. В работе [1] перечислено несколько направлений совершенствования ПВП с целью повышения их надёжности, в том числе и определение его работоспособности с помощью одного или нескольких дополнительных измерительных каналов, расположенных в одном корпусе с трёхкомпонентным ПВП. В работе [2] представлен вариант четырёхкомпонентного ПВП, с помощью которого возможно определение его работоспособности при возникнове-

нии неисправности в любом из четырёх каналов. С точки зрения изготовителей ПВП данный вариант является основным по сравнению с иными, перечисленными в [1] направлениями повышения надёжности ПВП по следующим причинам:

- относительно легко решается вопрос унификации изделия, т.к. возможно применение четырёх идентичных чувствительных пьезоэлементов (ЧПЭ), размещённых в одном корпусе ПВП;

- увеличение массы ПВП происходит в основном не за счёт увеличенной массы корпуса, а за счёт массы четвёртого ЧПЭ;

- применение описанного в [3] способа определения основных метрологических характеристик ПВП позволяет незначительно увеличить его время поверки.

Однако с помощью четырёхкомпонентного ПВП нельзя определить, в каком из четырёх каналов возникла неисправность, т.е. при возникновении неисправности хотя бы в одном из каналов ПВП нарушается его работоспособность и весь ПВП должен выключаться из измерительной системы. Определить неисправный канал и таким образом существенно увеличить время его эксплуатации можно при использовании пятикомпонентного ПВП, в котором четвёртый и пятый дополнительные ЧПЭ расположены в одном корпусе с тремя ортогональными ЧПЭ, а их оси чувствительности находятся под отличающимися друг от друга фиксированными углами к осям чувствительности ортогональных ЧПЭ [4]. Ниже рассматриваются теоретиче-

Ключевые слова: пьезоэлектрический преобразователь, пространственная вибрация, ось чувствительности, пятикомпонентный преобразователь, вектор, модуль, проекции вектора, виброускорение, ортогональный канал, контрольный канал, работоспособность, неисправный канал, система координат, коэффициент преобразования.

Keywords: piezoelectric transducer, spatial vibration, sensitivity axis, five-component transducer, vector, modulus, vector projections, vibration acceleration, orthogonal channel, control channel, operability, faulty channel, coordinate system, conversion factor.

ские основы, принцип действия такого ПВП и проведено моделирование его работы при возникновении неисправности в каком-либо канале.

Теоретические основы работы пятикомпонентного ПВП

Конструирование макета пятикомпонентного ПВП показало, что наиболее удобная и компактная конструкция преобразователя получается в том случае, если дополнительные каналы расположены в третьей четверти декартовой системы координат. Внешний вид макета пятикомпонентного ПВП представлен на рисунке 1, на котором 1–5 – измерительные каналы по осям декартовой системы координат Y, Z, X соответственно (правая система координат) и два контрольных измерительных канала K_1 (поз. 4) и K_2 (поз. 5), 6 – выходные разъёмные контактные выводы каналов ПВП, 7 – его корпус. Для установки на место эксплуатации в корпусе 7 предусмотрены отверстия, размеры которых позволяют установить ПВП в однозначное положение, в котором направление осей чувствительности каналов X, Y, Z декартовой системы координат, моделируемой с помощью ПВП, совпадало с направлениями осей чувствительности каналов, задаваемыми в системе обработки информации.

Принцип работы пятикомпонентного ПВП основан на том, что расположение осей чувствительности каналов ПВП позволяет определить параметры вектора виброускорения в одной прямоугольной (декартовой) и шести косоугольных системах координат. Сравнением полученных значений пара-

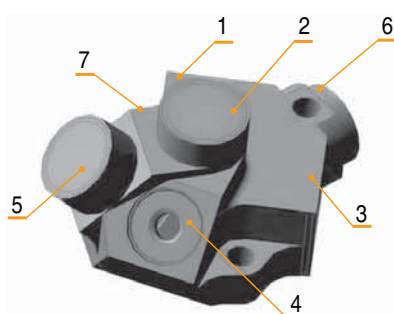


Рис. 1
Внешний вид пятикомпонентного ПВП

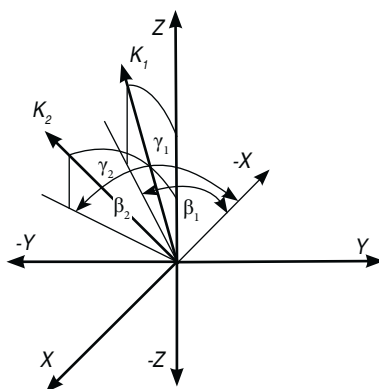


Рис. 2
Схема расположения осей чувствительности каналов пятикомпонентного ПВП

метров вектора виброускорения определяются работоспособность ПВП при наличии неисправного канала и сам неисправный канал с целью его отключения и дальнейшей эксплуатации по назначению уже четырёхкомпонентного ПВП. Дальнейшая эксплуатация четырёхкомпонентного ПВП с целью определения параметров вектора вибрации позволяет оценить только его работоспособность по принципу «правильное определение параметров вектора виброускорения или неправильное». Выявить при необходимости неисправный канал уже невозможно.

На рисунке 2 представлена схема расположения осей чувствительности каналов пятикомпонентного ПВП.

На рисунке 2 X, Y и Z – направления осей чувствительности каналов ПВП, моделирующей декартову систему координат, K_1 и K_2 – направления осей чувствительности дополнительных контрольных каналов 1 и 2, β_1 и β_2 – углы между положительными направлениями проекций осей чувствительности каналов K_1 и K_2 на плоскость XOY и отрицательным направлением оси X декартовой системы координат, γ_1 и γ_2 – углы между положительными направлениями осей чувствительности каналов K_1 и K_2 и положительным направлением оси чувствительности Z декартовой системы координат.

Исходными данными для определения работоспособности ПВП и неисправного канала (при необходимости) являются:

- коэффициенты преобразования каналов ПВП (k_x, k_y, k_z, k_{K_1} и k_{K_2}), определённые при первичной или периодической поверках (в каждый канал X, Y, K_1 и K_2 включают ЧПЭ, согласующий усилитель (как правило, усилитель заряда) и измеритель разности фаз, а в канал Z включают ЧПЭ и согласующий усилитель, при этом измеритель разности фаз при машинной обработке результатов может быть реализован с помощью компьютера);

- углы $\beta_1, \beta_2, \gamma_1$ и γ_2 – определяющие положение осей чувствительности дополнительных каналов K_1 и K_2 относительно осей декартовой системы координат (углы должны определяться после изготовления ПВП и фиксироваться в паспорте изделия);

- зафиксированные на момент определения работоспособности ПВП измеренные выходные сигналы его каналов при воздействии на него вектора виброускорения (U_x, U_y, U_z, U_{K_1} и U_{K_2}). Выходные сигналы могут определяться их ампли-

тудными или средними квадратическими значениями (далее – «значения»).

С помощью выходных сигналов и коэффициентов преобразования каналов определяются измеренные значения проекций вектора виброускорения на оси чувствительности каналов:

$$a_x = \frac{U_x}{k_x} \cdot \cos\varphi_{ZX}; \quad (1)$$

$$a_y = \frac{U_y}{k_y} \cdot \cos\varphi_{ZY}; \quad (2)$$

$$a_z = \frac{U_z}{k_z}; \quad (3)$$

$$a_{K_1} = \frac{U_{K_1}}{k_{K_1}} \cdot \cos\varphi_{ZK_1}; \quad (4)$$

$$a_{K_2} = \frac{U_{K_2}}{k_{K_2}} \cdot \cos\varphi_{ZK_2}, \quad (5)$$

где a_x, a_y, a_z, a_{K_1} и a_{K_2} – измеренные значения проекций вектора виброускорения на оси чувствительности ортогональных X, Y, Z и контрольных K_1 и K_2 каналов ПВП соответственно; $\varphi_{ZX}, \varphi_{ZY}, \varphi_{ZK_1}$ и φ_{ZK_2} – измеренные значения разностей фаз между сигналами каналов Z и X, Z и Y, Z и K_1, Z и K_2 (значения разностей фаз требуются для определения четверти декартовой системы координат, в которой находится положительное направление вектора виброускорения; в тех случаях, когда проекция вектора виброускорения на ось чувствительности соответствующего канала совпадает с направлением проекции на ось чувствительности канала Z , разность фаз равна 0° , если же оно противоположно направлению проекции на ось чувствительности канала Z , разность фаз равна 180°).

Если принять во внимание, что вектор виброускорения может быть представлен тремя своими

проекциями на оси декартовой системы координат a_x, a_y и a_z , то при известных значениях углов $\beta_1, \beta_2, \gamma_1$ и γ_2 проекции вектора виброускорения на оси чувствительности каналов K_1 и K_2 определяются следующими расчётными значениями (рис. 2):

$$a_{K_1}^p = -a_x \cdot \cos\beta_1 \cdot \sin\gamma_1 - a_y \cdot \sin\beta_1 \cdot \sin\gamma_1 + a_z \cdot \cos\gamma_1; \quad (6)$$

$$a_{K_2}^p = -a_x \cdot \cos\beta_2 \cdot \sin\gamma_2 - a_y \cdot \sin\beta_2 \cdot \sin\gamma_2 + a_z \cdot \cos\gamma_2; \quad (7)$$

При известных значениях проекций вектора виброускорения на оси чувствительности каналов Y, Z, K_1 и K_2 можно определить два расчётных значения проекции на ось чувствительности канала X :

$$a_{X_1}^p = -\frac{a_{K_1}}{\cos\beta_1 \cdot \sin\gamma_1} - \frac{a_y \cdot \sin\beta_1}{\cos\beta_1} + \frac{a_z \cdot \cos\gamma_1}{\cos\beta_1 \cdot \sin\gamma_1}; \quad (8)$$

$$a_{X_2}^p = -\frac{a_{K_2}}{\cos\beta_2 \cdot \sin\gamma_2} - \frac{a_y \cdot \sin\beta_2}{\cos\beta_2} + \frac{a_z \cdot \cos\gamma_2}{\cos\beta_2 \cdot \sin\gamma_2}, \quad (9)$$

где $a_{X_1}^p$ и $a_{X_2}^p$ – расчётные значения проекции вектора виброускорения на ось чувствительности канала X , определённые с помощью проекций a_{K_1} и a_{K_2} соответственно.

Аналогично можно определить расчётные значения проекций вектора виброускорения на оси чувствительности Y и Z :

$$a_{Y_1}^p = -\frac{a_{K_1}}{\sin\beta_1 \cdot \sin\gamma_1} - \frac{a_x \cdot \cos\beta_1}{\sin\beta_1} + \frac{a_z \cdot \cos\gamma_1}{\sin\beta_1 \cdot \sin\gamma_1}; \quad (10)$$

$$a_{Y_2}^p = -\frac{a_{K_2}}{\sin\beta_2 \cdot \sin\gamma_2} - \frac{a_x \cdot \cos\beta_2}{\sin\beta_2} + \frac{a_z \cdot \cos\gamma_2}{\sin\beta_2 \cdot \sin\gamma_2}; \quad (11)$$

$$a_{Z_1}^p = \frac{a_{K_1}}{\cos\gamma_1} + \frac{a_x \cdot \cos\beta_1 \cdot \sin\gamma_1}{\cos\gamma_1} + \frac{a_y \cdot \sin\beta_1 \cdot \sin\gamma_1}{\cos\gamma_1}; \quad (12)$$

$$a_{Z_2}^p = \frac{a_{K_2}}{\cos\gamma_2} + \frac{a_x \cdot \cos\beta_2 \cdot \sin\gamma_2}{\cos\gamma_2} + \frac{a_y \cdot \sin\beta_2 \cdot \sin\gamma_2}{\cos\gamma_2}; \quad (13)$$

где $a_{Y_1}^p, a_{Y_2}^p, a_{Z_1}^p$ и $a_{Z_2}^p$ – расчётные значения проекции вектора виброускорения на оси чувствительности каналов Y и Z , определённые с помощью проекций a_{K_1} и a_{K_2} соответственно.

Определение расчётных значений проекций по формулам (8)–(13) позволяет рассчитать значения вектора виброускорения в семи системах координат: одной декартовой ($OXYZ$) и шести косоугольных ($OXYK_1, OYZK_1, OXZK_1, OXYK_2, OYZK_2, OXZK_2$):

$$|\vec{a}| = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2 + (a_z)^2}; \quad (14)$$

$$|\vec{a}|_{X_1} = \sqrt{(a_{X_1}^p)^2 + (a_y)^2 + (a_z)^2}; \quad (15)$$

$$|\vec{a}|_{Y_1} = \sqrt{(a_x)^2 + (a_{Y_1}^p)^2 + (a_z)^2}; \quad (16)$$

$$|\vec{a}|_{Z_1} = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2 + (a_{Z_1}^p)^2}; \quad (17)$$

$$|\vec{a}|_{X_2} = \sqrt{(a_{X_2}^p)^2 + (a_y)^2 + (a_z)^2}; \quad (18)$$

$$|\vec{a}|_{Y_2} = \sqrt{(a_x)^2 + (a_{Y_2}^p)^2 + (a_z)^2}; \quad (19)$$

$$|\vec{a}|_{Z_2} = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2 + (a_{Z_2}^p)^2}; \quad (20)$$

где $|\vec{a}|$ – значение вектора виброускорения, определённое в декартовой системе координат; $|\vec{a}|_{X_1}, |\vec{a}|_{Y_1}, |\vec{a}|_{Z_1}$ – значения вектора виброускорения, определённые с помощью расчётных значений $a_{X_1}^p, a_{Y_1}^p$ и $a_{Z_1}^p$ в косоугольных системах координат $OXYK_1, OYZK_1, OXZK_1$ соответственно; $|\vec{a}|_{X_2}, |\vec{a}|_{Y_2}, |\vec{a}|_{Z_2}$ – значения вектора виброускорения, определённые с помощью расчётных значений $a_{X_2}^p, a_{Y_2}^p$ и $a_{Z_2}^p$ в косо-

угольных системах координат $OXYK_2$, $OYZK_2$, $OZXK_2$ соответственно.

Если с помощью формул (14)–(20) определить среднее арифметическое значение вектора виброускорения, то отклонения от среднего арифметического позволят определить работоспособность ПВП, а неисправный канал (при наличии) определяется последовательным сравнением расчетных и измеренных значений проекций ортогональных и контрольных каналов.

Определение работоспособности ПВП и его неисправного канала (при наличии)

Как уже сказано выше, для определения работоспособности ПВП необходимо определить среднее арифметическое значение вектора виброускорения

$$|\bar{a}|_{CA} = \frac{|\bar{a}| + |\bar{a}|_{x_1} + |\bar{a}|_{y_1} + |\bar{a}|_{z_1} + |\bar{a}|_{x_2} + |\bar{a}|_{y_2} + |\bar{a}|_{z_2}}{7} \quad (21)$$

и соответствующие относительные отклонения значений модуля вектора виброускорения, определённых по формулам (14)–(20), от среднего арифметического (%):

$$\delta |\bar{a}| = \frac{|\bar{a}|_{CA} - |\bar{a}|}{|\bar{a}|_{CA}} \cdot 100; \quad (22)$$

$$\delta |\bar{a}|_{x_1} = \frac{|\bar{a}|_{CA} - |\bar{a}|_{x_1}}{|\bar{a}|_{CA}} \cdot 100; \quad (23)$$

$$\delta |\bar{a}|_{y_1} = \frac{|\bar{a}|_{CA} - |\bar{a}|_{y_1}}{|\bar{a}|_{CA}} \cdot 100; \quad (24)$$

$$\delta |\bar{a}|_{z_1} = \frac{|\bar{a}|_{CA} - |\bar{a}|_{z_1}}{|\bar{a}|_{CA}} \cdot 100; \quad (25)$$

$$\delta |\bar{a}|_{x_2} = \frac{|\bar{a}|_{CA} - |\bar{a}|_{x_2}}{|\bar{a}|_{CA}} \cdot 100; \quad (26)$$

$$\delta |\bar{a}|_{y_2} = \frac{|\bar{a}|_{CA} - |\bar{a}|_{y_2}}{|\bar{a}|_{CA}} \cdot 100; \quad (27)$$

$$\delta |\bar{a}|_{z_2} = \frac{|\bar{a}|_{CA} - |\bar{a}|_{z_2}}{|\bar{a}|_{CA}} \cdot 100. \quad (28)$$

Если определённые значения относительных отклонений по абсолютной величине не превосходят заданное значение (например, 3%), то принимается, что пятикомпонентный ПВП работоспособен, а в его каналах отсутствует неисправность. Если же хотя бы одно из семи значений по абсолютной величине превышает заданное значение, то принимается версия, что пятикомпонентный ПВП неработоспособен, после чего необходимо определять неисправный канал последовательным сравнением расчетных и измеренных значений проекций ортогональных и контрольных каналов.

При сравнении расчетных и измеренных значений проекций могут возникать следующие различные варианты.

1. Расчетные значения проекций ортогональных каналов и контрольных приблизительно равны между собой и равны измеренным значениям (отклонения находятся в пределах заданного допуска), т. е.

$$a_{x_1}^p \approx a_{x_2}^p \approx a_x; \quad a_{y_1}^p \approx a_{y_2}^p \approx a_y; \quad a_{z_1}^p \approx a_{z_2}^p \approx a_z; \\ a_{K_1}^p \approx a_{K_1}; \quad a_{K_2}^p \approx a_{K_2}.$$

В таком варианте неисправности каналов отсутствуют и подтверждается работоспособность ПВП.

2. Расчетные значения проекций одного из ортогональных каналов (например, канала Y), полученные с помощью измеренных значений двух контрольных каналов, равны между собой (так как при определении расчетного значения неисправного ка-

нала Y не используются измеренные значения самого неисправного канала в соответствии с формулами (10) и (11)), но не равны измеренному значению этого канала, при этом расчетные и измеренные значения остальных ортогональных и контрольных каналов не равны между собой, т. е.

$$a_{x_1}^p \neq a_x; \quad a_{y_1}^p \approx a_{y_2}^p; \quad a_{z_1}^p \neq a_z; \quad a_{K_1}^p \neq a_{K_1}; \\ a_{x_2}^p \neq a_x; \quad a_{y_1}^p \neq a_y; \quad a_{y_2}^p \neq a_y; \quad a_{z_2}^p \neq a_z; \quad a_{K_2}^p \neq a_{K_2};$$

Приблизительное равенство двух расчётных значений одного канала и неравенство друг другу расчётных значений остальных каналов ПВП свидетельствуют о наличии неисправности в ортогональном канале, расчетные значения которых, полученные с помощью измеренных значений двух контрольных каналов, равны друг другу (в данном примере – неисправный канал Y). Для дальнейшей эксплуатации ПВП и определения модуля вектора виброускорения применяют вместо измеренных значений расчётные значения неисправного канала и измеренные значения остальных исправных каналов.

3. Расчетные значения каналов, определённые с помощью одного из контрольных каналов (например, контрольного канала K_2 по формулам (7), (9), (11) и (13)), приблизительно равны измеренным значениям, а расчетные значения каналов, определённые с помощью второго контрольного канала (например, контрольного канала K_1 по формулам (6), (8), (10) и (12)), отличаются от измеренных значений, т. е.

$$a_{x_1}^p \neq a_x; \quad a_{y_1}^p \neq a_y; \quad a_{z_1}^p \neq a_z; \quad a_{K_1}^p \neq a_{K_1}; \\ a_{x_2}^p \approx a_x; \quad a_{y_2}^p \approx a_y; \quad a_{z_2}^p \approx a_z; \quad a_{K_2}^p \approx a_{K_2}.$$

Приблизительное равенство измеренным значениям расчёт-

ных значений проекций, определённых с помощью одного контрольного канала (например, канала K_2), и неравенство измеренным значениям расчётных значений проекций, определённых с помощью второго контрольного канала (например, канала K_1), свидетельствуют о неисправности контрольного канала K_1 . Соответственно, если неисправен контрольный канал K_2 , то наблюдается приближительное равенство измеренным значениям расчётных значений, определённых с помощью исправного канала K_1 , а расчётные значения проекций, определённые с помощью контрольного канала K_2 , будут не равны измеренным значениям.

Перечисленные возможные варианты возникновения неисправностей в каналах ПВП позволяют сделать вывод о том, что при возникновении неисправности в каком-либо одном канале существует возможность дальнейшей эксплуатации ПВП. Для этого необходимо отключить неисправный канал и определять параметры вектора виброускорения с помощью четырёх исправных каналов. Если неисправным является ортогональный канал (X , Y или Z), то для расчёта параметров вектора виброускорения используются расчётное значение неисправного канала и измеренные значения остальных ортогональных каналов, если же неисправным каналом является один из контроль-

ных каналов, то для расчёта параметров вектора виброускорения используются измеренные значения ортогональных каналов, а исправный контрольный канал используется для определения работоспособности уже четырёхканального ПВП. При возникновении неисправности в каком-либо канале четырёхканального ПВП определить, какой канал является неисправным, не представляется возможным. Определяется только его работоспособность по принципу «правильная работа ПВП / неправильная работа ПВП».

