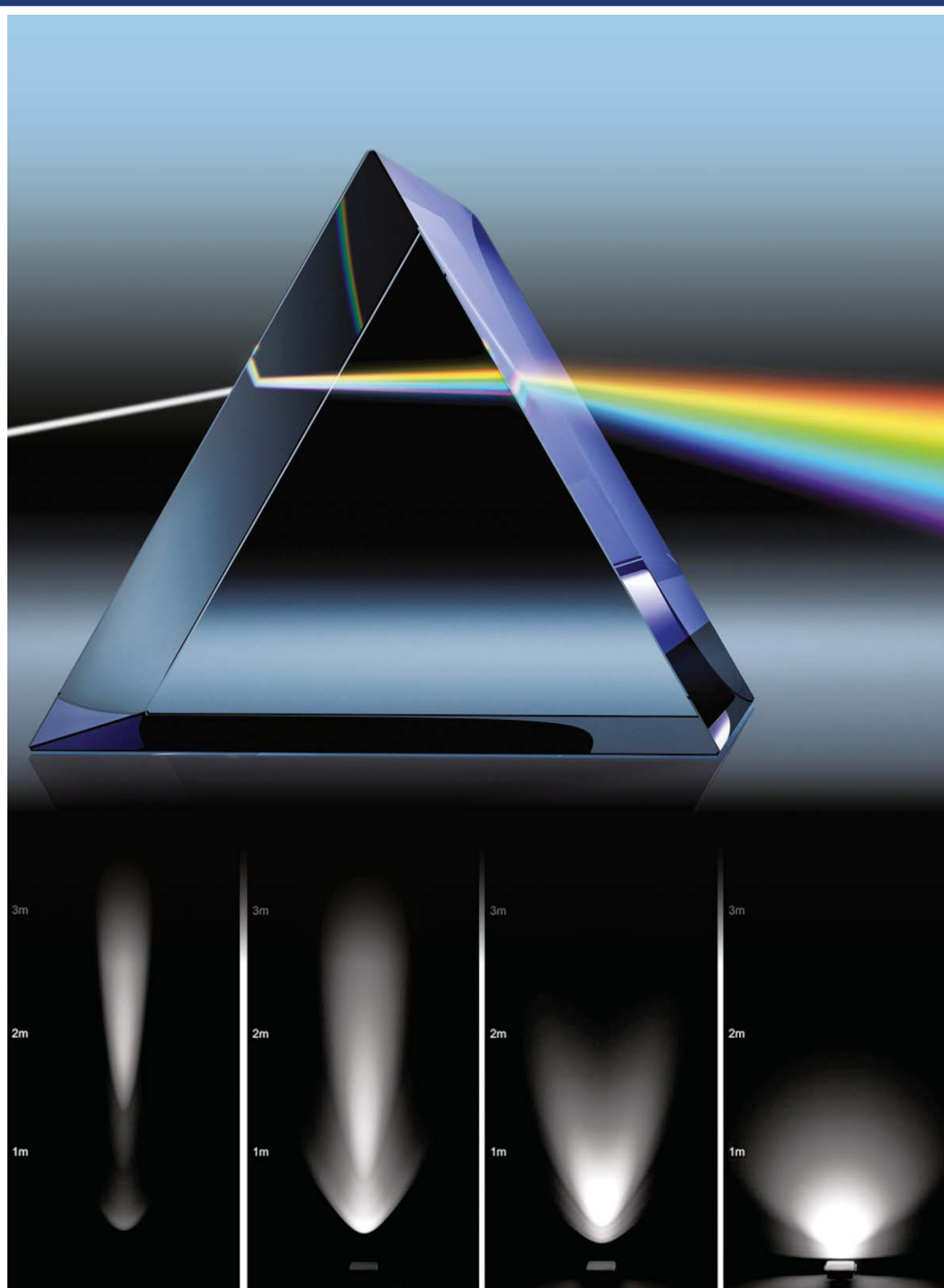


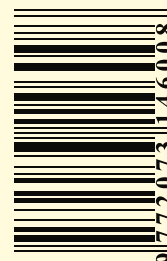
№4
2016

МЕТРОЛОГИЯ И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



ISSN 2073 - 1469





10 НОЯБРЯ – ВСЕМИРНЫЙ ДЕНЬ КАЧЕСТВА

На протяжении уже более 25 лет во второй четверг ноября по инициативе Европейской организации по качеству при поддержке ООН отмечается Всемирный день качества.

С середины 90-х годов XX века в его рамках ежегодно проводится Европейская неделя качества.

В 2016 году Всемирный день качества отмечался 10 ноября. Европейская неделя качества проходила с 7 по 13 ноября под девизом «Качество для достижения результатов».



В нашей стране создана и поддерживается на современном уровне многоплановая инфраструктура качества, являющаяся неотъемлемым элементом государственной экономической политики. Она включает такие направления деятельности, как техническое нормирование и стандартизация, метрология, оценка соответствия и аккредитация, а также поддержку конкурсного движения за качество и деловое совершенство. Их развитие на инновационной основе предоставляет реальному сектору экономики большие возможности для повышения уровня конкурентоспособности, открывая доступ к перспективным техническим решениям.