МИ

Окончание
в следующем номере

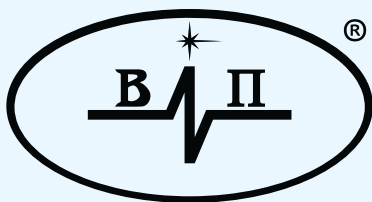
Abstract

Theoretical issues of determining the operability of a five-component piezoelectric spatial vibration transducer are considered, in which the sensitivity axes of three components form an orthogonal coordinate system, and the sensitivity axes of two additional control channels are directed at known angles to three orthogonal ones. Such a vibration transducer makes it possible to determine the parameters of the vibration vector, its operability and the faulty channel (if any). In the event of a malfunction due to a malfunction in one channel of a five-component PVP (orthogonal or control), it is possible to measure the parameters of the vibration acceleration vector and determine its operability using four serviceable channels. but if one of the remaining four channels malfunctions, it is impossible to determine which channel of the four-component PVP is performing incorrect measurements.

Виктор Яковлевич Смирнов

кандидат технических наук,
ведущий метролог
АО «Вибро-прибор»,
г. Санкт-Петербург

Victor Yakovlevitch Smirnov
Candidate of Engineering Sciences,
Leading Metrologist of JSC "Vibro-pribor", St. Petersburg



АО «Вибро-прибор»
Санкт-Петербург,
ул. Варшавская, д. 5а

- ◆ Разработка
- ◆ Производство
- ◆ Метрологическое обеспечение средств измерений параметров вибрации

Датчики вибрации

(812) 369-00-90
(812) 369-59-43
general@vpribordat.ru

Системы вибрационного контроля и диагностики

(812) 327-74-02
(812) 369-69-90
(812) 369-57-93
info@vpribor.spb.ru
www.vpribor.spb.ru

MEMS – перспективная технология построения акселерометров

К.В. Филатов

В современных условиях одним из основных требований к выпускаемым изделиям и радиоэлектронной аппаратуре является высокая надежность. Прогнозирование надежности конкретного изделия осуществляется, как правило, путем его испытаний на механические и климатические воздействия [1].

Механические воздействия проводят на испытательном оборудовании – ударных стендах и вибростендах. Изделия массой менее нескольких сотен килограммов испытывают, как правило, на электродинамических вибростендах [2].

Использование вибростендов для оценки надежности изделий неразрывно связано с использованием аппаратуры виброизмерений. Собственно вибрацию воспринимают вибропреобразователи, которые преобразуют перемещение, скорость или ускорение испытываемого объекта в электрические сигналы. Подавляющее количество современных акселерометров используют пьезоэлектрический эффект.

В работе [3] описаны основные достоинства таких акселерометров (датчиков): «Пьезоэлектрический акселерометр является универсальным вибродатчиком, в настоящее время применяемым почти во всех областях измерения и анализа механических колебаний.

Эксплуатационная характеристика пьезоэлектрических акселерометров в общем случае лучше характеристики любого другого вибродатчика. Пьезоэлектрические акселерометры отличаются широкими рабочими частотным и динамическим диапазонами, линейными характеристиками в этих широких диапазонах, прочной конструкцией, надежностью и долговременной стабильностью параметров.

Так как пьезоэлектрические акселерометры являются активными

датчиками, генерирующими пропорциональный механическим колебаниям электрический сигнал, при их эксплуатации не нужен источник питания. Отсутствие движущихся элементов конструкции исключает возможность износа и гарантирует исключительную долговечность пьезоэлектрических акселерометров».

Однако пьезоэлектрические акселерометры имеют емкостный характер импеданса и могут подключаться либо к усилителям с очень большим входным сопротивлением (десятки МОм), либо к усилителям заряда [4].

Акселерометры также чувствительны не только к механическим колебаниям, перпендикулярным поверхности, на которой они закреплены, но и к колебаниям в поперечных направлениях. Поперечная чувствительность, т. е. чувствительность к колебаниям в перпендикулярной главной оси вибродатчика плоскости, обычно не менее 3...5% их чувствительности в направлении главной оси. В присутствии сильных поперечных колебаний необходимо учитывать поперечную резонансную частоту акселерометров, доходящую приблизительно до 1/3 их резонансной частоты в направлении главной оси.

Анализ совокупности технических параметров пьезоакселерометров показывает, что они практически достигли потолка.

В последние годы появился новый класс вибропреобразователей по технологии MEMS (Micro Electronic Mechanical Systems), обладающих существенно лучшими техническими показателями [5–8].

Принцип работы вибропреобразователя MEMS рассмотрим на примере микросхемы Analog Devices ADXL1002 [7].

Функциональная электрическая схема микросхемы приведена на рисунке 1.

В состав акселерометра входят: чувствительный к ускорению элемент (сенсор), тактовый генератор, модулятор, демодулятор, усилители, узел самотестирования и детектор перегрузки.

На рисунке 2 показан упрощенный вид одного из блоков ячейки дифференциального сенсора [6].

Движущаяся часть сенсора представляет собой полисиликоновую микроструктуру, смонтированную на вершине силиконовой вафли. Однокристалльные силиконовые пружины подвешивают структуру над поверхностью вафли и обеспечивают сопротивление силам ускорения.

Ключевые слова: MEMS, вибропреобразователи, электрическая схема замещения, линеаризация частотной характеристики, частотная коррекция, полосовые режкторные фильтры второго порядка, схемотехническое моделирование, максимизация рабочей частоты.
Keywords: MEMS, accelerometers, simulation circuitry, frequency response linearization, frequency correction, second order stopband filters, schematic simulation, operating frequency maximization.

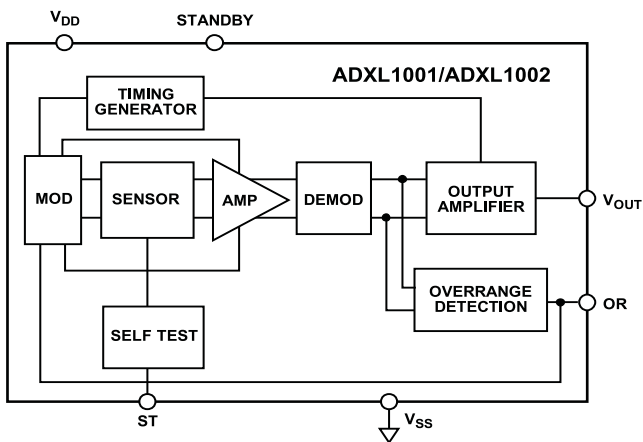


Рис. 1
Схема функциональная электрическая микросхемы ADXL1002

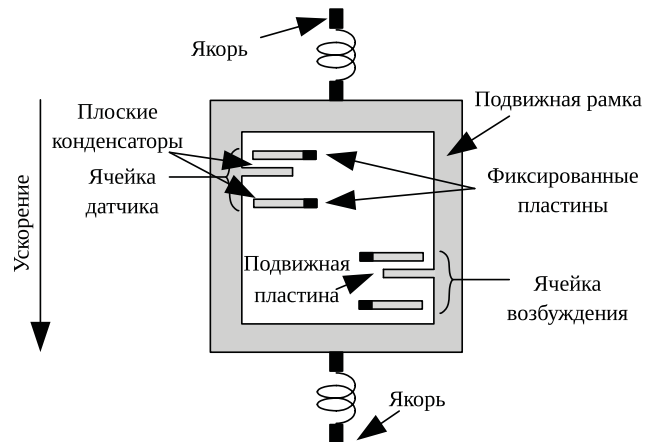


Рис. 2
Принцип действия MEMS сенсора микросхемы ADXL001

Величина отклонения структуры измеряется посредством дифференциальных конденсаторов, которые состоят из независимых фиксированных обкладок и обкладок, соединенных с движущейся массой. Ускорение отклоняет структуру и разбалансирует дифференциальный конденсатор, обеспечивая амплитуду выходного сигнала сенсора, пропорциональную ускорению. Фазочувствительный демодулятор определяет величину и полярность действующего ускорения.

Самотестирование. Фиксированные пластины ячейки возбуждения исходно имеют тот же потенциал, что и движущаяся рамка. Когда активируется цифровой вход самотестирования в микросхеме ADXL001, изменяется напряжение на фиксированных пластинах в ячейках возбуждения на одной стороне движущейся пластины. Потенциал создает электростатическую силу притяжения (пондеромоторную силу), вызывая движение сенсора по направлению к фиксированным пластинам. Соответственно активируется сигнальный канал, поэтому смещение сенсора вызывает изменение в V_{out} . Функция самотестирования в микросхеме ADXL001 проверяет пра-

вильность работы сенсора, электроники интерфейса и электроники канала акселерометра.

Подавляющее большинство MEMS-акселерометров имеют небольшой диапазон рабочих частот, не превышающих десятков – сотен Гц. Лишь модели [5]–[8] имеют резонансную частоту сенсора 5,5...45 кГц. При этом диапазон рабочих частот гораздо меньше, так как по мере роста частоты чувствительность акселерометра возрастает.

На рисунке 3 показаны амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) нескольких экземпляров акселерометра ADXL 1001/1002 [7]. Виден небольшой разброс этих характеристик.

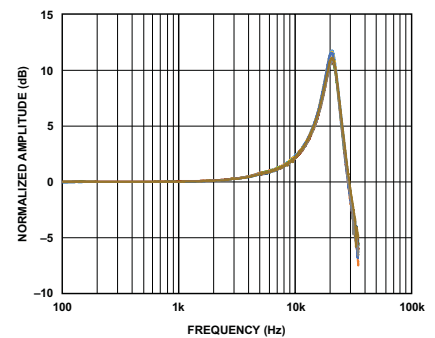


Рис. 3
АЧХ чувствительности акселерометра ADXL1001/1002

Для этого типа акселерометра исходя из его технических данных [7] в таблице указаны максимальные рабочие частоты в зависимости от неравномерности АЧХ (первая и вторая строки таблицы).

Таблица

Максимальные рабочие частоты в зависимости от неравномерности АЧХ

Рабочая частота, кГц	4,7	11	21, резонанс
Неравномерность (подъем) АЧХ датчика, % (дБ)	5 (+0,42 дБ)	41 (+3 дБ)	376 (+11,5 дБ)
Подъем АЧХ модели датчика, % (дБ)	4,6 (+0,39 дБ)	33 (+2,5 дБ)	380 (+11,6 дБ)
Неравномерность АЧХ датчика с активным RC-режекторным фильтром, % (дБ)	-1 (-0,08 дБ)	+0,4 (+0,03 дБ)	-5 (-0,4 дБ)
Неравномерность АЧХ датчика с пассивным LCR-режекторным фильтром, % (дБ)	+1 (+0,08 дБ)	+2,7 (+0,22 дБ)	-0,07 (-0,006 дБ)

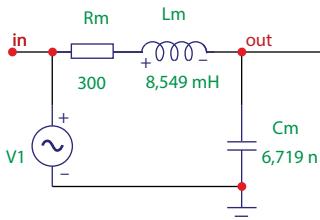


Рис. 4
Электрическая модель MEMS-сенсора

Даже при неравномерности АЧХ акселерометра в 3 дБ его максимальная рабочая частота составляет всего половину резонансной частоты сенсора.

У пьезоэлектрических датчиков максимальная рабочая частота составляет не более 1/3 величины резонансной частоты. Однако у таких датчиков резонансная частота может быть 80...100 кГц, что обеспечивает широкий частотный диапазон в десятки кГц.

Теоретический анализ модели MEMS-акселерометра

Цель настоящей статьи состоит в разработке такой частотной коррекции выходного сигнала датчика MEMS, которая позволит увеличить его максимальную рабочую частоту в несколько раз при небольшой (менее 5%) неравномерности АЧХ вибропреобразователя.

Для дальнейшего анализа частотных свойств MEMS-акселерометра построим электрическую модель механического резонанса сенсора. Зададимся цепью второго порядка, например последовательным колебательным контуром (рис. 4).

Известно, что на частоте резонанса напряжение на реактивных элементах контура (в данном случае – на емкости) в Q раз больше входного напряжения $V1$, где Q –

добротность колебательного контура.

На резонансе подъем АЧХ составляет 11,5 дБ (см. табл.) или $Q = 10^{11,5/20} = 3,76$, т. е. контур низкодобротный.

Резонансная частота акселерометра составляет $f_p = 21$ кГц. Зададимся сопротивлением потерь $R_m = 300$ Ом. Характеристическое сопротивление контура

$$\rho = Q \cdot R_m = 2\pi f_p L_m = \frac{1}{2\pi f_p C_m}. \quad (1)$$

Из соотношений (1) определяем величины L_m и C_m :

$$L_m = \frac{QR_m}{2\pi f_p} = 8,549 \text{ мГн};$$

$$C_m = \frac{1}{QR_m 2\pi f_p} = 6,719 \text{ нФ}. \quad (2)$$

АЧХ колебательного контура, рассчитанная по найденным данным L_m и C_m в среде MicroCap 10, представлена на рисунке 7 (верхняя кривая).

Координаты характерных точек АЧХ модели представлены в таблице (третья строка). Расхождение АЧХ датчика и его электрической модели (вторая и третья строки) не превышает 0,5 дБ.

Для линеаризации АЧХ датчика следует применить корректирующий фильтр режекторного типа. Известен активный RC-фильтр для обработки сигналов пьезоэлектрического преобразователя [9]. Однако такой фильтр обладает боль-

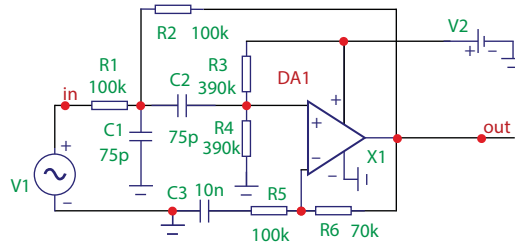


Рис. 5
Полосовой активный RC-фильтр

шой добротностью и весьма сложен в реализации.

Известны низкодобротные полосовые фильтры Саллена – Ки, очень простые в технической реализации [10]. Схема фильтра представлена на рисунке 5.

Коэффициент усиления ОУ по неинвертирующему входу равен $G = 1 + R6/R5$, коэффициент усиления полосового фильтра на резонансной частоте составляет $A = \frac{G}{3-G}$, причем величина $G < 3$.

МИ

Окончание в следующем номере



Константин Васильевич Филатов

доктор технических наук, профессор, действительный член Академии

инженерных наук имени А.М. Прохорова, заместитель директора по инновациям и науке ООО «Виброприбор», г. Таганрог

Konstantin Vasilyevich Filatov

Doctor of Engineering Sciences, Professor, full member of the Prokhorov Academy of Engineering Sciences, Deputy Director for Innovation and Science, Vibropribor LLC, Taganrog

Abstract

MEMS accelerometer operation principles were outlined. Sensor mechanical resonance simulation circuitry was proposed, circuitry element values formulae were obtained. Active stopband RC-filter of 2nd order and passive RLC circuit were developed for accelerometer frequency response linearization. Both initial and corrected frequency responses of accelerometer were issued using MicroCap 10 simulation environment. As the result, four times increase of operating frequency of beforesaid accelerometer were achieved.

Средства автотранспортного мониторинга в энергетических и экологических приложениях

В.А. Грушников

Автомобильные приложения являются массовыми реализациями механических, электрических, электронных и мехатронных систем. Они охватывают практически все аспекты эксплуатации этих систем, начиная с контроля качества используемых расходных материалов, включая топливно-энергетические ресурсы, и оценки работоспособности средств измерений, технической диагностики и датчиков и заканчивая контролем состава отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

Измерительные технологии для автотранспортных приложений

В современных реализациях измерительных процедур контроля в режиме реального времени используются различные измерительные технологии. Одной из самых действенных из них в плане достоверности и оперативности получения точной информации является независимый компонентный анализ – метод обработки сигналов на основе статистической модели высшего порядка, который может отделить статистически независимые исходные сигналы от набора наблюдаемых сигналов без каких-либо предварительных знаний. Он широко применяется в таких областях, как разделение источников речевых, биомедицинских сигналов и распознавание образов вообще и лиц в частности. Как новый метод восстановления исходной информации из наблюдаемых перекрывающихся смесей он представляет интерес для реализации в спектральной аналитической химии по характерным перекрываю-

щимся трехмерным спектрам флуоресценции.

Среднее время, затрачиваемое на процесс разделения газов в пробе, составляет менее 0,2 с, а сам спектральный анализ проводится в режиме реального времени. Результаты идентификации реальных атмосферных спектров продемонстрировали, что предлагаемый метод может эффективно выявлять газообразные загрязнители, концентрация которых изменяется в измеренных спектрах, и является перспективным инструментом качественного и оперативного спектрального анализа.

Из-за низкой стоимости, простой подготовки и серьезно перекрывающихся инфракрасных полос поглощения в качестве экспериментальных подконтрольных эталонных газов загрязнения воздуха выбраны метан (CH_4), этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), этин (C_2H_2) и этилен (C_2H_4). Их инфракрасные спектры из стандартной базы данных свидетельствуют о сильном перекрытии полосы поглощения в диапазонах волн 860...1500 см^{-1} и 2800...3200 см^{-1} . Эти чистые эталонные газы, произведенные китайской производственно-технологической компанией Hefei Ningte

Gas, отдельно хранятся в герметичных воздушных баллонах емкостью 4 л. Начальные концентрации этих четырех газов составляли в частях на миллион, или 10^{-6} , в количествах 65 ч/млн CH_4 , 207 ч/млн $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 506 ч/млн C_2H_2 и 609 ч/млн C_2H_4 .

Прикладная спектроскопия

Инфракрасные спектры жидких и газообразных сред с онлайн-оценкой содержания в них загрязнителей как в лабораторных, так и в реальных эксплуатационных условиях были получены с помощью экстракционного газового спектрометра, разработанного Институтом оптики и точной механики китайской провинции Аньхой, с многопроходной газовой ячейкой с оптической длиной волны 10 м внутри. Спектрометр такого типа (рис. 1) имеет измерительную ширину полосы 500...5000 см^{-1} и спектральное разрешение 1 см^{-1} . Контрольная величина выходного спектра, регистрируемого спектрометром, представляет собой среднее значение результатов 16 сканирований.

Ключевые слова: автомобильные колесные транспортные средства, контроль эксплуатационных параметров, измерения, приборные реализации.
Keywords: automobile wheeled vehicles, control of operational parameters, measurements, instrument implementations.

А по результатам исследований сотрудников Технологического университета города Хэфэй (Китай) продемонстрированы [1] продуктивность, широкие возможности и несомненные преимущества комбинации инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье с независимым компонентным анализом для оценки как химического состава топлива, так и отработавших газов двигателей внутреннего сгорания с быстрой (как правило, в режиме реального времени) идентификацией газообразных загрязнителей атмосферного воздуха. Идентификация каждого из этих компонентов по спектрам является основой точного количественного анализа газообразных загрязнителей. Из-за перекрытия различных пиков поглощения газа и вмешательства водяного пара в фактические измерения существующие методы идентификации газовых спектров имеют недостатки низкой скорости идентификации и невозможности проводить оперативный анализ в режиме реального времени при мониторинге качества атмосферы.

С использованием разработанной Хэфэйским институтом физических наук Китайской академии наук четырехканальной высокоточной газораспределительной системы получены экспериментальные целевые газы различных концентраций, регулируемых объемным соотношением вспомогательного газа – азота и чистого газа из соответствующего баллона. Всего получено 12 проб смешанных газов для моделирования процесса технологического загрязнения атмосферного воздуха с контролируемой концентрацией в нем газов менее $60 \cdot 10^{-6}$.

Перед получением подконтрольных спектров эталонных газов баллоны с ними и вспомогательным



Рис. 1
Инфракрасный спектрометр

азотом были помещены в испытательную вентиляционную камеру и подключены герметичной газопроводной арматурой к спектрометрам анализа состава и концентрации газовых загрязнений воздуха при атмосферном давлении. Зарегистрированные спектрометром спектры содержат не только информацию о поглощении газов-мишеней, но и случайный шум, сглаживаемый фильтром Савицкого – Голея.

Повышение достоверности и точности регистрации и идентификации инфракрасных спектров подконтрольных экспериментальных газов загрязнения воздуха достигнуто корректирующим отделением пиков поглощения водяных паров и углекислого газа в характерных для них диапазонах полос поглощения $1350...1800 \text{ см}^{-1}$ и $3500...3900 \text{ см}^{-1}$, соответственно позволяющим получать устойчивые значения главных гармоник спектров поглощения в диапазоне волнового числа $2280...2385 \text{ см}^{-1}$.

Состав отработавших газов

Отработавшие газы автомобильных двигателей внутреннего сгорания содержат такие токсичные и вредные газы, как озон и углекислый газ, и такие летучие органические соединения, как бензол, алкены и ароматические углеводороды. Поскольку все они содержат функциональные группы углеводородных связей, то имеют, кроме метана, близкие характерные главные гармоники спектров поглощения в диапазоне волновых чисел от 2800 до 3200 см^{-1} , их отдельные регистрации традиционным методом идентификации трудно точно реализуемы.

Причиной этого является возникновение вызванного реакцией инфракрасного детектора на внешнее излучение фонового спектра, представляющего собой процесс относительно медленного изменения основного характеристического спектра поглощения. В примене-

ниях инфракрасной спектроскопии фоновый спектр может быть получен путем измерения спектра без поглощения целевого компонента. Этого легко достичь в лабораторных условиях, но это сложно при мониторинге загрязняющих газов атмосферного воздуха. Для подавления влияния фоновых спектров в рассматриваемом экспериментальном исследовании выполнено моделирование по методу Монте-Карло для получения новых спектральных образцов. В нем два спектра выбираются случайным образом и один отделяется от другого для получения нового спектра. Для 12 групп спектров смешанных газов в лаборатории получено в общей сложности 66 различных спектров.

В сегменте газовой и водородной топливно-элементной автомобильной энергетики особого внимания заслуживают исследования и разработки, связанные с прецизионным контролем газодинамических процессов формирования топливно-воздушных смесей, их подачи в камеры сгорания цилиндров двигателей в виде тепловых машин, термодинамических процессов собственно сгорания и преобразования химической и тепловой энергии в механическую с отслеживанием побочных процессов. Ярким примером такого узконаправленного изыскания может служить прикладная

реализация высокочувствительной микроволновой спектроскопии в криогенной буферной газовой ячейке.

Приборные реализации измерительных технологий

В совместном исследовании сотрудников Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики Кембриджа, физического факультета Университета Калифорнии (США) и Института им. Макса Планка (Германия) разработан [2] новый прибор, который можно использовать для анализа состава сложных химических смесей с высоким разрешением и высокой чувствительностью. В реализуемом с его возможностями наблюдении и регистрации методе мониторинга появляется возможность онлайн-наблюдения динамического процесса столкновения молекул рабочего тела топливно-воздушной смеси с коллизионным охлаждением с газообразным гелием при криогенных температурах около 4...7 К и впоследствии обнаруживаемого и регистрируемого с помощью микроволновой спектроскопии с чипированным импульсом.

В топливно-элементной, в том числе водородной и биотопливной, энергетике эффективным и пер-

спективным оказался транзисторный газовый датчик типа пеллестора. Это, в частности, установлено по результатам исследований сотрудников кафедры электротехники Израильского технологического института в Хайфе, которыми разработан [3] инновационный пеллестороподобный (комбинация пеллеты – биотопливной гранулы или энергоаккумулятора и резистора) транзисторный газовый датчик, представляющий собой твердотельное устройство регистрации газов, в том числе отработавших (рис. 2), либо являющихся горючими, либо существенно отличающихся по теплопроводности от воздуха.

Эти измерительные устройства остро востребованы в жилых помещениях и автомобилях для контроля качества воздуха и в управлении производственными термодинамическими процессами. Использование для изготовления таких датчиков современной технологии микрообработки и микросхем на основе комплементарных металлооксидных полупроводников позволило создать новое поколение термодатчиков на основе высокочувствительного теплового транзистора.

Этим же коллективом исследователей уже через два года после проведенных метрологических изысканий представлены [4] реальные достижения в этой сфере при-

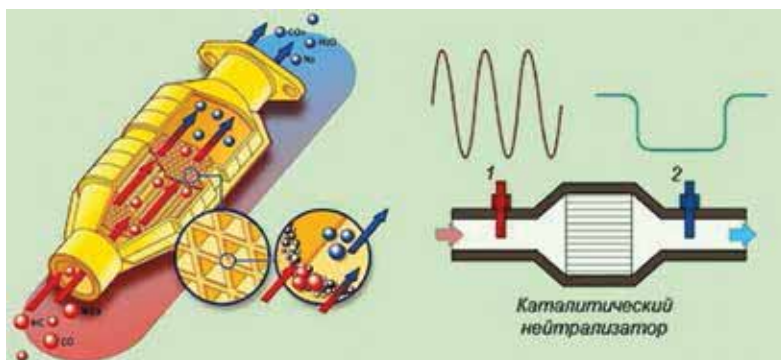


Рис. 2 Датчик контроля состава отработавших газов систем выпуска двигателя внутреннего сгорания и схема его реализации

СРЕДСТВА АВТОТРАНСПОРТНОГО МОНИТОРИНГА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

кладных разработок. Они проявились в создании миниатюрных, недорогих, чувствительных и селективных газовых датчиков для бытового и промышленного применения. В конкретной реализации речь идет о миниатюрном газовом датчике (рис. 3) контроля процесса сгорания, основанном на тепловом сенсоре, в качестве которого использован микромеханический транзистор CMOS-SOI, интегрированный в пластину каталитического нейтрализатора реакции восстановления токсичных продуктов сгорания топливовоздушной смеси уже в глушителе системы выпуска отработавших газов автомобильного двигателя внутреннего сгорания.

Особое внимание израильских специалистов обращено на достоверность результатов моделирования характеристик инновационного датчика сгорания, технологические аспекты и проблемы селективности восприятия. По результатам сравнения двух технологий нанесения каталитического слоя платины, пригодного для обработки на уровне пластин, магнетронным распылением и струйной печатью наночастиц с хорошей чувствительностью к этанолу и ацетону в воздухе у обеих в качестве лучшей выбрана вторая. Отпечатанный катализатор из наночастиц платины обеспечивает почти вдвое большую чувствительность по сравнению с распыленным катализатором. Эти преимущества инновационного датчика горения позволяют изготавливать недорогой газовый сенсор перспективных газоанализаторных систем.

В газовых топливных системах, в том числе автомобильных, очень востребованными являются позволяющие оптимизировать термодинамический цикл сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах тепловых силовых агрегатов при-

вода устройства или средства предотвращения детонации, достигаемой онлайн-контролем по результатам мониторинга потенциала ионного пробоя, в частности. Его вероятность и сила с высокой точностью регистрируются и идентифицируются, например, на основе оценки сопротивления распространению частичных разрядов в среде газовой изоляции высокочувствительным оптоволоконным датчиком. Такой инновационный сенсор разработан [5] по результатам всесторонних исследований специалистами в области прикладной электротехнической метрологии из Северо-Китайского энергетического университета.

Этот высокочувствительный волоконно-оптический преобразователь физических величин предназначен для обнаружения акустической эмиссии, генерируемой частичным разрядом в распределительном устройстве с газовой изоляцией, и создан по результатам имитационного математического моделирования в ходе исследования влияния цилиндрической катушки индуктивности на чувствительность, ширину полосы и предел обнаружения контролируемого параметра. По результатам углубленного анализа данных этого экспериментального исследования и разработан модифицированный инновационный датчик с возможностью методической корректировки величины сигналов с учетом влияния на его чувствительность побочных эффектов и электромагнитных наводок.

Средняя чувствительность волоконно-оптического датчика с оптимизированной акустической эмиссией оказалась на 32 дБ выше, чем у обычного с цирконат-титанатом свинца в качестве сенсорного материала, в диапазоне частот от 20



Рис. 3
Датчик контроля качества воздуха

до 100 кГц. Более того, результаты эксперимента показали, что обнаруживаемое начальное напряжение частичного разряда для предлагаемой оптической системы на 17,1 % ниже, чем для сравниваемой, а амплитуда сигнала, обнаруженного предлагаемой оптической системой, на 525 % выше, чем у базовой.

МИ

Окончание в следующем номере



**Виктор
Александрович
Грушников**

кандидат
технических наук,
научный редактор,
старший научный
сотрудник Отделения

научной информации по проблемам
машиностроения и транспорта
ВИНИТИ РАН, г. Москва

Victor Aleksandrovich Grushnikov
candidate of Engineering sciences,
scientific editor, Senior Researcher, Department
of Scientific Information on Mechanical Engineering
and Transport Problems, VINITI, Moscow

Abstract

Wide spread of scientific and practical applications of applied activity in the aerospace sphere. It assumes the use of modern methods and measuring instruments for the realization of the possibilities of ultra-precise orientation in space and the development of purposeful displacements.



90 лет старейшей кафедре метрологии

Кафедра «Метрология и взаимозаменяемость» МГТУ им. Н.Э. Баумана является одной из старейших отечественных кафедр метрологии. В этом году она отмечает свое 90-летие.

В 1931 г. на факультете «Точная механика» Московского механико-машиностроительного института (ММИ им. Н.Э. Баумана, с 1989 года по настоящее время – МГТУ им. Н.Э. Баумана) была создана кафедра «Допуски и технические измерения».

Основатели кафедры – профессор Г.А. Апарин и М.А. Саверин – создали новую актуальную научную школу в области теории точности и метрологии, сыгравшую значительную роль в период бурной индустриализации страны и обеспечившую народное хозяйство квалифицированными кадрами. Первоочередной задачей создания такой кафедры являлась подготовка инженеров, способных обеспечить массовое производство взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц на основе соблюдения требований к точности и единству измерений в технике.

В начале Великой Отечественной войны разработанный на кафедре курс «Допуски и технические измерения» из специального превращается в общетехнический, связывающий конструкторские и теоретические дисциплины, и включается в учебные планы всех машиностроительных специальностей.

Следующий период развития кафедры связан с принципом функциональной взаимозаменяемости, суть которого заключалась в опти-

мизации допусков и посадок при их нормировании в элементах изделия для достижения наивысших показателей качества изделия в целом. Этот научный принцип сформулировал заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор А.И. Якушев.

В 1956 г. кафедра была переименована в ныне действующую кафедру «Метрология и взаимозаменяемость». Основным результатом этого периода – создана общинженерная дисциплина «Взаимозаменяемость и техника измерений» и кафедра заняла ведущее положение в формировании её научного содержания и методического обеспечения.

К научным достижениям кафедры следует отнести работы в области прикладной метрологии в части создания высокоточных средств технических измерений, автоматизации измерений и управляющего контроля, а также результаты анализа точности измерений и анализа отклонений от геометрических параметров



Сборники трудов конференций разных лет

деталей, статистического анализа и контроля. Были созданы и внедрены фотоэлектрический растровый длиномер ФЭРД-6, интерферометр с позиционной интерполяцией полосы, измерительная система нулевой компенсации с периодическими мерами и уравниванием длины длиной, высокоточный угломер и др. В этих работах участвовали Ю.Н. Ляндон, Е.И. Володин, О.Ф. Тищенко, Г.Р. Кремнёв, В.Н. Плуталов, Н.Н. Зябрева, А.Д. Фёдоров, Л.Н. Воронцов, А.В. Мироненко, В.Н. Янушкин, Ю.Б. Коляда, Ю.А. Шачнев, В.Л. Скрипка, Н.Т. Полярус, В.И. Белоцерковский, В.С. Чихалов, И.А. Недорезов, Ю.С. Королёв, Л.А. Лобанова, В.Г. Разгулин, М.Т. Краюшкин, Н.М. Федотов, В.Н. Федотов, В.Ф. Сидоров, Г.П. Дмитриев, Ю.Л. Николаев и др.

В 1992 г. кафедру возглавил выдающийся учёный в области метро-



Кафедральная конференция «Инженерно-физические проблемы новой техники»

Ключевые слова: МГТУ им. Н.Э. Баумана, метрология и взаимозаменяемость, всероссийские научно-технические конференции.

Keywords: The Bauman Moscow State Technical University, BMSTU, metrology and interchangeability, all-Russian scientific and technical conferences.



Дистанционная лабораторная по статистическому контролю качества

логического обеспечения новой техники, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР **Е.И. Сычѳев**, который за короткий срок вывел кафедру в лидеры подготовки инженеров по двум специальностям: «Метрология и метрологическое обеспечение» и «Стандартизация и сертификация».

Лидирующим разделом метрологии конца прошлого века являлась метрология быстротекущих процессов. Еѳ развитие обеспечивало прогресс военной техники, а также фундаментальных и прикладных научных исследований. На кафедре под руководством доктора физико-математических наук, профессора **М.И. Киселѳва** был разработан и испытан в промышленных условиях новый фазохронометрический метод (ФХМ) и реализующие его средства прецизионного изучения функционирующих машин и механизмов циклического действия. Внедрение этого метода повышает эксплуатационную надежность и аварийную защиту при общем снижении производственных затрат. М.И. Киселѳв создал новое научное направление «Информационно-метрологическое сопровождение жизненного цикла машин и механизмов» на базе фазохронометрического измерительно-вычислительного прогнозирующего мониторинга.

Всѳ большую актуальность стала приобретать метрология медленно текущих процессов в сложных си-

стемах с деградирующими параметрами. Эта деградация может происходить и из-за износа деталей, и в результате накопления необратимых структурных изменений в самих конструкционных материалах деталей.

В настоящее время кафедра «Метрология и взаимозаменяемость» принимает активное участие в масштабных проектах РФ, сотрудничает с крупными предприятиями и ведет активную научную деятельность.

За последние десятилетия на кафедре появились новые направления в научно-исследовательской деятельности, такие как изучение влияния космической погоды на техносферу, контроль качества адгезивных соединений, метрологическое обеспечение аддитивных технологий, мониторинг в области возобновляемых источников энергии, применение в промышленных условиях новых интеллектуальных измерительных фазохронометрических комплексов и реализация прецизионного изучения функционирующих машин и механизмов циклического действия, нейросетевые технологии обработки измерительной информации, а также разработка и применение новых бесконтактных технологий контроля изделий тяжелого и общего машиностроения, использование цифровых технологий в жизненном цикле продукции и др.

В этом году кафедра «Метрология и взаимозаменяемость» под руководством доктора технических

наук **В.И. Пронякина** отмечает свое 90-летие. На базе кафедры ежегодно проводятся всероссийские научно-технические конференции для представителей отраслевой и вузовской науки «Состояние и проблемы измерений» (основана профессором **Е.И. Сычѳевым**) и «Инженерно-физические проблемы новой техники» (поддержана профессором **М.И. Киселѳвым**). Юбилейная конференция состоится в марте 2022 года. Заявку для участия в конференции и тезисы доклада можно отправить на электронную почту mt4.konf@yandex.ru или заполнить онлайн-форму регистрации. По материалам докладов издаются сборники, а установление новых контактов способствует обмену опытом и объединению усилий в решении актуальных задач метрологического обеспечения цифровизации экономики страны.



От редакции

Кафедру «Метрология и взаимозаменяемость» и наш журнал «Мир измерений» связывают давние дружеские связи. Так, членом редакционной коллегии и нашим автором был профессор **М.И. Киселев**. В настоящее время совместно с коллективами кафедры и вуза мы ведем подготовку книги под рабочим названием «Мир измерений: прошлое, настоящее и будущее», приуроченную к 20-летию журнала и 90-летию кафедры. Поздравляем МГТУ им. Н.Э. Баумана, коллектив кафедры с юбилеем.

МИ

Abstract

This year celebrates its 90th anniversary one of the oldest domestic departments of metrology - "Metrology and interchangeability" of The Bauman Moscow State Technical University, BMSTU

О новой редакции РМГ 115–2019 «ГСИ. Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределенности»

Н.А. Бурмистрова, И.В. Викторов, А.А. Тумилович, А.Г. Чуновкина

В статье рассматриваются основные положения новой редакции РМГ 115–2019 [1]. Акцент сделан на построение моделей измерений при калибровке исходя из методов передачи единицы величины и определяемых метрологических характеристик, а также на рассмотрение типовых составляющих неопределенности при калибровке. Кратко затронуты вопросы применения результатов калибровок.

Калибровочные лаборатории в соответствии с требованиями ISO/IEC 17025 [2] должны валидировать разрабатываемые и применяемые методики калибровки и представлять расчеты неопределенности измерений при выполнении калибровок. Опыт валидации методик калибровок показывает, что анализ оценивания неопределенности является одним из ключевых при валидации и затрагивает все элементы методики калибровки, включая применяемые эталоны, метод передачи единицы измерения, условия измерений, обработку экспериментальных данных и принятие решений о соответствии установленным требованиям к метрологическим характеристикам (при необходимости). РМГ 115 устанавливают методику вычисления неопределенности измерения при калибровке, алгоритмы вычисления типовых составляющих неопределенности при калибровке мер и измерительных приборов в зависимости от имеющейся информации. Положения рекомендаций

могут быть использованы при разработке методик калибровки, расчете неопределенности при формировании области аккредитации калибровочной лаборатории, передаче единицы величины при аттестации эталонов единиц и подтверждении уровня по поверочной схеме, а также проведении сличений калибровочных лабораторий при подготовке протокола сличений.

Калибровка определена как совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений (СИ), и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона, с целью определения метрологических характеристик (МХ) этого средства измерений [3]. При калибровке устанавливают калибровочную характеристику [4] – оценку МХ СИ с указанием соответствующей неопределенности. В качестве метрологических характеристик, устанавливаемых при калибровке, могут выступать значения

мер, погрешность (систематическая) измерительных приборов, калибровочный коэффициент, калибровочная функция, отклонения от номинальной калибровочной функции СИ и др. В РМГ 115 в основу построения модели измерения при калибровке положен объект калибровки – меры или измерительный прибор (ИП) – и метод передачи единицы величины – метод прямых измерений, метод сличений с помощью компаратора и его разновидности, а также метод косвенных измерений. При разработке модели измерения важен вид определяемой метрологической характеристики. МХ для меры, как правило, – это значение меры или отклонение значения меры от номинального значения. Для ИП перечень МХ шире, в частности включает погрешность (отклонение от значения эталона) в точке калибровки (что может быть выражено в виде абсолютной или относительной поправки), калибровочный коэффициент, калибровочную зависимость и др. Кроме этого, при необ-

Ключевые слова: калибровка, метрологическая характеристика, модель измерения, неопределенность измерения, бюджет неопределенности.
Keywords: calibration, metrological characteristic, measurement model, measurement uncertainty, uncertainty budget.

ходимости в процессе калибровки могут быть определены:

- нестабильность метрологической характеристики СИ;
- СКО показаний ИП в условиях повторяемости, характеризующее случайный разброс показаний в нормальных условиях при калибровке;
- нелинейность калибровочной функции и др.

В РМГ 115–2019 модели измерений представлены в самом общем виде и проиллюстрированы конкретными примерами из [5] для каждой рассмотренной ситуации. Рассмотрим пример калибровки измерительного прибора методом прямых измерений с применением эталонных мер. При калибровке ИП методом прямых измерений проводят измерения калибруемым ИП величин, воспроизводимых эталонными мерами / калибраторами, которые соответствуют разным отсчетам шкалы ИП.

Эталонная мера воспроизводит измеряемую величину X_{ref} со значением x_{ref} и установленным показателем точности. В силу влияющих величин на вход калибруемого ИП воздействует величина \tilde{X}_{ref} . Отклик калибруемого прибора на входное воздействие представим как

$$y_{cal}(X_{ref}) = f_{cal}(\tilde{X}_{ref}), \quad (1)$$

где $f_{cal}(X)$ – функция преобразования калибруемого измерительного прибора.

Если отклик прибора выражен в единицах измеряемой величины, т. е. функция преобразования является тождественной $f_{cal}(x) \equiv x$, то при калибровке ИП определяют поправки к показаниям ИП или отклонения от номинальной калибровочной характеристики в точке. В этом случае уравнение измере-

ний, как правило, может быть представлено в виде:

$$\Delta(X_{ref}) = -(y_{cal}(X_{ref}) - x_{ref}) + \sum \Delta x_i; \quad (2)$$

- для аддитивных поправок:

$$\delta(X_{ref}) = \left(\frac{y_{cal}(X_{ref})}{x_{ref}} \right)^{-1} \prod \delta x_i. \quad (3)$$

Если отклик калибруемого измерительного прибора выражен в единицах, отличных от измеряемой величины, то при калибровке устанавливают параметры калибровочной зависимости, в частном случае – калибровочный коэффициент. В этом случае уравнение измерений представляется в виде:

$$k = \frac{y_{cal}(X_{ref})}{x_{ref}} \prod \delta x_i. \quad (4)$$

Приведенные уравнения (2)–(4) являются моделями измерений при калибровке, где в левой части стоит определяемая MX (выходная величина), а в правой части – величины, которые влияют на значение выходной величины (входные величины), включая Δx_i , δx_i , поправки на нестабильность эталонной меры и другие влияющие величины.