Итогом работы в рамках ЕАЭС является утверждение 39 технических регламентов Таможенного союза, 35 из которых уже вступили в силу. Непосредственно Республикой Беларусь разработаны 8 технических регламентов.

Действующая сегодня в республике нормативная техническая база охватывает практически все отрасли экономики и социальную сферу.

В 2016 году в республике принято более 1000 государственных стандартов (СТБ и ГОСТ).

Уровень гармонизации принятых государственных стандартов с международными и европейскими требованиями превышает 50%. Стандарты такого высокого уровня являются мощной поддержкой отечественной промышленности и бизнеса в формировании стратегии создания новых видов продукции, соответствующей современным требованиям и обеспечивающей конкурентоспособность на глобальном уровне.

Доверие торговых партнеров республики и международное признание во многом обеспечивается выполнением требований международных стандартов и правил в области аккредитации, подтверждения соответствия и испытаний. В настоящее время в Национальной системе аккредитации внедрены все международные стандарты, необходимые для присоединения к Многосторонним соглашениям международных организаций по аккредитации о взаимном признании протоколов испытаний и сертификатов, выдаваемых в республике. Это позволит минимизировать практику повторных испытаний и процедур при экспортных поставках отечественной продукции и снизить затраты изготовителей.

Одним из опорных элементов инфраструктуры качества является метрологическая деятельность, поскольку от достоверности, единства, точности и сопоставимости результатов измерений во многом зависит качество продукции, четкость управления технологическими процессами, точность учета различных видов ресурсов и, в конечном итоге, доверие потребителей на внутреннем и внешних рынках.

В республике реализуется Государственная научно-техническая программа «Эталоны Беларуси» на 2016 – 2020 годы, которая предусматривает разработку более 20 эталонов. Создаваемые эталоны соответствуют установленным перспективным направлениям научно-технического развития страны.

Сейчас действует 53 эталона. В 2016 году ведется работа по созданию 6 эталонов, 1 эталонной установки и модернизации 2 эталонов.

Отмечая деятельность метрологической службы республики, необходимо подчеркнуть ее важную роль в проведении согласованной технической политики по обеспечению единства измерений в ЕАЭС.



№4 (74)
2016

МЕТРОЛОГИЯ И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издание выходит 1 раз в квартал с декабря 1994 года



Учредители:

Государственный комитет по стандартизации
Республики Беларусь (Госстандарт)
РУП «Белорусский государственный институт
метрологии» (БелГИМ)

Редакционная коллегия:

Председатель редакционной коллегии

НАЗАРЕНКО В.В.

Заместитель председателя редакционной
коллегии

ЖАГОРА Н.А.

Главный редактор

ГУРЕВИЧ В.Л.

БУЛОЙЧИК В.М., БУРСКИЙ В.А.,

ГОЛОВИН А.Н., ГУСЕВ О.К.,

ИВЛЕВ С.А., КИРИЛЛОВ В.И., КИСЕЛЕВ М.Г.,

ЛЕНЬКО Е.М., ЛОБКО В.П.,

СОЛОМАХО В.Л., СЕРЕНКОВ П.С.

Редактор

КУХАРЕНКО Л.И.

Корректор

НАРУШЕВИЧ М.М.

Компьютерная верстка

НАРУШЕВИЧ М.М.

Дизайн обложки

КОВАЛЕВА Е.В.

Регистрационный № 465

Министерства информации Республики
Беларусь

В соответствии с решением ВАК от
15 ноября 2007 г. № 23/10 журнал
включен в Перечень научных изданий для
опубликования результатов диссертационных
исследований

Адрес редакции:

220053, г. Минск,

Старовиленский тракт, 93

Тел.: (017) 233 65 76, 233 55 01

Факс: (017) 288 09 38

Подписные индексы:

Для организаций – 006412

Для индивидуальных подписчиков – 00641

Издатель:

Белорусский государственный институт
метрологии (БелГИМ)

Свидетельство ГРИИРПИ № 1/73 от 04.11.2013

Подписано в печать 20.12.2016

Формат 60 x 84 1/8

Бумага мелованная

Печать офсетная

Гарнитура: Journal Sans CTT

Усл.п.л. 9 Уч. изд. л. 9,5

Тираж 300 экз.

Заказ №

Цена договорная

Отпечатано в типографии

ОДО «Дивимакс»,

г. Минск, пр. Независимости, 58, корпус 17

Свидетельство № 2/44 от 18.02.2014.

© Госстандарт, 2016

© БелГИМ, 2016

Содержание

ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИИ

О. Б. Тарасова

О результатах международных ключевых сличений
EURAMET.PR-K3a «Сила света» 3

*Ю. С. Алькевич, Р. А. Богданов, О. С. Мальцев, Н. М. Наумович,
А. А. Павлючик, В. Т. Ревин, В. А. Симоненко*

Система функционального контроля submodule аттенюатор-фазо-
вращатель приемопередающего модуля X-диапазона 6

В. А. Минченко

Методы и результаты экспериментального определения частотных
характеристик и S-параметров СВЧ-контактирующих устройств зон-
довых систем для контроля полупроводниковых структур на пластине . . . 10

Бакер Альравашде, М. П. Сергиенко

Применение метода наименьших квадратов для идентификации
параметров средств измерительной техники, моделируемых
колебательным звеном 12

Ю. П. Мачехин, Ю. С. Курской, А. С. Гнатенко

Измерение величин со сложной динамикой как основная задача
нелинейной метрологии 18

*О. Е. Середюк, А. И. Компан, С. П. Бондарь, Т. В. Лютенко,
А. С. Ильенко, М. А. Смирнов*

Сличение узлов учета природного газа разных принципов действия
на реальной среде 22

В. В. Скляров, Я. С. Довженко

Исследование влияния времени действия предварительной
и основной нагрузок при измерении твердости 27

*П. И. Неежмаков, Л. В. Грищенко, А. Д. Купко, В. М. Балабан,
В. В. Терещенко*

Модернизация первичного государственного эталона единицы силы
света 31

СТАНДАРТЫ И МЕТОДИКИ

И. В. Захаренкова

Упаковка. Единые требования безопасности 35

МЕЖДУНАРОДНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Новости РТВ

Оптическая «скоростная магистраль» для передачи высокоточных
значений частот 38

Лазерный оптический эталон объемного расхода 39

НОВОЕ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Информация о средствах измерений, внесенных в Государственный
реестр средств измерений Республики Беларусь 41

ИНФОРМАЦИЯ, КОНСУЛЬТАЦИИ

10 ноября – Всемирный день качества 60

18-е заседание директоров национальных метрологических институтов . 63

15-я Международная конференция МОЗМ и 51-е заседание МКЗМ 63

44-е заседание НТКМетр. 18-е заседание РГ НК 64

БелГИМ – провайдер проверки квалификации 65

Актуальные вопросы деятельности испытательных лабораторий 66

В Беларуси будет создан ТК «Нанотехнологии» 67

9-я Международная научно-техническая конференция
«ПРИБОРОСТРОЕНИЕ-2016» 68

НМИ Беларуси и Украины подписали Соглашение о признании
результатов испытаний средств измерений 72



№4 (74)
2016

METROLOGY and INSTRUMENT-MAKING

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Edition is published once per quarter starting from December 1994



Founders:

State Committee for standardization of
the Republic of Belarus (Gosstandart)
RUI "Belarusian State Institute of
Metrology" (BelGIM)

Editorial collegium:

Head of Editorial collegium:

NAZARENKO V. V.

Deputy Head of Editorial collegium

ZHAGORA N. A.

Editor-in-chief

HUREVICH V. L.

BULOYCHIK V. M.,

BURSKY V. A., GOLOVIN A. N.,

GUSEV O. K., IVLEV S. A., KIRILLOV V. I.,

KISELEV M. G., LENKO E. M.,

LOBKO V. P., SOLOMAKHO V. L.,

SERENKOV P. S.

Editor

KUCHARENKO L. I.

Proofreader

NARUSHEVICH M. M.

Computer layout

NARUSHEVICH M. M.

Cover design

KOVALEVA E. V.

Registration № 465

of the Ministry of information of the
Republic of Belarus

According to the VAC decision dated
15 November 2007, № 23/10, the
journal is included in the Register of
scientific editions for publication of
dissertation results

Editorial office:

93, Starovilensky trakt, 220053, Minsk

Tel.:(017) 233 65 76, 233 55 01

Fax:(017) 288 09 38

Subscription indexes:

For organizations – 006412

For individual subscribers – 00641

Publisher:

Belarusian State Institute of Metrology
(BelGIM)

GRIIRPI Certificate № 1/73 of 04.11. 2013

Signed for printing 20.12.2016

Format 60 x 84 1/8

Coated paper

Offset printing

Garniture: Journal Sans CTT

Conditional printing sheets. 9

Record editorial sheets. 9,5

Edition: 300 copies, Order №

Printed in the printing house of the JSC

"Divimax" ODO

58/17 Nezavisimosti av., Minsk

Licence № 2/44 dated 18.02.2014

© Gosstandart, 2016

© BelGIM, 2016

Contents

METROLOGY QUESTIONS

O. B. Tarasova

On the results of international key comparisons EURAMET.PR-K3a «Luminous intensity» 3

Alckevich Y. S., Bogdanov R. A., Maltsev O. S., Naumovich N. M., Paulyuchyk A. A., Revin V. T., Simonenko V. A.