Входными величинами уравнения измерений могут быть физические величины, на основе которых оценивается значение выходной величины, влияющие величины и влияющие факторы (эффекты), учет которых необходим при внесении поправок и/или оценивании неопределенности измерения. Вообще говоря, можно выделить два подхода к записи уравнения измерений: когда каждому источнику неопределенности соответствует своя входная величина или когда с одной входной величиной может быть связано несколько источников неопределенности. Первый подход более формализован, но требует введения в уравнение переменных,

отвечающих за влияющие факторы (эффекты), к которым можно отнести, в частности, поправки на разрешение калибруемого измерительного прибора и на прецизионность [6]. Авторы РМГ 115 больше склоняются к другому подходу, при котором не приходится вводить искусственные входные величины.

Таким образом, каждому источнику неопределенности может соответствовать входная величина модели измерения. Авторы РМГ 115 придерживаются мнения, что все-таки целесообразно разделять входные величины и источники неопределенности, при этом с одной входной величиной может быть связано несколько источников неопределенности.

Типичными источниками неопределенности являются:

- случайные погрешности калибруемого и эталонного ИП, которые на практике не всегда удается разделить;
- источники неопределенности, связанные с применяемым эталоном, такие как неопределенность установления метрологических характеристик эталонного ИП, неопределенность значения эталонной меры, нестабильность значения эталонной меры, нестабильность метрологических характеристик эталонного ИП, нелинейность калибровочной функции эталонного ИП;
- округление результатов измерений;
- интерполирование табличных данных;
- используемые справочные данные;
- неоднородность распределения значений измеряемой величины в физической среде;
- погрешность определения поправки на изменение измеряемой величины.

Составление модели измерения является первым шагом в оценивании неопределенности измерения при калибровке, т. е. неопределенности, связанной со значением выходной величины. Обо всех перечисленных источниках неопределенности имеется некоторая количественная информация, которая является основой для вычисления стандартных неопределенностей, связанных с входными величинами.

За значение входной величины принимают ее наилучшую оценку (в смысле наименьшей соответствующей стандартной неопределенности). Разделяют два типа оценивания неопределенности: по типу А и по типу В. Оценивание стандартной неопределенности по типу А применяется, когда имеются результаты m независимых измерений одной из входных величин X_i , $i = 0, \dots, n$, проведенных в одинаковых условиях: x_{i1}, \dots, x_{im} . В качестве значения x_i этой величины принимают среднее арифметическое значение:

$$x_i = \bar{x}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij}. \quad (5)$$

Стандартную неопределенность вычисляют по формуле СКО среднего арифметического значения:

$$u(x_i) = u_A(x_i) = \frac{S_i}{\sqrt{m}},$$

где

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_i)^2}. \quad (6)$$

Если число независимых измерений m входной величины мало (меньше 10), то в соответствии с [7] вместо выражения (6) возможно использовать следующую оценку стандартной неопределенности в предположении нормального закона распределений повторных результатов измерений:

$$u(x_i) = u_A(x_i) = \sqrt{\frac{m-1}{m-3}} \times \frac{S_i}{\sqrt{m}}. \quad (7)$$

При калибровке применяют хорошо исследованное эталонное оборудование, в частности компараторы, для которых установлена надежная оценка СКО прецизионности на основе большого числа данных. Поэтому если число независимых измерений m входной величины мало (меньше 10), но условия прецизионности соблюдаются и имеется априорная оценка дисперсии σ_i (СКО повторяемости), то в этом случае вместо выражения (6) рекомендуется следующая оценка стандартной неопределенности:

$$u(x_i) = u_A(x_i) = \frac{\sigma_i}{\sqrt{m}}. \quad (8)$$

МИ

Окончание
в следующем номере



Наталья Александровна Бурмистрова

научный сотрудник лаборатории теоретической метрологии ФГУП «ВНИИМ

им. Д.И. Менделеева», г. Санкт-Петербург

Natalia Alexandrovna Burmistrova
Researcher, Laboratory of Theoretical Metrology, D.I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg



Иван Викторович Викторов

кандидат физико-математических наук, руководитель лаборатории законодательной метрологии и метрологического

программного обеспечения ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», г. Санкт-Петербург

Ivan Viktorovich Viktorov
candidate of physical and mathematical sciences, head of the laboratory of legal metrology and metrological software of D. I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg



Анастасия Андреевна Тумилович

специалист по метрологии I категории лаборатории теоретической метрологии ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», г. Санкт-Петербург

Anastasia Andreyevna Tumilovich
specialist in metrology of the 1st category of the laboratory of theoretical metrology of D. I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg



Анна Гурьевна Чуновкина

доктор технических наук, академик Метрологической академии, руководитель метрологического

отдела, руководитель лаборатории теоретической метрологии ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», г. Санкт-Петербург

Anna Guryevna Chunovkina
Doctor of Engineering Sciences, Academician of the Metrological Academy, head of the metrological department, Head of the Laboratory of Theoretical Metrology, D.I. Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg

Abstract

The article discusses the main provisions of the new edition of RMG 115–2019 [1]. The emphasis is placed on the construction of measurement models during calibration, based on the methods of transferring the unit of magnitude and the determined metrological characteristics, as well as consideration of the typical components of the uncertainty during calibration. The issues of application of the calibration results are briefly touched upon.

БОНУСНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДПИСЧИКОВ

Опция — «**Задай вопрос эксперту**»
Подробнее на странице <http://www.ria-stk.ru/bonus/>

NEW

Добавлена книга «**Основы стандартизации**»

- бесплатное размещение информации о Вашей компании на наших ресурсах
- купоны на рекламу в журналах и наших интернет-ресурсах
- электронное приложение «КАЧЕСТВО+. ЛУЧШИЕ МИРОВЫЕ ПРАКТИКИ» для подписчиков журналов «Стандарты и качество», «Методы менеджмента качества»
- книги РИА «Стандарты и качество» в подарок
- скидки на журналы и участие в мероприятиях РИА «Стандарты и качество»
- будет добавлен архив журналов за 1-е полугодие 2020 г.
- новые материалы в разделе «Электронная библиотека»
- доступ к актуальным опциям партнеров



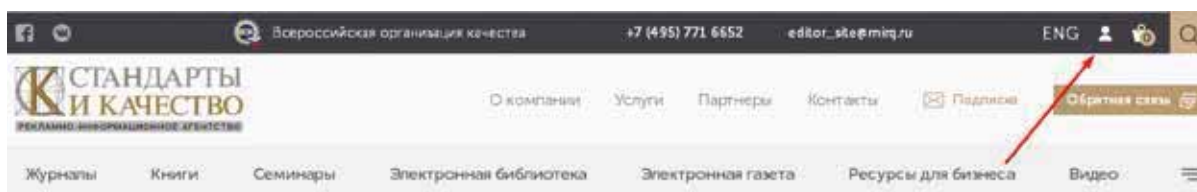
СЛЕДИТЕ ЗА ОБНОВЛЕНИЯМИ НА СТРАНИЦЕ БОНУСНОЙ СИСТЕМЫ:

- ✓ СКИДКИ НА ОБУЧЕНИЕ
- ✓ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА
- ✓ ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ АУДИТА
- ✓ ПОДПИСКА СО СКИДКОЙ
- ✓ ЭЛЕКТРОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СЕРВИСЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАШЕЙ РАБОТЫ
- ✓ АРХИВЫ ЖУРНАЛОВ
- ✓ РОЗЫГРЫШ ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗОВ
- ✓ ПОСЕЩЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ

Листовка с кодом доступа (логин) к бонусной системе будет вложена в январский выпуск журнала.

1-й шаг

Зарегистрируйтесь на сайте или авторизуйтесь, введя логин и пароль



2-й шаг

Войдите в личный кабинет



3-й шаг

В меню «Активировать бонусную систему» введите полученный код доступа



4-й шаг

Нажмите кнопку «Активировать», после чего Вам откроется доступ к бесплатным сервисам и эксклюзивным материалам на странице <http://www.ria-stk.ru/bonus/>



Узнать подробную информацию о бонусной системе ООО «РИА «Стандарты и качество», а также восстановить свои логин и пароль Вы можете по тел.: **(495) 771 6652 (доб. 140)**; e-mail: **zakaz@mirQ.ru**

Системные и математические соотношения квантуемых и константных физических величин

А.С. Чуев

В статье приводится схема расположения квантуемых и константных величин в авторской системе физических величин и закономерностей с системными связями, наглядно иллюстрирующими эти закономерности. Все величины имеют размерности системы СИ. Сама система представляет собой многослойную конструкцию, которая хорошо воспринимается на плоских частных изображениях. Физические закономерности, имеющие соответствующие математические выражения, присутствуют и визуально обнаруживаются в системе в виде выделенных параллелограммов и линий.

Квантуемые и константные физические величины (ККВ) занимают важное место в метрологии. Особенно важны их закономерные взаимосвязи друг с другом. Во-первых, ККВ всегда стараются использовать в качестве базовых для единиц физических величин (ФВ), поскольку их значения не зависят от использования той или иной системы измерений. Во-вторых, из-за упорядоченных размерностных связей ККВ между собой, выражающих природные закономерности, знание расположений одних ККВ позволяет находить в системе и другие.

В системе ФВиЗ, которая описана в ранее опубликованных работах автора [1–3], ККВ расположены на разных системных уровнях. Но на частных плоских изображениях они расположены в вершинах выделенных параллелограммов или на одной выделенной линии. Пример изображения системы ФВиЗ с системными связями опорных ККВ приведен на рисунке 1.

Главные *опорные* ККВ системы выделены на рисунке 1 утолщённой окантовкой красного цвета. Такую

же утолщённую окантовку имеют *безразмерная константа* и *момент импульса*, системно связанные с этими ККВ. Название *опорных* ККВ дано им из-за сохранения системных связей не только между ними, но и между всеми остальными ФВ, если правильно перемещать кластеры относительно друг друга. При таком перемещении кластеров без их вращения обеспечивается сохранение системной взаимосвязи ФВ внутри кластеров, между показанными опорными ККВ и, самое главное, между всеми другими ФВ системы. Указанное перемещение кластеров обычно используется в опытах с системой или при анализе изменений размерностей ФВ, предлагаемых другими авторами [4, 5].

Верхний горизонтальный ряд ККВ (см. рис. 1) назван *основным системным рядом* ККВ, хотя эти ККВ входят в самые разные системные уровни. Этот системный ряд можно назвать и *основным системным поясом* ККВ. ККВ, расположенные вне этого пояса, связаны с ККВ горизонтального ряда по обратной размерности или че-

рез квант *магнитного потока* Φ_0 . В системных связях ККВ принимают также участие *безразмерная константа* и *скорость* (обычно это скорость света). Последние величины тоже можно причислить к *опорным* величинам, их местоположение в системе, как и местоположение *момента импульса*, строго определённое и не зависит от расположения ККВ, входящих в электромагнитные величины.

В качестве примера системной закономерности на рисунке 1 показан выделенный параллелограмм красного цвета, иллюстрирующий известное соотношение $\frac{h}{2q_e} \Phi_0$. Здесь наряду с ККВ основного системного ряда (h и q_e) участвуют квант *магнитного потока* и безразмерная величина $1/2$. Каждая из сторон фигуры треугольника на рисунке 1 (синего цвета) тоже иллюстрирует определённую системную (физическую) закономерность.

На рисунке 2 показана система ФВиЗ, аналогичная рисунку 1, но в несколько ином плоском изображении. Сравнивая изображения системы по рисункам 1 и 2, можно

Ключевые слова: физические величины, размерности, система физических величин и закономерностей, системные связи квантуемых и константных величин.

Keywords: physical quantities, dimensions, a system of physical quantities and regularities, systemic connections of quantized and constant quantities.

СИСТЕМНЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ КВАНТУЕМЫХ И КОНСТАНТНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Опорные физические величины и связи системной структуры

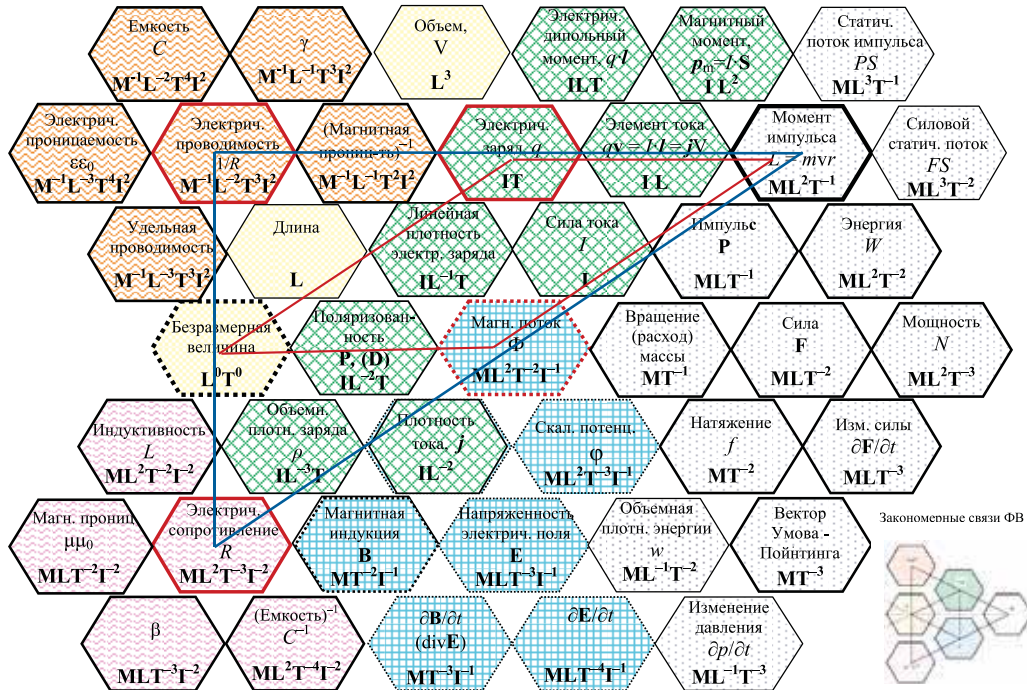


Рис. 1
Системные соотношения с участием опорных ККВ-кластеров

Системные соотношения квантуемых и константных физических величин

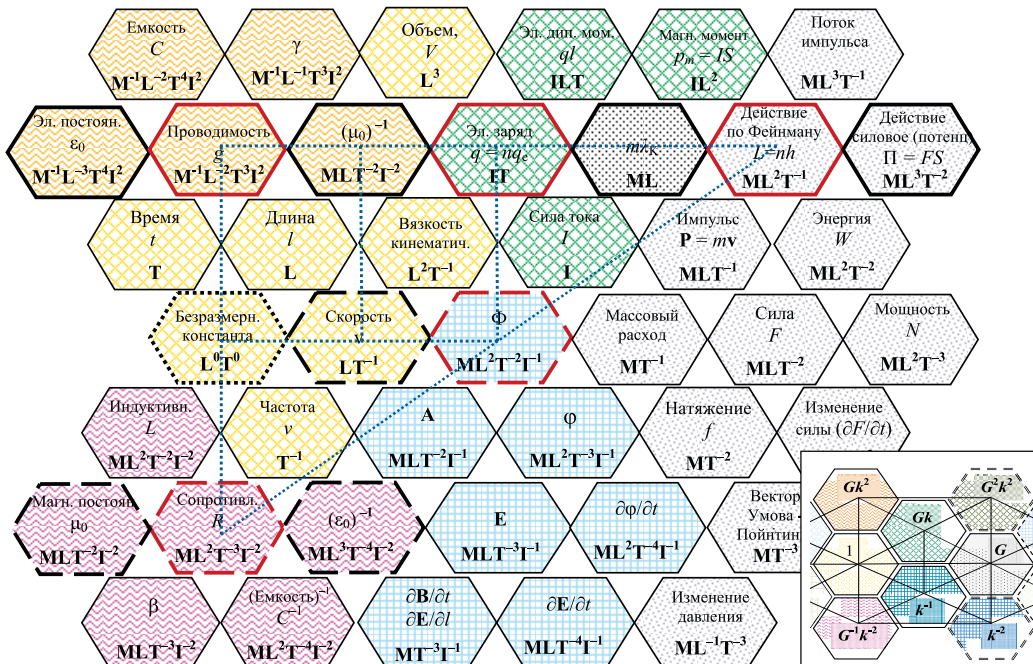


Рис. 2
Системные соотношения опорных ККВ с участием скорости и μ_0^{-1}

Таблица 1

Соотношения ККВ в основном системном ряду с участием скорости света (c) и постоянной тонкой структуры (α)

	2αc		$\xi c / \alpha = q_e \mu_0$		$\xi c / 2\alpha = q_e \mu_0 / 2$		
	ϵ_0	R^{-1}	μ_0^{-1}	q_e	$(II)_{КВ}$	h	q_e^2 / ϵ_0
ϵ_0, h	ϵ_0	$2\alpha c \epsilon_0$	$\epsilon_0 c^2$	$\sqrt{\epsilon_0 2\alpha c h}$	$\sqrt{\epsilon_0 2c^3 h / \alpha}$	h	$2\alpha c h$
R, h	$(2\alpha c R)^{-1}$	R^{-1}	$\frac{c}{2\alpha R}$	$\sqrt{\frac{h}{R}}$	$\frac{c}{\alpha} \sqrt{\frac{h}{R}}$	h	$2\alpha c h$
μ_0, h	$(\mu_0 c^2)^{-1}$	$\frac{2\alpha}{\mu_0 c}$	μ_0^{-1}	$\sqrt{\frac{2\alpha h}{c \mu_0}}$	$\sqrt{\frac{2c h}{\alpha \mu_0}}$	h	$2\alpha c h$
q_e, h	$\epsilon_0 = \frac{q_e^2}{2\alpha c h}$	$\frac{q_e^2}{h}$	$\frac{q_e^2 c}{2\alpha h}$	q_e	$q_e c / \alpha$	h	$2\alpha c h$
ϵ_0, q_e	ϵ_0	$2\alpha c \epsilon_0$	$\epsilon_0 c^2$	q_e	$q_e c / \alpha$	$\frac{q_e^2}{2\alpha c \epsilon_0}$	$\frac{q_e^2}{\epsilon_0}$
μ_0, q_e	$(\mu_0 c^2)^{-1}$	$\frac{2\alpha}{\mu_0 c}$	μ_0^{-1}	q_e	$q_e c / \alpha$	$\frac{q_e^2 c \mu_0}{2\alpha}$	$q_e^2 \mu_0 c^2$
R, q_e	$\frac{1}{2\alpha c R}$	R^{-1}	$\frac{c}{2\alpha R}$	q_e	$q_e c / \alpha$	$q_e^2 R$	$2\alpha c q_e^2 R$
ϵ_0, μ_0	ϵ_0	$2\alpha \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}}$	μ_0^{-1}				
			$c/2\alpha$		c/α		$2\alpha c$

Примечание к таблице. Первая колонка таблицы содержит ККВ, посредством которых выражаются другие ККВ того же ряда. Верхний и нижний ряды таблицы содержат (в треугольных ячейках) коэффициенты, показывающие связь соседних ФВ в основном системном ряду ККВ.

заметить смену отдельных ФВ, рас- полагаемых в одних и тех же сис- темных ячейках, и разные изобра- жения мнемонической картинке, помогающей обнаружению сис- темных связей ФВ. На рисунке 2, так же как и на рисунке 1, сис- темные ячейки с опорными ККВ в различных кластерах обозначены утолщённой окантовкой красного цвета. Для ККВ, не входящих в ос- новной системный ряд ККВ, утол- щённая окантовка выполнена пун- ктиром.

На мнемонической картинке рисунка 2 линии, соединяющие условно обозначенные кластеры си- стемы (их цвет обозначен цветом ФВ кластеров), имеют буквенные обозначения *G* и *k*, которыми ФВ в размерности СИ отличаются от ба-

зовой для нашей системы *LT*-раз- мерности.

Линии мнемонической кар- тинки очень помогают правильно находить или обозначать на основ- ном изображении системы выде- ленные параллелограммы и линии, иллюстрирующие системные (фи- зические) закономерности.

Главными *опорными* ККВ, вхо- дящими на представленных рисун- ках в горизонтальный ряд ККВ, яв- ляются *момент импульса, электри- ческий заряд и электрическая про- водимость*. Квантами этих ФВ явля- ются постоянная Планка *h*, элемен- тарный заряд *q_e* и квант электриче- ской проводимости (1/*R*). Все ККВ, входящие в указанный системный ряд, обозначены утолщённой окан- товкой их системных ячеек. Эти ККВ имеют между собой вполне

определённые системные (размер- ностные) и математические соотно- шения. Математические соотноше- ния этих ККВ приведены в таблице 1 [6]. Как видно из данных таблицы, эти соотношения наряду с самими ККВ могут содержать скорость света (*c*) и постоянную тонкой структуры (*α*), а также числовые постоянные.

Математические соотношения, соответствующие системным соот- ношениям ККВ всей системы ФВиЗ, приведены в таблице 2. Думается, что это не все возможные системные соотношения ККВ – пользуясь сис- темой ФВиЗ, можно найти и другие. Вполне очевидно, что новые систем- ные соотношения можно будет обна- ружить и в случае появления в сис- темной ФВиЗ новых ККВ.

В таблице 2 есть соотношение ККВ с участием *гравитационной*

СИСТЕМНЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ КВАНТУЕМЫХ И КОНСТАНТНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Таблица 2

Математические соотношения системных размерностных связей ККВ

Математическое соотношение ККВ	Описание ККВ и их системных связей	Математическое соотношение ККВ	Описание ККВ и их системных связей
$g = 1 / R$	Электрическая проводимость g есть величина, обратная сопротивлению R	$\frac{q_e^2}{\epsilon_0} = \frac{\Phi_0^2}{\mu_0} 16\alpha^2$	Связь вторых степеней элементарного заряда и кванта магнитного потока
$R_K = \frac{h}{q_e^2} = \frac{1}{g_K}$	Постоянная фон Клитцинга ($R_K = 25\,812,807$ Ом)	$\Phi_0 = \frac{h}{2q_e}$	Связь квантов магнитного потока, электрического заряда и постоянной Планка
$R_K = \frac{4\Phi_0^2}{h}$	Связь постоянной фон Клитцинга с квантом магнитного потока Φ_0 и постоянной Планка h	$\frac{q_e c}{\alpha} = JS = \frac{4\Phi_0}{\mu_0}$	Связь кванта линейного элемента тока или кванта потока намагниченности J с квантом магнитного потока Φ_0 и μ_0
$g_{КВ} = \frac{2}{R_K}$	Квант электрической проводимости	$\lambda_K = \frac{h}{m_e c} = \frac{2\pi r_e}{\alpha}$	Комптоновская длина волны электрона; r_e – классический радиус электрона
$R_B = 2\alpha R_K = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = \mu_0 c$	Волновое сопротивление вакуума (≈ 376 Ом)	$m_e \lambda_K = \frac{h}{c} = \frac{q_e^2 \mu_0}{2\alpha}$	Взаимосвязь ККВ с участием кванта локализации массы
$\epsilon_0 \mu_0 c^2 = 1$	Взаимосвязь электрической и магнитной постоянных	$\frac{m_e \lambda_K}{\Phi_0} = \frac{2q_e}{c}$	Взаимосвязь ККВ с участием кванта локализации массы
$q_e = \frac{4\alpha}{R_B} \Phi_0$	Взаимосвязь элементарного заряда с квантом магнитного потока	$\frac{h}{2q_e} = \frac{\Delta\varphi}{v} = \Phi_0$	Квантовое системное соотношение для значений частоты в эффекте Джозефсона
$\frac{\Phi_0}{q_e} = \frac{1}{4\alpha} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$	Другое соотношение кванта магнитного потока и элементарного заряда	$\frac{\Phi_0^2}{\mu_0} = \frac{hc}{8\alpha} = \frac{\pi G m_{пл}^2}{4\alpha}$	Системные соотношения ККВ с участием гравитационной постоянной и планковской массы ($m_{пл} = 2,176713 \cdot 10^{-8}$ кг)
$\frac{q_e^2}{\epsilon_0} = 4\pi m_e r_e c^2$	Квант потенциального действия силы $\Pi = FS$		

постоянной и планковской массы во второй степени. Это системное соотношение не показано на приводимых рисунках, но его можно обнаружить и самостоятельно, поняв правило системного расположения ФВ, имеющих степень 2 (на удвоенном расстоянии от безразмерной константы по линии системного расположения той же ФВ в первой

степени). Гравитационная постоянная и величина, обратная ей по размерности, располагаются в той же системной ячейке, что и безразмерная константа, только они относятся к другим системным уровням (кластерам).

МИ

Окончание
в следующем номере



Анатолий Степанович Чув

кандидат технических наук, доцент кафедры физики факультета «Фундаментальные науки» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Anatoly Stepanovich Chuev
candidate of engineering sciences, Associate Professor of the Department of Physics, Faculty of Fundamental Sciences, Bauman Moscow State Technical University Moscow

Abstract

The article provides a diagram of the arrangement of quantized and constant quantities in the author's system of physical quantities and regularities with system connections that clearly illustrate these regularities. All quantities have the dimensions of the SI system. The system itself is a multi-layer structure that is well perceived in flat private images. Physical patterns with corresponding mathematical expressions are present and are visually detected in the system in the form of highlighted parallelograms and lines.

Об утверждении типов средств измерений

Approving Types of Measuring Instruments

В этом разделе публикуются сведения об утвержденных типах средств измерений, которые могут использоваться в различных сферах государственного регулирования обеспечения единства измерений. Данные сведения включены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, чем подтверждается утверждение их типа.

This section publishes information on the approved types of measuring instruments that can be used in various areas of state regulation regarding measurements' uniformity. This information is included in the Federal Information Fund for Ensuring the Uniformity of Measurements, which confirms the approval of their type.

Измерения геометрических величин

87938-20 Приборы для измерений параметров контура и шероховатости поверхности Formtracer AVANT

Сертификат действителен до 12.08.2025. Измерения профиля поверхности различных деталей и/или параметров шероховатости; определение в измеренных профилях геометрических параметров. Интервал между поверками – 2 года.

81161-20 Машины координатные измерительные портальные CRYSTA-Arex S серии 191 с пятиосевой поворотной измерительной головкой REVO

Сертификат действителен до 31.12.2025. Измерения геометрических размеров деталей сложной формы, отклонения формы и расположения поверхностей элементов деталей. Интервал между поверками – 1 год.

81647-21 Машины видеоизмерительные серий Quick Vision и MiSCAN

Сертификат действителен до 27.04.2026. Измерения линейных и угловых размеров деталей. Интервал между поверками – 1 год.

82818-21 Преобразователи измерительные линейных перемещений LPS

Сертификат действителен до 26.08.2026. Измерения линейных перемещений. Интервал между поверками – 1 год.

82849-21 Меры длины концевые плоскопараллельные

Сертификат действителен до 30.08.2026. Воспроизведение, хранение и передача единицы длины. Используются в качестве рабочих эталонов для поверки, настройки и градуировки средств измерений линейных размеров. Интервал между поверками – 1 год.

82882-21 Микрометр цифровой NO.350-352

Сертификат действителен для зав. № 45204333. Измерения линейных перемещений. Интервал между поверками – 1 год.

82914-21 Комплексы цифровые диагностические для измерений геометрических параметров колёсных пар подвижного состава «Комплекс-2 КОНЛОК»

Сертификат действителен до 03.09.2026.

Измерения геометрических параметров (толщина гребня, толщина обода) колёс цельнокатанных, изготовленных по ГОСТ 10791-2011, колёсных пар железнодорожных вагонов, изготовленных по ГОСТ 4835-2013, на ходу поезда в автоматическом режиме; регистрация показаний бесконтактным способом и оперативная передача по результатам мониторинга полученной информации на ближайший пункт технического обслуживания грузовых вагонов или пункт технического обслуживания локомотивов. Интервал между поверками – 1 год.

82936-21 Дефектоскопы акустические протяжённых объектов АДНШ-П

Сертификат действителен до 27.09.2026. Измерения амплитуд эхо-сигналов, отражённых от дефектов типа нарушения сплошности или однородности металла в теле объекта контроля (насосная штанга, пруток-заготовка насосной штанги, пруток), измерения временных интервалов. Интервал между поверками – 1 год.

83013-21 Датчики воздушного зазора AGS

Сертификат действителен до 15.09.2026. Измерения воздушного зазора между ротором и статором гидро-/турбогенераторов. Интервал между поверками – 1 год.

83076-21 Измерители малых перемещений поверхностей IBIS

Сертификат действителен до 20.09.2026. Измерения перемещений поверхностей объектов контроля. Интервал между поверками – 1 год.

83085-21 Установки автоматизированного измерения геометрических параметров листового проката

Сертификат действителен до 20.09.2026. Измерения геометрических параметров листового проката (отклонений от плоскостности, ширины, серповидности) в технологическом потоке. Интервал между поверками – 1 год.

Измерения механических величин

82816-21 Пиранометры «ПЕЛЕНГ СФ-06-21»

Сертификат действителен до 26.08.2026. Измерения энергетической освещённости, создаваемой солнечным излучением. Интервал между поверками – 2 года.

82884-21 Система регистрации параметров движения «СРПД-К» БЛИЦ.402221.004

Сертификат действителен для зав. № 158-01. Измерения угловых скоростей и вертикальных линейных ускорений. Интервал между поверками – 2 года.

83052-21 Машины силовоспроизводящие СМ

Сертификат действителен до 15.09.2026. Измерения силы растяжения и сжатия; воспроизведение и передача единицы силы разрядным эталонам или средствам измерений силы и массы в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы и Государственной поверочной схемой для средств измерений массы. Интервал между поверками – 1 год.

83104-21 Приборы ПАС-17

Сертификат действителен до 20.09.2026. Преобразование сигналов силы постоянного электрического тока, сигналов от термопреобразователей сопротивления и термопар в выходные аналоговые сигналы силы постоянного тока или цифровые сигналы. Интервал между поверками – 3 года.

83110-21 Счётчики воды универсальные «АКВА»

Сертификат действителен до 20.09.2026. Измерения объёма холодной и горячей питьевой воды. Интервал между поверками – 6 лет.

83136-21 Тензоусилители ВС-339

Сертификат действителен до 20.09.2026. Усиление измерительных сигналов от тензорезистивных датчиков с заданным коэффициентом усиления. Интервал между поверками – 2 года.

83146-21 Машины универсальные ТРМЦ Tochline

Сертификат действителен до 20.09.2026. Измерения силы (нагрузки) и перемещения при проведении механических испытаний образцов на растяжение и сжатие. Интервал между поверками – 1 год.

83154-21 Датчики силоизмерительные тензорезисторные ТВ-25

Сертификат действителен до 20.09.2026. Измерения воздействующих на датчик сил растяжения и сжатия, преобразование их в аналоговый нормированный электрический измерительный сигнал. Интервал между поверками – 1 год.

83279-21 Дифрактометры рентгеновские портативные «УРАН»

Сертификат действителен до 27.09.2026. Измерения угловых положений и интенсивностей дифракционных пиков, возникающих при воздействии сколламированного рентгеновского излучения на анализируемый объект при решении задач рентгенодифракционного и рентгеноструктурного анализа; определение уровня механических напряжений и деформаций



3 D - I N T E G R A T I O N

**системный интегратор
промышленных 3D-решений**

www.i3D.ru



Ручной лазерный 3D-сканер KSCAN MAGIC,

разработанный Scantech Co., Ltd. с учетом многолетнего опыта и наработок в области создания ручных высокоточных сканеров. KSCAN MAGIC создан для быстрой и точной оцифровки геометрии объектов с габаритами от 2 см до 10 м. Интегрированная фотограмметрическая система значительно расширяет область

сканирования и улучшает объемную точность при сканировании крупных изделий, а четыре режима работы позволяют комфортно сканировать различные объекты под разные задачи:

- 11 x 11 синих лазерных линий для быстрой оцифровки объектов;
- 7 параллельных лазерных линий для захвата высокодетализированных участков;
- 1 синяя лазерная линия для качественного сканирования отверстий и поднутрений;
- 11 параллельных инфракрасных линий для быстрой оцифровки крупногабаритных объектов.

- Высокоточный – 20 мкм + 30 мкм/м
- Точность с ФГ MSCAN L15 – 20 мкм + 15 мкм/м
- Быстрый – 1 350 000 точек/с
- Неприхотливый – невосприимчив к вибрациям, рабочая температура от –10 до +40 °С
- Решает широкий спектр задач, разрешение сканера варьируется от 10 мкм при сканировании с высокой детализацией до 1 мм при сканировании крупногабаритных объектов
- Зона сканирования может достигать 1440 x 860 мм в зависимости от режима сканирования
- Поддерживает функцию контактных измерений, точность измерений щупом составляет 30 мкм
- Визуализация оцифрованной геометрии в реальном времени
- Возможность сканирования блестящих и черных поверхностей без матирующего напыления
- Полностью русифицированное программное обеспечение
- Возможность осуществления контроля геометрии в «родном» ПО
- Бесплатные обновления ПО

Планируется внесение в реестр средств измерений РФ в 2022 году.

Автоматическая измерительная система для потокового контроля геометрии ScanTech AutoScan T42

предназначена для работы на конвейерах при пакетной проверке деталей. В зависимости от условий и требований заказчика AutoScan-T42 может быть построена на базе различных роботизированных систем. Обеспечивает универсальность решения под различные задачи для автоматизированного 3D-контроля на заготовках среднего и большого размера. Система построена на базе промышленных роботов со сканером TrackScan P42 и различными системами позиционирования деталей (поворотные столы, системы линейного перемещения),

установленными в защитной камере и управляемыми рабочей станцией. Возможны комплектации с различными роботами и системами перемещения, изготовленными под требования заказчика. Особенности ScanTech AutoScan T42:

- Запуск в один клик и простое программирование системы обеспечивает работу оборудования в автоматическом режиме 24/7
- Оптический трекер E-Track позволяет своевременно распознать пространственное положение сканера для точного сканирования
- AutoScan T22 обладает защитой от внешних помех для гарантированной работы и высокоточного контроля в сложных условиях
 - Автоматизированное сканирование в реальном времени с автоматическим созданием и сохранением отчетов по отклонениям на рабочей станции
 - Благодаря синхронизации движения объекта и движения сканера



AutoScan T42 обеспечивает точный и быстрый сбор данных

- Поддерживается работа с двумя трекерами E-Track

Оборудование успешно прошло испытания для внесения в реестр средств измерений РФ.

Портативный 3D-сканер SIMSCAN,

разработанный Scantech Co., Ltd., – самый компактный и точный ручной лазерный сканер на сегодняшний день. SIMSCAN позволяет оператору легко сканировать объекты разных размеров (от 2 см до 4 м), просто перемещая сканер вокруг объекта. Возможно совместное использование с системами фотограмметрии (MSCAN L15) при сканировании больших объектов для уменьшения накопленной погрешности, что улучшает точность сканирования.



Обладает тремя режимами работы, которые позволяют решать широкий спектр задач:

- 11 x 11 перекрестных синих лазерных линий для быстрой оцифровки объектов;
- 7 параллельных лазерных линий для захвата высокодетализированных участков;
- 1 синяя лазерная линия для качественного сканирования отверстий и поднутрений.

- Высокоточный – 20 мкм + 40 мкм/м
- Точность с ФГ MSCAN L15 – 20 мкм + 15 мкм/м
- Быстрый – более 2 000 000 точек/с
- Сверхлегкий – 570 г
- Компактный - 203 x 80 x 44 мм, способен работать в ограниченном пространстве
- Неприхотливый – невосприимчив к вибрациям, рабочая температура от –10 до +40 °С
- Визуализация оцифрованной геометрии в реальном времени
- Возможность сканирования блестящих и черных поверхностей без матирующего напыления
- Полностью русифицированное программное обеспечение
- Возможность осуществления контроля геометрии в «родном» ПО
- Бесплатные обновления

Планируется внесение в реестр средств измерений РФ в 2022 году.

в различных деталях и изделиях, в том числе в крупногабаритных.
Интервал между поверками – 1 год.

Измерения параметров потока, расхода, уровня, объёма веществ

82840-21 Установки поверочные газовые «Аврора»

Сертификат действителен до 26.08.2026.
Измерения, хранение, воспроизведение и передача единиц объёмного расхода и объёма, массового расхода и массы газа.
Интервал между поверками – 2 года.

82846-21 Расходомеры ультразвуковые ВЛТ-1

Сертификат действителен до 27.08.2026.
Измерения объёмного расхода и объёма жидкости или газа в напорных трубопроводах.
Интервал между поверками – 4 года.

82935-21 Расходомеры массовые Promass 83F

Сертификат действителен для зав. № С8093102000, С8092D02000.

Измерения массы и массового расхода нефтепродукта в составе системы измерений количества и показателей качества нефтепродукта № 1215.

Интервал между поверками – 1 год.

82978-21 Установка поверочная «КРЫМ-1М»

Сертификат действителен для зав. № 01.
Воспроизведение объёма и объёмного расхода воздуха.

Интервал между поверками – 2 года.

82989-21 Уровнемеры VAL.CO

Сертификат действителен для зав. № 1LT060, 2LT060, 1LT070, 2LT070, GBL5, TBL61, TBL62.
Измерения, контроль и непрерывные преобразования значений уровня жидкости в унифицированный выходной сигнал силы постоянного тока.

Интервал между поверками – 3 года.

83003-21 Счётчики холодной и горячей воды турбинные ТВС

Сертификат действителен до 15.09.2026.
Измерения объёма холодной питьевой воды и горячей сетевой воды в системах холодного и горячего водоснабжения в напорных трубопроводах.

Интервал между поверками – 6 лет.

83014-21 Установка трубопоршневая поверочная стационарная

Сертификат действителен для зав. № 4.
Воспроизведение, хранение и передача единиц объёма и объёмного расхода протекающей измеряемой среды (жидкости) при поверке, калибровке и градуировке преобразователей расхода (счётчиков жидкости) с электрическим импульсным выходным сигналом.

Интервал между поверками – 2 года.

83040-21 Измерители потенциалов ЗГАНС®

Сертификат действителен до 15.09.2026.
Измерения параметров электрохимической защиты металлических сооружений, представленных напряжением и силой постоянного тока.
Интервал между поверками – 2 года.

83157-21 Ротаметры BROOKS

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения объёмного расхода жидкостей и газов.
Интервал между поверками – 3 года.

83269-21 Расходомеры многофазные «Урал-МР»

Сертификат действителен до 27.09.2026.
Измерения параметров многофазных потоков: массового расхода скважинной жидкости и конденсата, массового расхода скважинной жидкости и конденсата без учёта воды, объёмного расхода свободного нефтяного газа, приведённого к стандартным условиям, и объёмного расхода растворённого нефтяного газа, приведённого к стандартным условиям, в составе нефтегазовой смеси.
Интервал между поверками – 4 года.

Измерения давления, вакуумные измерения

82946-21 Преобразователи давления измерительные Hitachi EPR-N8S

Сертификат действителен для зав. № 1191741, 1191742.

Преобразование значений давления в унифицированный электрический выходной сигнал постоянного тока.

Интервал между поверками – 2 года.

83072-21 Вакуумметры тепловые Televac

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения абсолютного давления негорючих газов.
Интервал между поверками – 1 год.

83205-21 Датчики давления

Сертификат действителен до 22.09.2026.
Непрерывные преобразования значений измеряемого параметра – избыточного давления (в том числе давления разрежения), абсолютного давления, разности давлений нейтральных и агрессивных газообразных и жидких сред – в унифицированный аналоговый выходной сигнал постоянного тока или напряжения и/или в цифровой выходной сигнал HART, UART, CAN, Modbus RTU, 1-Wire и/или в цифровое значение, отображаемое на встроенном дисплее. Датчики могут использоваться для определения уровня однородных жидкостей путём измерения гидростатического давления.

Интервал между поверками: для датчиков со значением приведённой погрешности 0,075% и меньше – 2 года; для датчиков со значением приведённой погрешности 0,1% и более – 3 года.

83257-21 Приборы контроля пневматические ПК

Сертификат действителен до 27.09.2026.
Измерения избыточного давления и показание значений сигналов пневматических датчиков и других устройств, выдающих унифицированные аналоговые сигналы в пределах 20...100 кПа. (0,2...1,0 кгс/см²), непрерывная запись этих сигналов; пневматическая или электрическая сигнализация предельных значений.
Интервал между поверками – 2 года.

83278-21 Измерители давления Testo 550

Сертификат действителен до 27.09.2026.
Измерения избыточного давления и температуры в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
Интервал между поверками – 2 года.

Измерения физико-химического состава и свойств веществ

82815-21 Генераторы аэрозолей ГРАНТ-А

Сертификат действителен до 26.08.2026.
Воспроизведение и передача единицы массовой концентрации аэрозолей серной кислоты и гидроксида натрия в воздухе (азоте) средствам измерений; являются рабочими эталонами 1-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах, утверждённой приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2315.
Интервал между поверками – 1 год.

82959-21 Газоанализаторы EX-TEC PM

Сертификат действителен до 27.09.2026.
Непрерывные измерения объёмной доли или до врывоопасной концентрации горючих газов, объёмной доли диоксида углерода, кислорода и вредных газов в воздухе рабочей зоны; сигнализация при достижении установленных пороговых значений.
Интервал между поверками – 1 год.

82961-21 Анализаторы жидкости Ohaus

Сертификат действителен до 27.09.2026.
Измерения pH, окислительно-восстановительного потенциала, удельной электрической проводимости, общего солевого содержания, солёности жидких сред, удельного сопротивления раствора и массовой концентрации растворённого в воде кислорода с одновременным измерением температуры и температурной компенсацией результатов измерений.
Интервал между поверками – 1 год.