The functional control system for submodule «attenuator-phaseshifter» of the X-band transmit-receive module 6

V. A. Minchenko

Methods and results of experimental determination of frequency characteristics and S-parameters of UHF-contacting devices of probe systems to control semi-conductor structures on plate 10

Baker Alravashdeh, M. P. Sergienko

The Identification Of Oscillatory Type Measuring Devices Parameters Using Transmission Function 12

YU. P. Machekhin, YU. S., Kursk, A. S. Gnatenko

The Measurement of the Quantities with Complex Dynamics as the Main Task of Nonlinear Metrology 18

O. E. Serediuk, A. I. Kompan, S. P. Bondar, T. V. Liutenko, A. S. ilienko, M. A. Smirnov

The results of comparisons of the natural gas industrial metering systems in conditions of PJSC «DNIPROGAS» 22

V. V. Skliarov, J. S. Dovzhenko

Investigation of the influence of duration of preliminary and total forces for measurement of hardness 27

P. Neyezhmakov, L. Grishchenko, A. Kupko, V. Balaban, V. Tereshchenko

Modernization of the state primary standard unit of luminous intensity 31

STANDARDS AND METHODS

I. V. Zakharenkova

Package. Unified safety requirements 35

INTERNATIONAL METROLOGY

PTB-News

A «light highway» for highprecision frequencies 38

Laser optical volume flow standard 39

NEW IN INSTRUMENT-MAKING

Information in measuring instruments registered in the State

Register of Measuring Instruments of the Republic of Belarus 41

INFORMATION AND CONSULTATIONS

10 November – World Day of Quality 60

18th meeting of Directors of national metrological institutes 63

15th OIML International conference and 51th CIML meeting 63

44th meeting of «NTK Metr» 64

BelGIM – provider of qualification check 65

Actual questions of testing laboratories activity 66

Belarus will create TC «Nanotechnologies» 67

9th international scientific and technical conference «Instrument making-2016» . . 68

NMI of Belarus and Ukraine signed the Agreement on the acceptance of measuring instrument test results 72

УДК 006.065:621.3(045)

О. Б. Тарасова

О РЕЗУЛЬТАТАХ МЕЖДУНАРОДНЫХ КЛЮЧЕВЫХ СЛИЧЕНИЙ EURAMET.PR-K3a «СИЛА СВЕТА»

Статья посвящена результатам международных ключевых сличений EURAMET.PR-K3a «Сила света», в которых принимал участие Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ).

This article provides an overview of international key comparisons EURAMET.PR-K3a «Luminous intensity», when Belarussian State Institute of Metrology (BelGIM) participated.

В 2014 году завершились ключевые сличения EURAMET.PR-K3a «Сила света», проводимые под эгидой Европейской организации национальных метрологических институтов (EURAMET). Координирующей лабораторией (pilot laboratory) выступал «Physikalisch-Technische Bundesanstalt» (PTB, Германия), по приглашению которого в данных сличениях принимал участие Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ). В роли связующих лабораторий (link-laboratory) помимо PTB выступали два национальных метрологических института (НМИ): «Laboratoire Commun de Metrologie» (LNE-INM/CNAM, Франция) и «Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica» (INRIM, Италия). Эти НМИ ранее принимали участие в аналогичных ключевых сличениях CCPR-K3a, инициированных в 1999 году «Consultative Committee for Photometry and Radiometry» (CCPR), в которых PTB, как и в сличениях «EURAMET.PR-K3a», также выступал в роли координирующей лаборатории.

На рисунке 1 показаны степени эквивалентности (DOE) и соответствующие им расширенные неопределенности связующих лабораторий, полученные во время проведения ключевых сличений CCPR-K3a и, соответственно, ключевых сличений «EURAMET.PR-K3a».

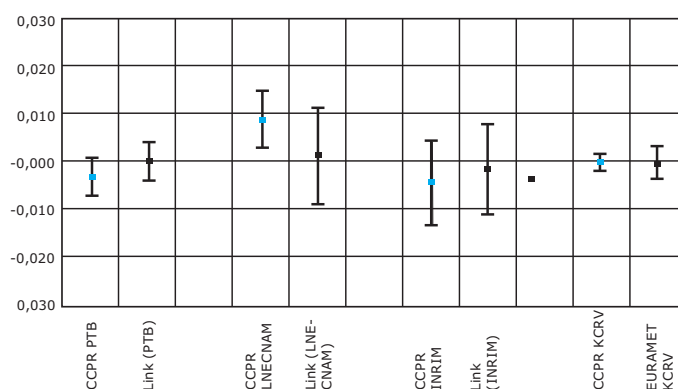


Рис. 1. DOE связующих лабораторий, полученные во время проведения ключевых сличений CCPR-K3a и аналогичных им ключевых сличений «EURAMET.PR-K3a»

Состав участников ключевых сличений «EURAMET.PR-K3a» был представлен 16 НМИ: «Physikalisch-

Technische Bundesanstalt» (PTB, Германия) – координирующая лаборатория; «Laboratoire Commun de Metrologie» (LNE-INM/CNAM, Франция) – связующая лаборатория; «Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica» (INRIM, Италия) – связующая лаборатория; «Bulgarian Institute for Metrology» (BIM, Болгария); «Swedish National Testing and Research Institute» (SP, Швеция); «Helsinki University of Technology and Centre for Metrology», «Metrology Research Institute» (MIKES, Финляндия), «Central Office of Measures» (GUM, Польша); «Slovak Institute of Metrology» (SMU, Словакия); «Instituto Portugues da Qualidade» (IPQ, Португалия), «Bundesamt fur Eich- und Vermessungswesen» (BEV, Австрия); «National Institute of Metrology» (INM, Румыния); «Czech Metrology Institute» (CMI, Чехия); «Ulusal Metroloji Enstitusu» (UME, Турция); «NMI Van Swinden Laboratorium B.V.» (VSL, Нидерланды); «Directorate of Measures and Precious Metals» (DMDM, Сербия); «Белорусский государственный институт метрологии» (БелГИМ, Республика Беларусь).

Согласно техническому протоколу, разработанному координирующей лабораторией, в качестве артефактов использовались эталонные светоизмерительные лампы силы света, принадлежавшие участвующим в сличениях НМИ. Каждый участник должен был предоставить координирующей лаборатории комплект светоизмерительных ламп (не менее 3 штук), предварительно проведя измерения силы света каждой лампы на своем оборудовании.

Таким образом, в координирующую лабораторию поступили светоизмерительные лампы силы света различных типов: Osram W41/G; Osram W40/G; Polaron (similar to LIS-T75); Polaron LIS/IF/1C/S и SIS 40-100. Каждая из перечисленных типов ламп имеет свою форму колбы и нити накала, которые значительно отличаются друг от друга. По этой причине все участники сличений должны были предоставить подробные инструкции по юстировке и правилам применения своих ламп, а на координирующей лаборатории лежала ответственность строго следовать этим инструкциям, чтобы застраховаться от возможных ошибок при выполнении выравни-

вания тела накала лампы и влияния на результат измерения рассеянного света от колбы лампы.

Для участия в сличениях в БелГИМ были отобраны пять светоизмерительных лампы силы света SIS 40-100 (рис. 2). Перед тем, как отправить лампы в координирующую лабораторию, были проведены экспериментальные исследования: подобран ток на цоколе лампы таким образом, чтобы коррелированная цветовая температура излучения лампы соответствовала $T_{CP} = 2856$ К. Далее, при постоянстве тока неоднократно измерялась сила света каждой светоизмерительной лампы. Измерения проводились на оборудовании, входящем в состав национального эталона единиц силы света и освещенности НЭ РБ 8-02. Структурная схема измерительного тракта «Сила света» эталона представлена на рисунке 3. Измерения проводились с помощью трех прецизионных фотометров PhSS (рис. 4). Предварительно прецизионные фотометры PhSS были откалиброваны по параметру «Коэффициент преобразования S_V ». Калибровка осуществлялась с применением группы светоизмерительных ламп SIS 107-35, SIS 40-100 и SIS 107-500 (пять ламп в каждой группе), имеющих сертификаты калибровки, выданные РТВ.



Рис. 2. Внешний вид светоизмерительной лампы силы света SIS 40-100

Сила света каждой светоизмерительной лампы, предназначенной для отправки в координирующую лабораторию, определялась по формуле

$$I_V = \frac{\bar{R}_V \times l^2}{S_V}, \quad (1)$$

где $\bar{R}_V$ – сигнал, поступающий с приемника излучения фотометра PhSS, усредненный по результатам 15 измерений, В;

l – расстояние между телом накала лампы и входной апертурной диафрагмой фотометрической головки фотометра PhSS, м;

S_V – коэффициент преобразования фотометра, В/лк·10⁻³.

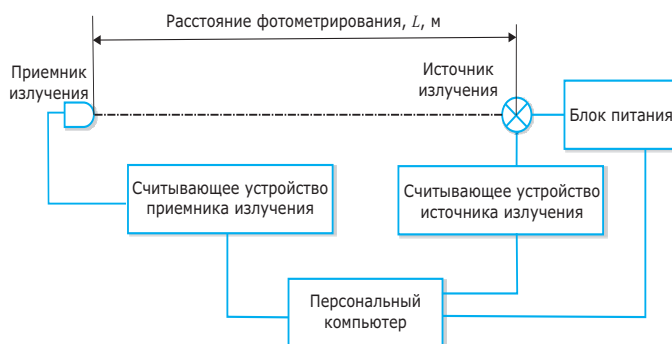


Рис. 3. Структурная схема измерительного тракта «Сила света» национального эталона единиц силы света и освещенности НЭ РБ 8-02

Для каждой светоизмерительной лампы был составлен бюджет неопределенности измерения силы света. В качестве примера в таблице 1 приведен бюджет неопределенности измерения силы света для светоизмерительной лампы SIS 40-100 № 140-90, которая входила в комплект ламп, представленных БелГИМ для участия в сличениях. После окончания экспериментальных исследований светоизмерительные лампы были направлены в координирующую лабораторию, которая провела измерения силы света этих же ламп на своем оборудовании. Затем светоизмерительные лампы были возвращены в БелГИМ для повторных измерений.