83008-21 Детекторы токсичных и вредных газов GQ-AEC2232bX

Сертификат действителен до 15.09.2026.
Непрерывные автоматические измерения объёмной доли диоксида азота и аммиака в воздухе рабочей зоны.
Интервал между поверками – 1 год.

83059-21 Газоанализаторы MOCOS

Сертификат действителен до 15.09.2026.
Измерения объёмной доли кислорода (O₂) и углекислого газа (CO₂) при контроле состава газа в упаковках с модифицированной газовой средой.
Интервал между поверками – 1 год.

83098-21 Газоанализаторы универсальные «Эколаб плюс»

Сертификат действителен до 22.09.2026.
Автоматические измерения концентрации химических веществ в атмосферном воздухе, в воздухе рабочей зоны, в закрытых (замкнутых) и жилых помещениях, в промышленных помещениях и открытых пространствах промышленных объектов, в вентильных выбросах, в технологических процессах и в промышленных выбросах в целях санитарно-эпидемиологического благополучия, охраны окружающей среды, охраны труда, промышленной безопасности и оптимизации технологических процессов.
Интервал между поверками – 1 год.

83111-21 Газоанализаторы Rosemount 928

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Непрерывные измерения объёмной доли оксида углерода, кислорода и сероводорода; сигнализация о достижении заданных пороговых значений и передача измерительной информации внешним устройствам при помощи беспроводной технологии WirelessHART®.
Интервал между поверками – 1 год.

Новая координатно-измерительная машина (КИМ) консольного типа с ЧПУ

Mitutoyo MiSTAR 555

За свой 50-летний опыт в производстве КИМ инженеры компании Mitutoyo смогли объединить в MiSTAR 555 лучшие характеристики современных измерительных контактных систем:

- Широкий диапазон гарантированной точности 10–40 градусов.
- Компактность конструкции и удобство ее использования.
- Возможность установки КИМ в производственном помещении за счет защищенного от пыли корпуса.
- Не требует установки климатической системы, компрессора и системы подготовки сжатого воздуха, отсутствует необходимость в подводе специальных коммуникаций.
- Возможность подключения и настройки обратной связи со сторонним оборудованием, системами подачи, робототехникой и системами безопасности.

Отличное решение для автоматизации контроля геометрии деталей на вашем производстве без значительных затрат.

Оборудование внесено в реестр СИ под номером 83440-21.



Это и многое другое оборудование доступно для проведения измерений в демонстрационном центре компании ООО «Митутойо РУС».

Ждем вас по адресу:

г. Москва, Шарикоподшипниковская ул., д. 13, стр. 5.

● +7 (495) 54-54-390

● www.mitutoyo.ru

83117-21

Преобразователи точки росы/иней ДТР

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Непрерывные измерения температуры точки росы/иней в неагрессивных газовых средах.
Интервал между поверками – 1 год.

Теплофизические и температурные измерения

75042-19

Тепловизоры инфракрасные стационарные InfraTec мод. VarioCAM HD head, VarioCAM HDx head

Сертификат действителен до 24.05.2024.
Проведение комплексных тепловизионных измерений: автоматическое распознавание температур и сигнализация, получение цифровых изображений в реальном масштабе времени через интерфейс GigE, онлайн-обработка тепловизионных данных и др. в зависимости от комплектации в лабораторных условиях и на производстве.
Интервал между поверками – 1 год.

82819-21

Преобразователи термoeлектрические 214С

Сертификат действителен до 26.08.2026.
Измерения температуры в диапазоне –196 °С... +1200 °С в жидких и газообразных средах, не разрушающих их защитную арматуру, во взрывобезопасных и взрывоопасных зонах.
Интервал между поверками – 2 года.

82948-21

Термометр сопротивления платиновый эталонный ПТС-10М

Сертификат действителен для зав. № 2927.
Измерения температуры жидких и газообразных сред при поверке и калибровке средств измерений температуры.
Интервал между поверками – 2 года.

83060-21

Камера тепловизионная FLIR X6530sc

Сертификат действителен для зав. № 66600029.
Неконтактные измерения пространственного распределения температуры поверхностей объектов по их собственному тепловому излучению.
Интервал между поверками – 1 год.

83087-21

Преобразователи измерительные температуры «Автон А555»

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения температуры жидких и газообразных неагрессивных сред.
Интервал между поверками – 3 года; для преобразователей с верхним пределом диапазона измерений температуры +300 °С – 2 года.

83102-21

Преобразователи термoeлектрические ТС01

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения температуры сред, не агрессивных к материалу защитных гильз.
Интервал между поверками – 2 года.

83124-21

Регистраторы температуры и относительной влажности беспроводные InkBird IBS-TH1

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения, регистрации и мониторинг температуры и относительной влажности окружающей среды.
Интервал между поверками – 2 года (без использования измерительного канала относительной влажности), при использовании измерительных каналов температуры и относительной влажности – 1 год.

83148-21

Счётчики тепла RHCS-15

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения объёмного расхода (объёма), температуры, разности температур теплоносителя; измерения текущего времени в автономном режиме в закрытых системах тепло- и водоснабжения, вычисление количества тепловой энергии и отображение тепловой мощности.
Интервал между поверками – 4 года.

Измерения электротехнических и магнитных величин

82813-21

Антенны широкополосные измерительные рупорные П6-421, П6-421М

Сертификат действителен до 26.08.2026.
Преобразование плотности потока энергии электромагнитного поля в высокочастотную мощность; измерения плотности потока энергии электромагнитного поля и плотности потока

энергии электромагнитного поля в комплекте с измерительными приёмными устройствами (измерительным приёмником, селективным микровольтметром, анализатором спектра, ваттметром поглощаемой мощности); возбуждение электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии в комплекте с генераторами сигналов.
Интервал между поверками – 2 года.

▶ **82814-21**
Установки контроля электрического монтажа «ЛИАНА В»

Сертификат действителен до 26.08.2026.
Измерения и воспроизведение напряжения постоянного и переменного тока, измерения электрического сопротивления постоянному току, электрической ёмкости, электрического сопротивления изоляции; испытание электрической прочности изоляции электрических цепей.
Интервал между поверками – 2 года.

▶ **82839-21**
Контроллеры программируемые логические BRIC

Сертификат действителен до 26.08.2026.
Измерения выходных аналоговых сигналов от первичных измерительных преобразователей, силы постоянного тока, дискретных сигналов в виде импульсов; на основе получаемой измерительной информации выдача управляющих воздействий в аналоговой и дискретной форме.
Интервал между поверками – 1 год.

▶ **82848-21**
Комплексы измерительно-вычислительные ИВК ТЭЛ

Сертификат действителен до 30.08.2026.
Измерения силы постоянного электрического тока, счёт импульсов, передача, обработка, хранение и представление полученной измерительной информации.
Интервал между поверками – 4 года.

▶ **82898-21**
Аппаратура измерения наведённых токов АИИТ-001

Сертификат действителен для зав. № 001.

Реестр подготовила Е.А. Ремнёва

Измерения силы постоянного и переменного тока.
Интервал между поверками – 1 год.

▶ **83061-21**
Делитель напряжения универсальный УДН-4

Сертификат действителен для зав. № 47575.
Масштабные преобразования напряжений переменного и постоянного тока, стандартизованных коммутационных и грозовых импульсов напряжения; передача преобразованных сигналов приборам измерения.
Интервал между поверками – 2 года.

▶ **83082-21**
Устройства контроля монтажа БИВК-МН

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения напряжения постоянного тока, сопротивления постоянному току, электрической ёмкости и воспроизведение напряжения и силы постоянного тока.
Интервал между поверками – 1 год.

▶ **83137-21**
Счётчики электрической энергии однофазные серии РИМ 189

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения (в зависимости от модификации) активной и реактивной электрической энергии; мощности (активной, реактивной, полной) в однофазных двухпроводных электрических цепях переменного тока промышленной частоты, среднеквадратического значения фазного напряжения, среднеквадратического значения тока фазного провода, среднеквадратического значения тока нулевого провода, частоты сети, коэффициента мощности $\cos \phi$, коэффициента реактивной мощности $\operatorname{tg} \phi$, удельной энергии потерь в линии.
Интервал между поверками – 16 лет.

▶ **83461-21**
Трансформаторы тока 4МС7033 ЗЕК

Сертификат действителен для зав. № 5/04197 01, 05/04197 02, 05/04197 03, 05/04197 04.
Преобразование переменного тока в электрических цепях с целью передачи сигнала измерительной информации средствами измерений, устройствам

защиты, автоматики, сигнализации и управления в электрических установках переменного тока. частотой 50 Гц.
Интервал между поверками – 16 лет.

Радиотехнические и радиоэлектронные измерения

▶ **83053-21**
Устройство для измерения коэффициента передачи модуляции (станция для контроля качества оптических систем) ImageMasterUniversalINF 3000 200

Сертификат действителен для зав. № 09–208–0074.
Измерения коэффициента передачи модуляции объективов различного применения, работающих в видимом диапазоне длин волн излучения.
Интервал между поверками – 2,5 года.

▶ **83062-21**
Приёмники измерительные N9048B

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения параметров промышленных помех, измерения и визуальное наблюдение составляющих спектра радиотехнических сигналов.
Интервал между поверками – 1 год.

▶ **83069-21**
Измерители модуляции СКЗ-50/2

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения параметров амплитудной, частотной и фазовой модуляции.
Интервал между поверками – 2 года.

▶ **83084-21**
Осциллографы цифровые MS06B

Сертификат действителен до 20.09.2026.
Измерения и анализ амплитудных и временных параметров электрических сигналов.
Интервал между поверками – 1 год.

Росстандарт возобновил деятельность научно-технической комиссии по метрологии и измерительной технике. Заседание комиссии в обновленном составе прошло в формате видеоконференц-связи.

В состав участников заседания вошли делегаты научно-исследовательских организаций Минобороны РФ, метрологической службы МВД России, государственных метрологических институтов ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», ФГБУ «ВНИИМС», ФГУП «ВНИИФТРИ», ФГУП «ВНИИОФИ», региональных центров стандартизации, метрологии и испытаний Росстандарта, а также центрального аппарата ведомства. Заместитель руководителя Росстандарта Евгений Лазаренко сообщил о подключении к работе комиссии представителей ГК «Ростех» и ГК «Роскосмос».

На заседании комиссии подведены итоги деятельности метрологических институтов Росстандарта по совершенство-

Заседание научно-технической комиссии по метрологии и измерительной технике

ванию базы государственных первичных эталонов единиц величин (ГПЭ) в целях повышения точности воспроизведения и передачи единицы основным потребителям – предприятиям и организациям ведущих отраслей российской экономики. Участники заседания дали положительную оценку представленным институтами работам по совершенствованию эталонной базы в области электрических, геометрических, оптико-физических, теплофизических и температурных измерений, измерений времени и частоты, радиотехнических и радиоэлектронных величин, величин давления, ионизирующих излучений и пр.

«Совершенствование государственных первичных эталонов в целях их соответствия актуальным требованиям точности и надежности – одна из ключевых задач деятельности Росстандарта, с уче-

том того что их основной объем дислоцируется в наших метрологических институтах. В число задач государственной важности входит разработка новых и модернизация существующих ГПЭ для поддержания их характеристик на уровне первичных эталонов самых передовых лабораторий мира», – отметил Евгений Лазаренко.

Участники заседания заслушали и обсудили предложения о внесении изменений в Порядок установления и изменения интервала между поверками средств измерений в части увеличения интервалов между поверками после завершения действия утвержденного типа по результатам проведенных ресурсных испытаний, а также перспективы изменения значений интервалов между поверками и расширения номенклатуры средств измерений.

<https://www.rst.gov.ru/>



Под знаком Года науки и технологий...

В.И. Матвеев

Прошедшая осень была богата на выставочные мероприятия. Состоялись Международный форум и выставка «МетролЭкспо-2021» на ВДНХ, Российская промышленная неделя в ЦВК «Экспоцентр», NDT Russia 2021 и Testing&Control 2021 в МВЦ «Крокус Экспо». Несмотря на то что выставки прошли «кучно» и вопреки ковидным ограничениям в целом, участники и посетители остались довольны результатами. Все-таки живое общение не заменить самыми продвинутыми формами онлайн-общения.

«МетролЭкспо-2021»

С 8 по 10 сентября в Москве на ВДНХ проходил Международный форум и выставка «МетролЭкспо-2021» — ключевое событие года в сфере метрологии с участием более 500 специалистов, в рамках которого состоялось 13 мероприятий деловой программы, в том числе Всероссийский съезд метрологов. Информационным партнером форума и выставки выступило РИА «Стандарты и качество».

На выставочной площадке более 30 отечественных производителей средств измерений представили новейшие разработки и современное оборудование, технологии и сервисы. В качестве экспонентов выступили ведущие российские приборостроители, научные метрологические институты, центры стандартизации, метрологии и испытательные системы Росстандарта.

Основными темами деловой программы форума стали современное импортонезависимое приборостроение на основе отечественной компонентной базы, производство средств измерений, эталонов и стандартных образцов. Эти и другие актуальные вопросы эксперты обсудили в форматах открытых дискуссий и круглых столов.

Открывая пленарное заседание, посвященное вопросам импортозамещения измерительного оборудования, заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации А.А. Учёнов отметил, что эталонная база России, основу которой составляет 160 государственных первичных эталонов, является одной из лучших в мире. Наши эталоны не уступают, а во многом и превосходят зарубежные импортные аналоги. Он рассказал о большой работе, которая была

проведена Минпромторгом России совместно с Росстандартом в рамках реализации «Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 г.» по разработке и утверждению «Перечня средств измерений отечественного производства», которые по своим характеристикам аналогичны средствам измерений импортного производства. «Данный перечень послужил основой разработанного Плана импортозамещения средств измерений. Необходимо отметить, что уже утверждены 23 таких плана по различным отраслям промышленности, утверждение Плана импортозамещения измерительной техники планируется до конца текущего года», — пояснил Учёнов.

Модератор пленарного заседания, руководитель Росстандарта А.П. Шалаев в своем выступлении сказал, что Российская

Ключевые слова: Всероссийский съезд метрологов, Российская промышленная неделя, неразрушающий контроль и техническая диагностика, деловая программа.

Keywords: All-Russian Congress of Metrologists, Russian Industrial Week, non-destructive testing and technical diagnostics, business program.

Федерация по праву является одним из лидеров в области мировой метрологии. По итогам 2020 года наша страна заняла первое место в мире по числу измерительных и калибровочных возможностей, зарегистрированных в Международном бюро мер и весов и признаваемых мировым сообществом. Мы опередили Китай, США, Германию. В свою очередь, отечественные производители измерительного оборудования обладают необходимыми компетенциями и промышленными мощностями для удовлетворения потребностей промышленности в самых точных, качественных и достоверных измерениях. В своем докладе руководитель Росстандарта остановился на задачах развития производства отечественных средств измерений.

С докладами выступили также **Т.Ф. Мамлеев**, начальник ФГБУ «Главный научный метрологический центр» Минобороны России, **В.М. Шорин**, генеральный директор компании «РТ-Техприемка» госкорпорации «Ростех», **А.Н. Пронин**, руководитель ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, **А.Н. Лоцманов**, первый заместитель председателя комитета РСПП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия, **Г.П. Воронин**, президент Всероссийской организации качества, главный редактор журнала «Стандарты и качество».

Завершилось пленарное заседание церемонией подписания соглашения о сотрудничестве между РИА «Стандарты и качество» и Росстандартом.

В церемонии участвовали **А.П. Шалаев** и **Г.П. Воронин**. Подписанты выразили уверенность в том, что это сотрудничество будет не только взаимовыгодным, но и благотворно отразится на каче-



Договор о сотрудничестве между Росстандартом и РИА «Стандарты и качество» подписывают А.П. Шалаев (справа) и Г.П. Воронин

стве продукции и конкурентном потенциале российских предприятий.

Более подробно с материалами форума можно ознакомиться на сайте РИА «Стандарты и качество» (https://ria-stk.ru/news/index.php?ELEMENT_ID=203286).

Российская промышленная неделя – 2021

С 18 по 21 октября в Москве в ЦВК «Экспоцентр» состоялась Российская промышленная неделя. В церемонии открытия приняли участие **В.М. Кононов**, заместитель председателя комитета Госдумы по науке и высшему образованию, **А.А. Учёнов**, заместитель министра промышленности и торговли России, **Г.Я. Красников**, академик РАН, председатель совета

директоров АО «Микрон», **С.В. Салихов**, первый проректор НИТУ «МИСиС», и др. Выступавшие отмечали, что мероприятие проходит под знаком Года науки и технологий, поэтому особое внимание и интерес вызывают компании, которые могут предложить рынку высокотехнологичную продукцию.

И надо отметить, что многим участникам международного промышленного форума «Территория NDT (Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика)», который прошел в рамках Российской промышленной недели, было что показать потребителям. Форум стал важной площадкой для продуктивного диалога заинтересованных сторон и демонстрации новейших достижений и разработок в области неразрушающего контроля, технической диагностики, мо-

А.Г. Вялкин, генеральный директор АО «Экспоцентр»:

Поддержке отечественных изобретателей, молодых ученых, продвижению их разработок в «Экспоцентре» придают особое значение. С этой целью на крупных отраслевых выставках применяются новые форматы работы, такие как создание «стартап-зон», которые формируются при поддержке институтов развития, таких как «Сколково», а также Минпромторга России и отраслевых союзов. Через новые форматы работы с нашими экспонентами, через возможности, которые мы хотим им предложить, набирая целевую группу партнеров, потенциальных инвесторов, потенциальных потребителей новых технологий, мы стремимся эту линейку расширить, чтобы наука и производство вышли на новый уровень взаимодействия.



нитинга состояния и оценки ресурса. Основные тематические направления: неразрушающий контроль и дефектометрия, исследование физико-механических свойств, встроенный контроль и мониторинг технического состояния, анализ структуры и коррозионного состояния, техническое диагностирование и прогнозирование ресурса.

Выставка оборудования и технологий в рамках форума объединила более 60 компаний – разработчиков и поставщиков российских и зарубежных брендов, сервисные учебные и сертификационные центры, вузы, НИИ, специализированные издания. Экспозицию посетили более 3800 специалистов и экспертов. Профессиональный состав посетителей – руководители предприятий, начальники испытательных, исследовательских лабораторий и лабораторий неразрушающего контроля, специалисты отделов технического контроля, эксперты в области промышленной безопасности.

На пленарном заседании форума был заслушан ряд докладов: «О перспективных направлениях диагностики магистральных газопроводов и трубопроводов компрессорных станций», «Методы неразрушаю-

щего контроля и технические средства антитеррористической диагностики» и др.

Также прошла серия круглых столов по основным темам, которые важны для специалистов в области НК и ТД.

Интересная программа была предложена для молодых специалистов, аспирантов и студентов. Это всероссийский конкурс «Новая генерация – 2021», на котором были представлены выпускные работы студентов и магистрантов, и Молодежная научно-техническая конференция, целью которой является встреча, обмен опытом и оценка достижений молодых научных сотрудников, аспирантов и студентов, работающих в областях, связанных с разработкой и применением технологий неразрушающего контроля, технической диагностики, мониторинга состояния и оценки ресурса.

Многие компании предложили вниманию посетителей обширные экспозиции, на которых было представлено новейшее оборудование, использующее практически все основные методы неразрушающего контроля. Так, ООО «Константа» представила

широкий спектр специализированных толщиномеров металлических и диэлектрических покрытий всех типов, электроискровых дефектоскопов диэлектрических покрытий, приборов комплексного контроля электрофизических и геометрических характеристик покрытий, твердомеров металлов, ультразвуковых толщиномеров стенок металлических и неметаллических изделий, ультразвуковых преобразователей для толщинометрии, дефектоскопии и расходомерии, измерителей удельной электропроводности, вихревых дефектоскопов и многое другое. Оборудование компании поступает в три десятка стран Европы, Северной и Южной Америки, а также Азии и Африки.

Всемирно известная российская компания «Акустические контрольные системы» (АКС) в очередной раз демонстрировала целый спектр современных средств неразрушающего контроля, основанных на использовании достижений акустики, и прежде всего ультразвука. Разработки компании нашли широкое применение почти во всех отраслях промышленности многих стран.

Другая известная компания, ЗАО «НПЦ «ЭХО+», специализируется на разработке систем автоматизированного ультразвукового контроля, сканеров, дефектоскопов, призм на фазированных решетках, программного обеспечения. Ультразвуковые дефектоскопы и системы неразрушающего контроля ЗАО «НПЦ ЭХО+» позволили реализовать процессы импортозамещения практически в полном объеме. При этом продукты и услуги компании востребованы не только в России, но и за рубежом – в Финляндии, Швеции, Индии, Армении, Украине, Белорус-

П.Г. Карташев,
директор по продажам ООО «Диагностика-М»

«Диагностика-М» – постоянный участник выставки NDT Russia. В этом году большой интерес у представителей профессионального сообщества вызвали разработанные специалистами нашего предприятия источники рентгеновского излучения с микронным размером фокусного пятна, а также сканирующие системы, работающие с использованием плоскочастотных и линейных детекторов.

В ходе выставки несколько компаний уже проявили интерес к созданию нового оборудования для промышленной томографии и контроля микроэлектроники с использованием разработок «Диагностики-М». В целом, невзирая на уменьшение потока посетителей из-за строгих санитарных ограничений, участие в NDT Russia для «Диагностики-М» в очередной раз оказалось успешным.

сии. Основными заказчиками компании являются атомные электростанции, предприятия нефтегазовой отрасли, машиностроения и металлургии, где аварии могут привести к колоссальным трагическим последствиям, поэтому крайне важно получать своевременную оценку степени опасности возникающих дефектов.

С оригинальными разработками можно было ознакомиться на стенде компании ООО «Тессоникс». В основу технических решений были положены собственные оригинальные разработки в области современных УЗ-технологий, включающих сверхскоростные алгоритмы по формированию и обработке цифровых акустических изображений с использованием принципов искусственного интеллекта. На этих основах разработана уникальная ультразвуковая платформа F2, используемая для контроля качества точечных сварных соединений и клеевых соединений любых типов.

Компания ООО «Константа УЗК» демонстрировала новые образцы ультразвуковой техники широкого применения, а также различные аксессуары в виде преобразователей, кабелей, контрольных образцов и т.п. Так, ультразвуковой дефектоскоп УД9812 «Уралец»

применяется для ручного неразрушающего контроля изделий из различных материалов (металлы, пластмассы, стекло, керамика, композиты) на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности материала.

На стенде компании «Олимпас Москва» можно было ознакомиться с флагманом ультразвуковой линейки оборудования – дефектоскопом на фазированных решетках OmniScan X3. Этот прибор позволяет собирать данные как в режиме УЗК ФР, так и с помощью полного или частичного захвата матрицы (FMC/TFM). Кроме того, дефектоскоп позволяет не только находить дефекты, но и проводить оценку их размеров с помощью специальных функций, недоступных другим приборам этого класса.

Существенную роль в современной диагностике конструкций играет метод акустической эмиссии. Ряд компаний представили свои версии реализации данного метода. Так, компания «Интерюнис-ИТ» представила две новые модификации подобных устройств: A-Line DS-1 – новый тип многоканальных акустико-эмиссионных измерительных комплексов с высокоскоростной цифровой передачей первичных данных – и акустико-эмиссионный комплекс A-Line

DDM-2 – второе поколение многоканальных модульных комплексов сбора и обработки АЭ-информации распределенного типа с последовательным высокоскоростным цифровым каналом передачи данных.

Радиационный метод неразрушающего контроля традиционно используется при диагностике во многих сферах человеческой деятельности. ООО «Мелитэк», официальный представитель производителя рентгенодиагностического оборудования North Star Imaging (США) на территории РФ и СНГ, представил образцы рентгеновской компьютерной томографии (КТ) как неразрушающего метода визуализации внутренней структуры объектов с разрешением до сотен нанометров.

Томский политехнический университет познакомил посетителей с приоритетными результатами, достигнутыми в области создания и производства различных типов малогабаритных циклических индукционных ускорителей электронов – бетатронов – как источников излучения для неразрушающего контроля, медицины и досмотровых систем. Исследования в области создания бетатронов обеспечивают университету мировую известность. Начиная с 2017 года специалисты университета занимаются разработкой автоматизированных и роботизированных комплексов обеспечения качества. По заказам промышленных партнеров создан ряд систем контроля качества, в том числе и крупногабаритных объектов со сложной геометрией.

В этой статье можно было бы рассказать о каждой компании – участнице экспозиции, каждая из них закрывает важные потребности отечественного рынка измерительных приборов.

NDT Russia 2021 и Testing&Control 2021

Выставки NDT Russia 2021 и Testing&Control 2021 прошли почти в те же сроки, что и Российская промышленная неделя, – с 26 по 27 октября. Место проведения – МВЦ «Крокус Экспо». В их работе приняли участие более 100 компаний. По мнению организатора выставок – Международной выставочной компании, – объединение двух выставочных экспозиций позволило посетителям шире ознакомиться с комплексом оборудования для проведения испытаний и измерений, увидеть в действии новинки российского рынка, подобрать оборудование и приборы, подходящие под решение задач предприятий большинства отраслей российской промышленности.

Мероприятие прошло при поддержке Минпромторга России, госкорпорации «Роскосмос», АНО «Российская система качества», Росстандарта, ФГУП ГосНИИ ГА, ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», ФГУП «ВНИИМС». Впервые поддержку деловой программе оказало ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ».

В выставке приняли участие производители и поставщики испытательного, измерительного, метрологического оборудования, которые представили свои технологические новинки, позволяющие комплексно решать вопросы обеспечения испытаний и измерений на промышленных предприятиях.

Среди участников такие ключевые игроки российского рынка измерительного и метрологического оборудования, как 3D Control, «Акустические контрольные системы», «Информтест», «Диполь», «Глобалтест», «Лабораторные решения», Mitutoyo, «Метротест», «Мелитэк», «Остек», «Пергам Инжиниринг» и др.



В этом году выросло число посетителей и их состав изменился в сторону тех, кто пришел с конкретными целями найти новых поставщиков и завязать конкретные деловые отношения.

В рамках выставок была подготовлена обширная деловая программа. Так, участники и посетители Testing&Control имели возможность принять участие в VII Всероссийской научно-технической конференции «Измерения. Испытания. Контроль», которая была ориентирована на специалистов и руководителей промышленных предприятий – заказчиков испытательного и контрольно-измерительного оборудования, сотрудников научно-исследовательских институтов, а также независимых лабораторий.

Началась конференция со стратегической сессии «Измерения, испытания, контроль: ключевые задачи развития», продолжили ее специальная сессия госкорпорации «Роскосмос» «Метрология, измерения и испытания в ракетно-космической отрасли», авиационная сессия «Стандартизация и совершенствование работ по обеспечению единства измерений и метрологии – основные драйверы эффективного развития деятельности авиационной промышленности», технологическая сессия «Метрологическое обеспечение производства в условиях цифровой трансформации» и специальная сессия ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». Подробнее о кон-

ференции в этом номере можно узнать на стр. 8–9.

Заключение

Осенние выставки показали высокий уровень современных технических средств в области измерительного оборудования, а также подготовки и аттестации специалистов в этой области. Во время их проведения в рамках деловых программ ученые, специалисты, управленцы, приборостроители получили возможность обсудить важные вопросы, которые волнуют профессиональное сообщество, представить свою продукцию, обновить партнерские связи и завязать новые контакты.

МИ



**Владимир
Иванович
Матвеев**

кандидат
технических наук,
заведующий
сектором ЗАО «НИИ
интроскопии МНПО

«Спектр», г. Москва

Vladimir Ivanovich Matveev
candidate of Engineering sciences,
Head of the Sector, CJSC Research Institute of
Introspecty, INGO SPEKTR,
Moscow City

Abstract

The past autumn was rich in exhibition events. The International Forum and Exhibition MetrolExpo 2021 at VDNKh, the Russian Industrial Week at the Expocentre Fairgrounds, NDT Russia 2021 and Testing & Control 2021 at the Crocus Expo IEC. Despite the fact that the exhibitions were held "in a heap" and despite the COVID-related restrictions, on the whole the participants and visitors were satisfied. Still, live communication cannot be replaced by the most advanced forms of online communication.

Е.Н. Юстова: «Странная наука, в которой измерительный прибор – наш глаз...»

Е.Б. Гинак, О.Ю. Тюшевская



Елизавета Николаевна Юстова (1910–2008) была уверена, что настоящему ученому всё равно, что с ним делают в обществе, ведь для него радость в самой науке – когда удается эксперимент, когда на двух полях колориметра исчезает граница между цветами. Более полувека она отдала служению науке, сделав на этом долгом пути немало открытий, плодами которых мы все пользуемся сегодня.

Случайное попадание

Елизавета Николаевна Юстова – советский и российский ученый, крупный специалист в области колориметрии, доктор технических наук, почетный член Метрологической академии, родилась 29 октября 1910 года в Варшаве, которая в то время входила в состав Российской империи, в семье профессора ветеринарного института.

С 1914 по 1928 год семья проживала в Рязанской губернии, в маленьком городке Зарайске, а затем переехала в Ленинград. После окончания школы вопросов о дальнейшем жизненном пути у Елизаветы не стояло: девушка поступала на химический факультет Ленинградского государственного университета (ЛГУ). Но поступила не сразу. Сначала, несмотря на успешную сдачу вступительных экзаменов, ее не приняли. Вот как она сама вспоминала об этом:

«Я сидела у окна печальная, смотрела на камни, лежащие на земле под окном, и думала: «Хоть убейся!» В таком виде меня и нашел отец. В приемной комиссии мне сказали, что я «завалила» эк-

замены на химический факультет. Тогда на самую модную специальность брали только детей из рабоче-крестьянских семей, а меня, девочку из семьи ученого, при поступлении срезали на политэкономии.

Мой отец, уважаемый профессор, пошел к председателю комиссии и сказал фразу из Александра Грибоедова: «Что за комиссия, создатель, быть взрослой дочери отцом!» Что было дальше, я не знаю, но меня все-таки зачислили, правда, вместо химии на физику. А в колориметрию я вообще попала случайно».

Намного позже она поняла, что ее путь в колориметрию был предопределен. Всего через три года учебы, еще до окончания университета, Юстова вместе со своими подругами пришла на работу в Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова (ГОИ), в лабораторию ученого-оптика Г.Н. Раутиана. Глеб Николаевич был известным советским специалистом в области оптики, автором работ по проблемам колориметрии и конструкций оптических приборов. Именно он в институте совместно со своей супругой в двадцатых годах прош-

лого столетия создал цветовую лабораторию. Колориметрия как наука в то время только начала развиваться, специалистов еще не было, а запрос на них уже был.

Главным колориметристом в то время в СССР считался Н.Д. Нюберг – математик, физик, биофизик, поэт, переводчик, основатель математической, или, говоря иначе, математизированной колориметрии. Николай Дмитриевич и стал научным руководителем Елизаветы Юстовой.

«Как оказалось, сначала меня взяли к нему работать, чтобы Нюберга кто-нибудь слушал, когда его «несло». Гениального ученого и по-житейски умного человека, когда он начинал говорить, дослушать до конца не мог никто, даже я от него физически уставала. Потом мы сдружились, и я ему говорила: «Николай Дмитриевич, я больше не могу. Вы меня совсем заговорили!»

Мы с Нюбергом работали вместе... Я его считала гением. Мне хотелось объяснить всем, что такое цвет и откуда он берется. И вместе мы смогли сделать это. Мы решили классическую задачу – выяс-

Ключевые слова: Е.Н. Юстова, колориметрия, таблицы для проверки цветового зрения Юстовой.
Keywords: E.N. Yustova, colorimetry, tables for testing Yustova's color vision.

нили и определили спектральную чувствительность и цветовые координаты приемников цвета в человеческом глазу. Нюберг разработал теорию полиграфической репродукции, принцип подбора цвета в промышленности», – писала Елизавета Николаевна в своем дневнике. Николай Дмитриевич оказал влияние на ее дальнейшую научную деятельность, так, он принимал активное участие в работе Постоянной колориметрической комиссии при ВНИИМ и не без его влияния были начаты работы по созданию образцового 1000-цветного атласа.

Следующий шаг – колориметрическая лаборатория ВНИИМ

В ГОИ в лаборатории Раутиана Юстова трудилась до начала войны и после её окончания. Однако значительную часть своего диссертационного исследования по цветовой адаптации глаза она выполнила под руководством проф. П.М. Тиходеева во ВНИИМ, где училась в аспирантуре.

Во время блокады Ленинграда Елизавета Николаевна, находясь в эвакуации, работала в Астрофизической лаборатории Елабужского филиала ЛГУ.

В 1951 году вновь вернулась во ВНИИМ, где сначала в фотометрической лаборатории, а затем в оптической провела обширные исследования точности цветовых измерений. В 1966 г. Юстова организовала и возглавила лабораторию колориметрии, задачей которой было достижение метрологической точности измерения цвета отражающих и прозрачных материалов, т. е. колориметрии цветового тела.

«Ни в какой другой науке не было такой путаницы, как в колориметрии: это дисциплина на стыке наук. Физики, математики, био-

логи, физиологи – все объясняли взаимодействие глаза и цвета со своей колокольни. Даже психологи приложили сюда руку, говоря, что цвет – это психологический эффект восприятия. Проблема восприятия цветов, их различения – это все колориметрия. В колориметрии приходится идти одновременно в двух направлениях – изучать и глаз, и цвет. Перспективы колориметрии – это физическое исследование глаза», – рассказывала Юстова.

Она также говорила, что колориметрия ей вначале не понравилась. Но нелюбовь с первого взгляда бывает очень продуктивной. И уже через непродолжительное время она не представляла своей жизни без этой науки.

«В классической науке считается верным только то, что измерено инструментально. А колориметрия – единственная физико-математическая дисциплина, которая построена на ощущениях. Все приборы, работающие в рамках ее, тестируются глазами. Главный измерительный прибор колориметрии – это человеческий глаз, в котором рождается цвет. Именно восприятие человека превращает линейные волны разной длины в трехмерный цветовой вектор. Проще говоря, физические приборы видят только волны. Человек видит синий, зеленый и красный цвета, но каждый видит по-разному. Человек легко поддается внушению, и его субъективные ощущения могут адаптироваться, ставя под сомнение научность и точность измерений», – говорила она.

То, что мы ощущаем как цвет, представляет собой комбинированное воздействие: спектрального распределения светового потока из дающего энергию источника света; физических и химических свойств материалов, пропускающих или отра-



Н.Д. Нюберг

жающих световой поток; физиологической реакции глаза на световой поток, включающей в себя нервные импульсы, передаваемые в ту часть коры головного мозга, которая отвечает за зрение и переработку нашим мозгом этих сигналов в сочетании с сигналами из соседних областей поля зрения, нашими воспоминаниями о сходных ситуациях [1].

Это верно, но для того, чтобы теория цвета стала продуктивной, необходимо развить и углубить, связать с фактами модель каждого из уровней цветовосприятия. В конце прошлого столетия были проведены эксперименты по выяснению природы цветного зрения, в частности – для установления происхождения различных видов дальтонизма [2] и предполагаемых методов его терапии. В это же время среди исследователей природы и механизма цветовосприятия была активная конкуренция: кто первым выявит в сетчатке глаза наличие трех типов колбочек?

От «субъективной» цветовой шкалы – до государственного эталона

В Советском Союзе в то время у каждого промышленного пред-

приятая была своя, «субъективная», цветовая шкала. Были шкалы промышленных цветов – шкала для металла, для бумаги, для каждого производства. Всё это тщательным образом проверялось [3]. Было необходимо добиться унификации колориметрических приборов в стране. Елизавета Николаевна смогла блестяще решить эту сложную задачу, создав «эталон цвета» – государственный образец, основанный на спектральном измерении. Вот как она сама писала об этом:

«В 1976 году я создала «эталон цвета» – государственный эталон, основанный на спектральном измерении. Теперь нужен был атлас. Атлас цветов – это великая вещь. Это систематизация цветов: цвет имеет координаты, определяющиеся чувствами, – светлота, насыщенность и так далее. В атласе 1000 цветов, все должны идеально соответствовать эталону. Были атласы шведские, немецкие, английские. Мы сделали свой. Я добилась покупки краскотерок, разработки стойких пигментов, помню, покупала 11 килограммов пигмента. Мы распространили 7 экземпляров атласа в страны СЭВ».

И сегодня используются таблицы проверки цветового зрения (тест на дальтонизм), созданные Юстовой. Уникальный отечественный атлас стандартных образцов цвета был утвержден в качестве единой меры цвета в СССР и странах – членах СЭВ. В настоящее время атлас стандартных образцов цвета хранится во ФГУП «ВНИИОФИ», держателе Государственного первичного эталона единиц координат цвета и координат цветности. По словам хранителя эталона Т.Б. Горшковой, ведущего специалиста Научно-исследовательского отделения фотометрии, колориметрии, спектрофотометрии и радиометрии некогерент-

ного оптического измерения института, за период с 1976 года по настоящее время численные значения координат цвета и координат цветности, приписанные каждому образцу цвета, входящему в атлас, остались неизменными. За проведенную работу Елизавета Николаевна была награждена золотой медалью ВДНХ. В том же 1976 году она защитила докторскую диссертацию. Всего на ее счету более 90 печатных работ. Она была награждена нагрудным знаком «Изобретатель СССР». За выдающийся вклад в развитие современной метрологии Е.Н. Юстова в 1994 году была избрана почетным академиком Метрологической академии.

Ее научный авторитет нашел признание и за рубежом, она была избрана консультантом Международного комитета по колориметрии. Решение фундаментальной задачи определения спектральной чувствительности человеческого глаза, блестяще выполненное ею, приведено в знаменитом курсе физики Р. Фейнмана. Фамилия Юстовой включена в юбилейные издания 2000 года: американское Marguss Who is Who и «Международный биографический словарь» в Кембридже.

«Белизна – это не яркость, а цвет»

В течение ряда лет под руководством Елизаветы Николаевны собирался всесоюзный научный семинар по цвету, который функционировал до ее выхода на пенсию в 1979 году. В том же году она переехала жить в дачный поселок Шапки, расположенный в Тосненском районе Ленинградской области. О ее жизни там рассказывается в очерке «Хранительница белизны» [4]. Но и после этого она

продолжала заниматься научной деятельностью, не прерывала свои связи с ВНИИМ. Коллеги, в том числе иностранные, чтобы встретиться с ней, ездили к ней в Шапки.

Перестройка тяжело ударила по отечественной науке. Коллеги Юстовой не сумели отстоять лабораторию – оборудование демонтировали. Она сокрушалась, что нарушилась духовная преемственность поколений, разрушилась научная школа, а молодежь перестала приходить в науку, утратив естественное любопытство и увлеченность.

По воспоминаниям Юстовой, когда в СССР всерьез занялись колориметрией, на всю страну был один визуальный спектрофотометр, купленный за границей, и один колориметр. *«В таких условиях начинала развиваться отечественная колориметрия».* Много трудов было вложено в развитие материальной базы, в оснащение лаборатории ВНИИМ. Потом она с горечью писала: *«Я ушла из института, и всё разнесли. Нас растащили по винтику, у нас забрали даже пигменты. Эталон забрали в Москву»*, – писала она [5].

В 2005 году вышла последняя прижизненная монография Е.Н. Юстовой – «Белизна – это не яркость, а цвет!» [4].

«Белизна – это не яркость, а цвет. Этого не смогли понять светотехники. Наша новая тема – измерение белизны – очень востребована в промышленности. Сейчас нам на это дают средства – даже хватает денег на покупку приборов, а раньше было иначе. «Они измеряют белизну! Ха-ха!» – так издевался над нами ученый совет. Но ученые всегда знали, что приемники цвета в глазу есть, об этом говорили Ломоносов и Юнг, но они не знали, как их выделить. Исследователи оказались в плену у соб-



Ю.В. Тарбеев открывает заседание секции, посвященное 100-летию со дня рождения Е.Н. Юстовой. Санкт-Петербург, НТБ ВНИИМ, 2010 г.

ственных научных законов: в науке считается верным только то, что измерено инструментально. А колориметрия – это единственная физико-математическая дисциплина, которая строится на ощущениях», – писала Юстова.

Она была уверена, что «настоящему ученому все равно, что с ним делают в обществе. Ведь для него радость в самой науке: когда удается эксперимент, когда на двух полях колориметра исчезает граница между цветами. Наука стоит жизни. Именно поэтому я жива до сих пор. Я знаю, что если засижусь на солнышке, то могу умереть: замечаюсь, забуду встать и уйду... но только после того, как закончу свои исследования. Любовь в жизни – это вектор. Взаимодействие между приемником и излучателем. Один человек излучает любовь, а другой принимает ее. Колориметрия – это тоже любовь. Любовь глаза к цвету!» – написала она незадолго до своей кончины [6].

Скончалась она 15 февраля 2008 года в возрасте 97 лет. Похоронена на старом Шапкином кладбище рядом с мужем. После себя она оставила прекрасный пример служения людям – как человек, ученый и руководитель [7, 8, 9, 10].

Пора вспомнить об отечественных наработках...