В мае 2014 года координирующей лабораторией был подготовлен окончательный Отчет В (Draft В). На рисунках 5 и 6 представлена инфор-

Таблица 1

Бюджет неопределенности измерения силы света светоизмерительной лампы SIS 40-100 № 140-90

Наименование входной величины	Значение входной величины, %	
	Тип А	Тип В
Поправка, обусловленная определением точечной оценки сигнала, сформированного фотометрами PhSS	0,012119391	
Поправка, обусловленная относительной стандартной неопределенностью сертифицированного значения коэффициента преобразования фотометров PhSS	–	0,300
Поправка, обусловленная техническим несовершенством мультиметра Agilent 3458 А, применяемого для измерения сигнала, сформированного фотометрами PhSS		0,006
Поправка, обусловленная определением точечной оценки расстояния от тела накала источника излучения до светочувствительной площадки фотометра PhSS	0,038223564	

Продолжение таблицы 1

Наименование входной величины	Значение входной величины, %	
	Тип А	Тип В
Поправка, обусловленная техническим несовершенством измерителя расстояния, применяемого для определения расстояния от тела накала источника излучения до светочувствительной площадки фотометра	0,002	0,005
Поправка, обусловленная определением точечной оценки тока на цоколе светоизмерительной лампы	7,710E-04	
Поправка, обусловленная несовершенством мультиметра Agilent XXXXXXXX		0,0011
Поправка, обусловленная зависимостью силы света от точности юстировки тела накала лампы	0,038223564	
Относительная суммарная стандартная неопределенность, %	3,254E-01	
Относительная расширенная неопределенность, % ($k = 2$, $P = 95 \%$)	6,51E-01	



1 – усилитель-преобразователь, 2 – фотометрическая головка

Рис. 4. Прецизионный фотометр PhSS

Results of Luminous Intensity KC: EURAMET.PR-K3.a					Plot-Lab.:PTB-Photometry			
Participant	$U_{NMI}/U_{PTB} - 1$	$I_{NMI}/I_{RV} - 1$	E_N	$U(batch)$	$U_{rel}(unit)$	$U_{rel}(transfer)$	$U_{rel}(PTB)$	$U_{rel}(homog.)$
CCPR-KCRV		0.0000		1.8E-03				
EURAMET-RV		0.0000		3.4E-03				
BIM	0.00009	0.0004	0.03	1.5E-02	7.5E-03	5.8E-04	5.8E-04	3.6E-04
BelGIM	-0.00077	-0.0053	0.67	7.2E-03	3.3E-03	5.8E-04	5.8E-04	1.2E-03
SP	0.00003	-0.0061	0.62	9.3E-03	4.0E-03	5.8E-04	5.8E-04	2.2E-03
UME	-0.00031	0.0043	0.28	1.5E-02	7.5E-03	5.8E-04	5.8E-04	1.0E-04
BEV	0.00017	-0.0026	0.23	1.1E-02	5.5E-03	5.8E-04	5.8E-04	1.4E-03
VSL	0.00158	-0.0054	0.75	6.4E-03	2.9E-03	5.8E-04	5.8E-04	1.0E-03
CMI	0.00270	-0.0010	0.12	8.0E-03	3.8E-03	5.8E-04	5.8E-04	9.0E-04
IPQ	0.00030	0.0057	0.35	1.6E-02	8.0E-03	5.8E-04	5.8E-04	5.2E-04
DMDM	0.00060	0.0022	0.18	1.2E-02	6.0E-03	5.8E-04	5.8E-04	1.5E-03
GUM	-0.00019	0.0033	0.29	1.1E-02	5.6E-03	5.8E-04	5.8E-04	4.4E-04
INM	0.00088	-0.0021	0.15	1.4E-02	6.5E-03	5.8E-04	5.8E-04	2.3E-03
SMU	0.00578	0.0042	0.53	7.2E-03	3.5E-03	5.8E-04	5.8E-04	2.4E-04
MIKES	0.00003	-0.0032	0.58	4.4E-03	1.9E-03	5.8E-04	5.8E-04	8.0E-04

Рис. 5.

мация о результатах измерений всех НМИ, принимавших участие в ключевых сличениях EURAMET. PR-K3a «Сила света». После того, как ключевые сличения были завершены и результаты опубликованы на сайте Международного бюро мер и весов (BIPM), БелГИМ была подана заявка на

размещение новых и пересмотр уже опубликованных ранее СМС-строк в разделе «Photometry and Radiometry». Информация, указанная в заявке, прошла экспертизу и одобрена региональными международными организациями (RMO) – COOMET, EURAMET, APMP, CIM и др.

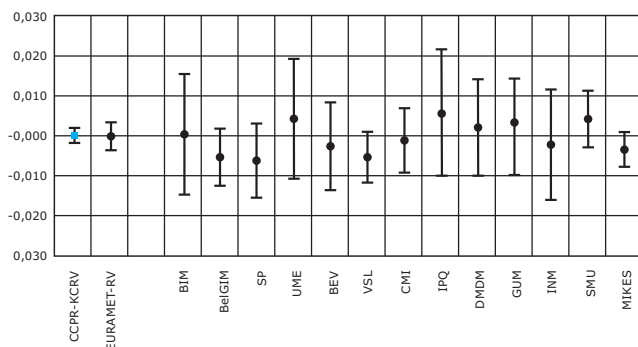


Рис. 6.

Таким образом, в базе данных Calibration and Measurement Capabilities (CMCs) на странице БелГИМ были проведены изменения:

- расширены диапазоны воспроизведения единицы силы света – канделы и единицы освещенности (величины, производной от силы света) – люкса. Если в прежнем виде CMCs на странице БелГИМ были представлены только 2 строками (диапазон измерения силы света от 35 кд. до 500 кд.; диа-

пазон измерения освещенности от 10 лк. до 2000 лк.), то в настоящее время диапазон измерения силы света составляет от 5 кд. до 1500 кд., а диапазон измерения освещенности – от 1 лк. до 2000 лк.

- повысилась точность измерения единиц силы света и освещенности, характеризующаяся значением относительной расширенной неопределенности. В частности для диапазона измерения силы света и освещенности от 35 кд. до 500 кд. относительная расширенная неопределенность составляет 0,8 % ($k = 2$, $p = 0,95$), в то время как в предыдущих строках это значение равнялось 1,5 % для силы света и 2,0 % для освещенности;
- добавилась новая строка «Коэффициент преобразования» с единицей измерения В/лк·10⁻³.

В настоящее время на сайте BIPM CMCs в разделе «Photometry and Radiometry» БелГИМ представлен 13 строками: 11 строк в области фотометрии и 2 строки в области радиометрии.

Ольга Борисовна Тарасова, ведущий инженер отдела физико-химических и оптических измерений БелГИМ

Дата поступления 16.11.2016 г.

УДК 621.372.852.3(045)

Ю. С. Алькевич,
Р. А. Богданов,
О. С. Мальцев,
Н. М. Наумович,
А. А. Павлючик,
В. Т. Ревин,
В. А. Симоненко

СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ СУБМОДУЛЯ АТТЕНЮАТОР-ФАЗОВРАЩАТЕЛЬ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ X-ДИАПАЗОНА

В статье предложена схема построения системы функционального контроля параметров субмодуля аттенюатор-фазовращатель приемопередающего модуля (ППМ) активной фазированной антенной решетки (АФАР) X-диапазона. Приведены результаты измерения основных параметров субмодуля. Изложен способ регистрации изменений ослабления и фазового сдвига СВЧ-сигнала в зависимости от управляющих цифровых кодов.

In this article the architecture of the parameters functional control system for X-band phased array transmit-receive module is suggested. Measurement results of the essential submodule parameters are presented. The registration method of microwave signal attenuation and phase shift variation depending on digital control code is described.

Введение

ППМ являются ключевыми элементами АФАР [1]. Основное назначение ППМ [2] – усиление сигналов передатчика и приемника с регулировкой их по фазе и амплитуде в рабочем диапазоне частот в соответствии с алгоритмом работы системы.

ППМ X-диапазона, разработанный и изготовленный авторским коллективом, представляет собой последовательное соединение трех суб-

модулей. Упрощенная структурная схема такого ППМ приведена на рисунке 1. Первый субмодуль осуществляет переключение поляризации излучаемых и принимаемых СВЧ-сигналов. Второй субмодуль обеспечивает формирование заданного уровня СВЧ-мощности в излучателе АФАР (передающий канал) и прием СВЧ-сигналов с требуемой чувствительностью (приемный канал), управление коммутатором приема-передачи. Третий

субмодуль управляет отдельно амплитудой и фазой излучаемых и принимаемых СВЧ-сигналов с обеспечением требуемой глубины регулировки, точности установки в заданном частотном и динамическом диапазонах [3].

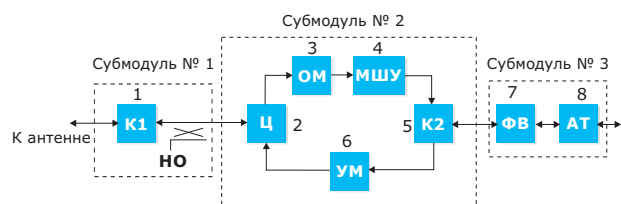


Рис. 1. Упрощенная структурная схема ППМ:

1 — коммутатор переключения поляризации СВЧ-сигнала и направленный ответвитель; 2 — ферритовый циркулятор; 3 — ограничитель мощности; 4 — цепочка малошумящих усилителей; 5 — коммутатор приема-передачи; 6 — цепочка усилителей мощности; 7, 8 — дискретные аттенюатор и фазовращатель, управляемые цифровыми кодами

Фотография изготовленного субмодуля с аттенюатором и фазовращателем, размещенного в специализированной оснастке с кросс-платами, представлена на рисунке 2.