Наш журнал рассказывал о жизненном пути и научных достижениях Е.Н. Юстовой в № 12 за 2009 год [5, 6]. Здесь была опубликована вступительная статья Ю.В. Тарбеева, президента Метрологической академии, председателя редколлегии журнала «Мир измерений». Также перепечатана статья Елизаветы Николаевны «История развития и современное состояние цветковых измерений», подготовленная для «Российской метрологической энциклопедии». Ю.В. Тарбеев писал: «Создание атласов и эталона – это достижения огромной исследовательской работы, которую всю жизнь вела эта неутомимая женщина. Её путь в науке был не всегда прост. С одной стороны – блестящие результаты, коллеги-единомышленники, ведомственная поддержка, международное признание, с другой – острые дискуссии, переходящие в борьбу двух научных направлений, разрушение ее научной школы, передача во ВНИИОФИ в связи с переориентацией метрологических институтов всего комплекса оптико-физических измерений, в том числе и научного направления колориметрии, демонтаж исследовательской установки

и почти забвение. Но даже в таких условиях Е.Н. Юстова не отреклась от своих научных взглядов, практически в одиночку продолжала вести научные исследования, писать научные статьи, выпустила научную монографию. Заложенные ею основы единства цветковых измерений развиваются и ныне. В том, что сегодня российская колориметрия признана в мире, – великая заслуга Елизаветы Николаевны».

В 2010 году в научно-технической библиотеке ВНИИМ им. Д.И. Менделеева в рамках IX Международной конференции «Прикладная оптика – 2010» было проведено заседание секции «Передача, восприятие и измерение цвета», посвященное 100-летию со дня рождения профессора Е.Н. Юстовой. С сообщениями о ее жизни и деятельности выступили Ю.В. Тарбеев, В.Г. Раутян, И.А. Казиев и др. Там же состоялась презентация последней книги Е.Н. Юстовой – «Родона начальники масквелловской колориметрии в нашей стране», работу над которой завершили ее ученики, а также открытие выставки из фондов Метрологического музея. Здесь были представлены подлинные атласы цветов (АЦ), разработанные в лаборатории фотометрии и колориметрии ВНИИМ под руководством Ю.Н. Юстовой в 1960–1970-е годы, среди них АЦ-1000 (из 1000 стандартных образцов цвета), который был утвержден в качестве единой меры цвета в СССР и странах – членах СЭВ, наборы стандартных образцов цвета, предназначенные для калибровки и контроля правильности показаний цветоизмерительных приборов, печатные издания и др. АЦ-1000 использовали в качестве рабочего средства измерений лётчики-космонавты Е.В. Хрунов, А.И. Лазарев, Г.М. Гречко и другие, выполнявшие в космосе

задания по измерению цвета наземных, подводных, атмосферных и других объектов.

Заведующая Метрологическим музеем при ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», кандидат исторических наук, член-корреспондент Метрологической академии **Е.Б. Гинак** отмечает, что интерес к научному наследию Е.Н. Юстовой не ослабевает и в настоящее время, о чем свидетельствуют неоднократные запросы, поступающие в музей. В этом году в музей обратился **А.В. Демьяненко** из ивановской компании «Текс-Дизайн», специалист по цвету. Он написал: «Я должен пояснить свой интерес: это не просто любопытство, тут есть еще негодование: многие люди в нашей стране занимались исследованиями в области цвета, а теперь их имена незаслуженно забыты. Мы, современные российские дизайнеры, пользуемся наработками Pantone, RAL, DIC и прочих зарубежных фирм, выбросив уникальные разработки советских ученых на свалку истории. Атлас цветов АЦ-1000 я не смог найти даже в виде плохого фото, зато очень много оцифровано разработок американцев и немцев. Но оцифровка – это не всё, они выложены в открытый доступ для ознакомления! Безусловно, это дает возможность ознакомиться с историей разработок в области цвета. Возможно, вам мое письмо покажется излишне патетичным, но это лишь оттого, что на рынке нет решений по управлению цветом, созданных российскими специалистами, что мне кажется удивительным, учитывая вложенный труд и время. К сожалению, сегодня в России разработкой приборов в области цвета практически никто не занимается, рынок занят импортной продукцией».

МИ

Список использованных источников

1. Тонквист Г. Аспекты цвета. Что они значат и как могут быть использованы // Проблема цвета в психологии / Отв. ред. А. А. Митькин, Н. Н. Корж. – М.: Наука, 1993. – С. 5–53.
2. Mollon J. D. Color vision: Opsins and options. – 1999. – DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.96.9.4743>.
3. Юстова Е.Н. Цветовые измерения. – СПб, 2003.
4. Шалберов С.М. Хранительница белизны // Тосненский вестник. – 2008. – № 71.
5. Ю.Н. Тарбеев. Подвижница науки. Памяти Е.Н. Юстовой – основоположницы российской колориметрии // Мир измерений. – 2009. – № 12.
6. Юстова Е.Н. История развития и современное состояние цветных измерений // Мир измерений. – 2009. – № 12.
7. Евневич М. «Бабушка, колоритная во всех отношениях» // Петербург на Невском. – 2003. – № 5 (76).
8. Евневич М. Науку делают обычные люди... // Санкт-Петербургский университет. – 2003. – № 6–7 (3628–3629).
9. 95 лет Елизавете Николаевне Юстовой // Новости Института метрологии. – 2005. – № 10.
10. Юстова Е.Н. Бабушка, колоритная во всех отношениях // <http://museum.vniim.ru/files/ustova.pdf>

References

1. Tonkvist G. Aspects of color. What they mean and how they can be used // The problem of color in psychology. – M.: Nauka. – 1993. – Pp. 5–53.
2. Mollon J.D. Color vision: Opsins and options. – 1999. – DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.96.9.4743>.
3. Yustova E.N. Color measurements. – SPb., 2003.
4. Shalberov S.M. Keeper of whiteness // Tosto Bulletin. – 2008. – No. 71.
5. Tarbeev Yu.N. The ascetic of science. In memory of E.N. Yustova – founders of Russian colorimetry // World of Measurements. – 2009. – No. 12.
6. Yustova E.N. The history of development and the current state of color measurements // World of Measurements. – 2009. – No. 12.

Abstract

The essay talks about E.N. Yustova – a Soviet and Russian scientist, a prominent specialist in the field of colorimetry, Doctor of Engineering Sciences, an honorary member of the Metrological Academy. She is the author of fundamental research and definition of the basic physiological system of RGB visual receivers of the eye and the characteristics of their spectral sensitivity. Developed new original tables for detecting color vision defects, a set of metrological tools for organizing color services in the country, exemplary colorimetric equipment. The author of the domestic Atlas of Colors from 1000 standard color samples (AP-100), which was approved as a single measure of color in the USSR and the CMEA member countries. Author of over 90 publications, veteran of the Great Patriotic War. For the first implemented invention she was awarded the sign “Inventor of the USSR”, she was awarded the Gold Medal of the Exhibition of Economic Achievements.

7. Evnevich M. My grandmother, colorful in every way // Petersburg on Nevsky. – 2003. – No. 5 (76).
8. Evnevich M. Science is done by ordinary people. – St. Petersburg University Publ. – 2003. – No. 6–7 (3628–3629).
9. 95 years of Elizaveta Nikolaevna Yustova // Institute of Metrology News. – 2005. – No. 10.
10. Yustova E.N. My grandmother, colorful in every way // <http://museum.vniim.ru/files/ustova.pdf>



Елена Борисовна Гинак

кандидат исторических наук, доцент, член-корреспондент Метрологической академии,

заведующая Метрологическим музеем Росстандарта при ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», г. Санкт-Петербург

Elena Borisovna Ginak

Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Metrological Academy, Head of the Rosstandart Metrological Museum at D.I.Mendeleev Institute for Metrology, St. Petersburg



Ольга Юрьевна Тюшевская

специальный корреспондент РИА «Стандарты и качество», г. Москва

Olga Yurievna Tyushevskaya

special correspondent «Standards and Quality», Moscow

Аттестация персонала в области неразрушающего контроля

■ Авторы С.В. Ключев, Н.Н. Коновалов, С.Г. Копытов, М.О. Соловьева



Метрология в неразрушающем контроле

■ Автор Н.П. Муравская

Под общей редакцией академика РАН В.В. Ключева

В 2011 году в серии «Диагностика безопасности» вышла книга, которая состоит из двух разделов. Она может быть полезна специалистам-метрологам, занимающимся подготовкой и аттестацией персонала в области неразрушающего контроля, технической диагностики, контроля качества и безопасности изделий и конструкций, а также студентам, которые обучаются по этим специальностям.

Рекомендована Научным советом по автоматизированным системам диагностики и испытаний РАН в качестве учебного пособия.

В первом разделе изложены принципы построения российских и зарубежных систем сертификации персонала в области неразрушающего контроля и многое другое. Во втором разделе – законодательные основы и требования к метрологическому обеспечению средств НК.

В.И. Матвеев,

*кандидат технических наук,
заведующий сектором*

*ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр»,
г. Москва*

Каталог «Государственные эталоны России»

■ *Каталог был подготовлен
ВНИИМ им. Д.И. Менделеева
по материалам научных
метрологических центров
и метрологических институтов
Госстандарта России*

Каталог открывается вступительной статьей Г.П. Воронина, председателя Госстандарта России.

Он был выпущен к 125-летию подписания Международной метрической конвенции, дает представление о состоянии эталонной базы России на начало 2000 года. Эталонов тогда насчитывалось 114. Эталоны – научно-техническая основа государственной системы обеспечения единства измерений в стране. Издание рассказывает о той роли, которую играют государственные эталоны единиц физических величин в решении проблем науки, техники, промышленности, повышения обороноспособности страны, охраны окружающей среды и сохранения здоровья населения. И хотя система эталонов подвергается постоянному усовершенствованию, издание может быть интересно тем, кто интересуется историей вопроса.

В.Я. Белобрагин,

доктор технических наук, заместитель главного редактора журнала «Стандарты и качество»

РИА «Стандарты и качество», г. Москва

«Музыка весов»

■ *Под общей редакцией
М.В. Сенянского*

Представляем вашему вниманию книгу «Музыка весов», написанную сотрудниками «Тензо-М» под общей редакцией генерального директора М.В. Сенянского. Книга является продолжением «Весового альманаха», ставшего в 2010 году своего рода отраслевым бестселлером. «Музыка весов» повествует не только об истории развития компании, которая за тридцать лет из небольшого предприятия превратилась в ведущего российского производителя высокотехнологичной весоизмерительной техники. – в ней затрагиваются многие вопросы, которые волнуют российских метрологов, специалистов весового хозяйства, а также отражаются важные события этого периода.

Книга предназначена для широкого круга читателей. Она будет интересна как специалистам-профессионалам в области весоизмерительного оборудования, так и молодым людям, которые только начинают свою трудовую деятельность или думают о выборе профессии.

В.Н. Назаров,

*кандидат технических наук, профессор,
начальник лаборатории средств измерений*

*силы и массы
ФГУП «ВНИИМС», г. Москва*



ЛЮДИ И КОМПАНИИ НОМЕРА

Апарин Г.А.	38	Карташев П.Г.	56	Менделеев Д.И.	24	Тайманов Р.Е.	6
Бас В.Н.	4, 24	Киреев Д.Г.	9	Муравская Н.П.	63	Тарбеев Ю.В.	61
Белобрагин В.Я.	63	Киселёв М.И.	39	Назаров В.Н.	63	Тиходеев П.М.	59
Белоцерковский В.И.	38	Клюев В.В.	63	Недорезов И.А.	38	Тищенко О.Ф.	38
Богоявленский А.А.	8, 9	Клюев С.В.	63	Николаев Ю.Л.	38	Тумилович А.А.	40, 42
Бурмистрова Н.А.	40, 42	Коляда Ю.Б.	38	Нюберг Н.Д.	58, 59	Тюшевская О.Ю.	25, 58, 62
Викторов И.В.	40, 42	Комшин А.С.	9	Пашаев Б.М.	9	Уилер Д. Д.	19
Вилльем Ф.	14	Коновалов Н.Н.	63	Плуталов В.Н.	38	Учёнов А.А.	53, 54
Володин Е.И.	38	Кононов В.М.	54	Полярус Н.Т.	38	Фёдоров А.Д.	38
Воронин Г.П.	7, 54, 63	Копытов С.Г.	63	Поморцев П.М.	9	Федотов В.Н.	38
Воронцов Л.Н.	38	Королёв Ю.С.	38	Портнов Е.Д.	9	Федотов Н.М.	38
Вудал В.	19	Кочкуров В.	7	Припутнев М.О.	9	Фейнман Р.	60
Вялкин А.Г.	54	Красавин И.В.	9	Прокопчина С.В.	6	Филатов К.В.	31, 33
Герасимов М.Е.	9	Красников Г.Я.	54	Пронин А.Н.	54	Храменков В.Н.	10, 13
Гинак Е.Б.	58, 62	Краюшкин М.Т.	38	Пронякин В.И.	9, 39	Хрунов Е.В.	61
Голега А.В.	9	Кремнёв Г.Р.	38	Разгулин В.Г.	38	Чашечкин Ю.Д.	9
Горшкова Т.Б.	60	Лазарев А.И.	61	Раутиан Г.Н.	58	Чихалов В.С.	38
Гречко Г.М.	61	Лазаренко Е.Р.	6, 25, 52	Раутян В.Г.	61	Чуев А.С.	44, 47
Грушников В.А.	34, 37	Лесниченко Р.И.	9	Ремнева Е.А.	52	Чуновкина А.Г.	40, 42
Дедков Д.Г.	25	Летуновский М.В.	8	Саверин М.А.	38	Шалаев А.П.	3, 6, 24, 53, 54
Деминг Э.	19	Лобанова Л.А.	38	Салихов С.В.	54	Шачнев Ю.А.	38
Демьяненко А.В.	62	Лоцманов А.Н.	3, 54	Сапожникова К.В.	6	Шорин В.М.	54
Дмитриев Г.П.	38	Ляндон Ю.Н.	38	Сенянский М.В.	63	Шухарт У.	19
Дюжев В.С.	14	Мамлеев Т.Ф.	54	Сидоров В.Ф.	38	Щеглов В.А.	10, 13
Золотаревский С.Ю.	8	Марталов А.С.	9	Скрипка В.Л.	38	Юстова Е.Н.	58–62
Зябрева Н.Н.	38	Матвеев В.И.	53, 57, 63	Смирнов В.Я.	26	Якушев А.И.	38
Казиев И.А.	61	Мироненко А.В.	38	Соловейко Ю.В.	25	Янушкин В.Н.	38
Калиникова М.Г.	8	Михайлов Д.Ю.	19	Соловьева М.О.	63		

Академия инженерных наук имени А.М. Прохорова	33	ЕАЭК	4	НТКМетр МСГ	6
Академия проблем качества «Акустические контрольные системы» (АКС)	7	ИМЕКО	9	Общество инженеров по приборам и системам управления (SICE)	6
ВДНХ	55	Институт проблем механики РАН	55	РАН	54
«Вибро-прибор», АО	53	«Константа», ООО	56	Росаккредитация	3, 8
«Виброприбор», ООО	30	«Константа УЗК», ООО	53	Роскачество	8
ВИНИТИ РАН	33	«Крокус Экспо», МВЦ	58	«Роскосмос», ГК	9, 52
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», ФГУП	37	Ленинградский государственный университет	8	Росстандарт	3, 6, 52, 53, 54
«ВНИИМС», ФГБУ (ФГУП)	6, 42, 52, 54, 60, 62	«МВК», ООО	23, 51	«Ростест-Москва», ФБУ	4, 24, 25
«ВНИИОФИ», ФГУП	6, 7, 9, 52	«МГТУ им. Н.Э. Баумана», ФГБОУ ВО	9, 38, 39, 47	«Ростех», ГК	52, 54
«ВНИИФТРИ», ФГУП	6, 7, 52, 60	Метрологическая академия	61	РСПП	3, 54
«ВНИИР» – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»	52	«Микрон», АО	54	«РТ-Техприемка», компания	54
«ВНИИФТРИ», ФГУП	6	Минобороны России	3, 11–13, 52, 54	«Стандарты и качество», РИА	3, 7, 53
Вооруженные силы РФ	6	Минпромторг России	3, 8, 9, 53, 54	Стэнфордский университет	14
«Время Ч», ЗАО	6	«Мир измерений», журнал	3, 4, 7, 61	«Текс-Дизайн», компания	62
Всероссийская организация качества (ВОК)	7, 54	«МИСиС», НИТУ	54	«Тессоник», ООО	56
«ГНМЦ» Минобороны России, ФГБУ	13	«МИТУТОЙО РУС», ООО	23, 51	«Тюменский ЦСМ», ФБУ	25
Госдума	54	Московская поверочная палатка торговых мер и весов	24	«УРАЛТЕСТ», ФБУ	25
ГосНИИ ГА, ФГУП	8, 9	МЦСМ	24	Финансовый университет при Правительстве РФ	6
Госстандарт	7	«НАМИ», ФГУП	9, 57	Центр аддитивных технологий Ростеха	7
Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова	58	Научный совет Японии (SCJ)	6	«ЦИАМ», ФГУП	9
«Диагностика-М», ООО	56	«НИИ интроскопии	57	«Цифра», компания	7
		МНПО «Спектр», ЗАО	57	ЦМТУ Росстандарта	8
		«НПО «Энергомаш	9	«ЦНИИмаш», АО	9
		им. академика В.П. Глушко», АО	9	«Экспоцентр», ЦВК	53, 54
		«НПЦ ЭХО+», ЗАО	55	i3D, группа компаний	18, 49
				Scantech, компания	16



ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ
РИА «Стандарты и качество» —
идеальный корпоративный
подарок: актуален в течение
всего года.



Заявки по тел.:
+7 (495) 771 6652 , доб. 142
и по e-mail: podpiska@mirq.ru



Оформить подписку на профессиональные издания РИА «Стандарты и качество» в издательстве Вы можете, отправив заявку в свободной форме по e-mail: podpiska@mirq.ru, по тел.: **(495) 771 6652** (доб. 142, 143), **258 8436** или на странице сайта: http://www.ria-stk.ru/subscribe_on_site/new/

Стоимость печатных и электронных версий:

	1-е полугодие	2022 г.
«Стандарты и качество» + приложение	32400 р. (№ 1–6)	49560 р. (№ 1–12)
«Методы менеджмента качества»	23010 р. (№ 1–6)	35400 р. (№ 1–12)
«Контроль качества продукции»	21180 р. (№ 1–6)	32520 р. (№ 1–12)
Business Excellence	5760 р. (№ 1–6)	9600 р. (№ 1–12)
«Мир измерений»	4980 р. (№ 1–2)	8600 р. (№ 1–4)
«Менеджмент качества в медицине»	9000 р. (№ 1–2)	15000 р. (№ 1–4)

Всем подписчикам мы предоставляем эксклюзивный доступ к бонусной системе с полезными в работе опциями и сервисами, скидками и специальными предложениями как от РИА «Стандарты и качество», так и от наших ведущих компаний-партнеров

Среди наших подписчиков — лидеры рынка в своих отраслях

- TÜV AUSTRIA Стандарты и соответствие
 - АО «Атомэнергомаш»
 - АО «Бюро Веритас Сертификейшн Русь»
 - АО «Вертолеты России»
 - Ассоциация по сертификации «Русский Регистр»
 - «ГЕДЕОН РИХТЕР – РУС»
 - ГК «Новатех»
 - Госкорпорация «Росатом»
 - Группа ЛСР
 - МГТУ им. Н.Э. Баумана
 - ОАО «РЖД»
 - ООО «КНАУФ ГИПС»
 - ООО «СИБУР»
 - ПАО «КАМАЗ»
 - ПАО «Сбербанк»
 - ПАО «Газпром»
 - ПАО «ОМЗ»
- и многие другие.

Для подписки на наши издания не в РИА «Стандарты и качество» мы рекомендуем использовать только проверенные способы:

Подписка в отделении «Почты России» через электронный каталог «Подписные издания», каталог «Пресса России. Газеты и журналы».

Информацию о точных сроках приема подписки и подписных ценах Вы можете уточнить в своем почтовом отделении.

Подписка через Интернет

Оформить подписку через Интернет и выбрать удобный вариант оплаты заказа можно на сайтах подписных агентств: <https://podpiska.pochta.ru>; <https://www.akc.ru>

ООО «Урал-Пресс»
 Сайт: <http://www.ural-press.ru>
 Тел./факс: (495) 798-86-36,
 (499) 700-05-07

ООО «ПРЕССИНФОРМ»
 Сайт: <http://presskiosk.ru/>
 Тел.: +7-812-337-16-24
 E-mail: press@crp.spb.ru, podpiska@crp.spb.ru



Оформляя подписку указанными способами, Вы минимизируете риски, связанные с несвоевременной доставкой журнала, и избегаете проблем с закрывающей документацией.

SIMSCAN

- Скорость сканирования более 2 000 000 точек в секунду
- Точность оцифровки геометрии 20 мкм + 40 мкм/м
- Зона сканирования 400 x 410 мм
- Вес - 570 гр., габариты - 203 x 80 x 44 мм
- Бессрочная лицензия ПО ScanViewer
- Идеальный сканер для сканирования объектов размером от 10 сантиметров до 3х метров