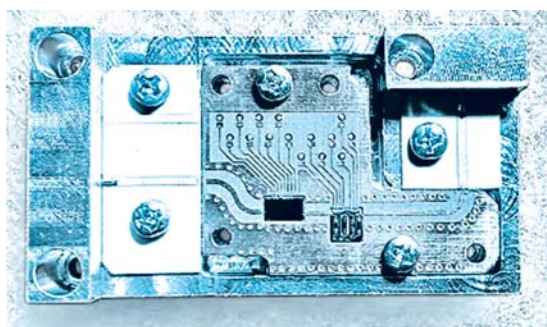


Рис. 2. Вид субмодуля без экранирующей крышки, размещенного в специализированной оснастке с кросс-платами

Постановка задачи

Одной из важнейших задач при изготовлении субмодулей, входящих в состав ППМ, является контроль и измерение параметров данных субмодулей, а также настройка и проверка работоспособности входящих в него элементов [4].

Для решения этой задачи была разработана система функционального контроля субмодулей ППМ, обеспечивающая сокращение временных издержек при настройке и тестировании большого количества образцов.

Общий принцип работы

Разработанный ППМ реализует следующие функции:

- формирует заданный уровень СВЧ-мощности в излучателе АФАР;
- принимает СВЧ-сигналы с требуемой чувствительностью и защищает малошумящие усилители приемного канала;

- управляет отдельно амплитудой и фазой излучаемых и принимаемых СВЧ-сигналов с обеспечением требуемой глубины регулировки, точности установки и стабильности во времени в заданном частотном и динамическом диапазонах;
- переключает поляризации излучаемых и принимаемых СВЧ-сигналов;
- управляет коммутатором приема-передачи;
- компенсирует температурную зависимость коэффициентов передачи ППМ в режимах передачи и приема;
- принимает и хранит кодовые команды системы управления;
- выдает коды состояния основных параметров и общего сигнала исправности для контроля.

Функциональный контроль субмодуля аттенюатор-фазовращатель заключается в регистрации изменений ослабления и фазового сдвига СВЧ-сигнала в зависимости от управляющих цифровых кодов. Разработанный ППМ использует дискретные аттенюатор и фазовращатель, которые выполнены по технологии монолитных интегральных схем (МИС) на структурах GaAs. МИС СВЧ-аттенюатора имеет шесть коммутируемых ячеек (А1 — 0,5 дБ, А2 — 1,0 дБ, А3 — 2,0 дБ, А4 — 4,0 дБ, А5 — 8,0 дБ, А6 — 16 дБ) с максимальным ослаблением 31,5 дБ. МИС СВЧ-фазовращателя содержит каскадное включение шести независимых секций на дискретное изменение фазы на 5,625°/11,25°/22,5°/45°/90°/180°.

Для измерения параметров субмодулей была разработана система, структурная схема которой изображена на рисунке 3.

При измерении параметров субмодуля аттенюатор-фазовращатель использовались:

- векторный анализатор цепей (ВАЦ) R&S ZNB 20;
- блок питания в виде трехканального источника питания Rigol DP832;
- персональный компьютер (ПК);
- плата управления — плата сбора данных и управления National Instruments PCI-6251;
- блок соединений — SCB-68.

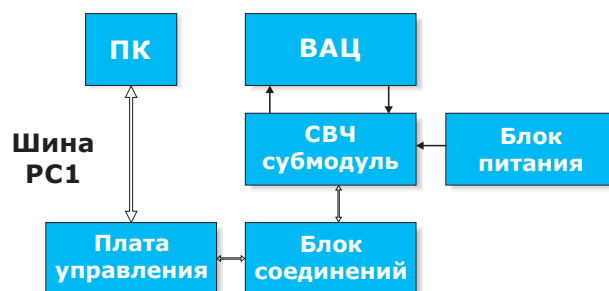


Рис. 3. Структурная схема системы функционального контроля субмодулей ППМ

Разработано программное обеспечение (ПО) для управления субмодулем и системой контроля в среде графического программирования LabVIEW [6, 7]. Инструментарий графической среды программирования LabVIEW позволяет использовать цифровые выходы платы управления и

разрабатывать необходимое ПО для управления подключаемыми устройствами.

Плата управления и сбора данных National Instruments PCI-6251 [5] имеет 24 цифровых входа-выхода с логическими уровнями напряжений 0/+5 В. Разработанное ПО позволяет с помощью ПК задавать требуемые значения ослаблений аттенюатора и фазовых сдвигов фазовращателя. Лицевая панель виртуального прибора (ВП), разработанного в среде графического программирования LabVIEW, представлена на рисунке 4.



Рис. 4. Лицевая панель виртуального прибора для управления submodule

Переключение состояний аттенюатора и фазовращателя происходит путем изменения состояния элементов управления ВП. ПО интерпретирует положение элементов управления ВП в цифровой код, который затем преобразуется в управляющие сигналы платы управления. Управляющие цифровые коды, задаваемые на лицевой панели ВП системы с платы управления National Instruments PCI-6251, поступают на блок соединений SCB-68, к которому подключен submodule. С помощью ВАЦ [8, 9] происходит регистрация изменений и измерение выходных сигналов submodule в зависимости от подаваемых на него управляющих комбинаций.

Результаты измерения параметров submodule с использованием разработанной системы функционального контроля

Перед измерением параметров submodule была проведена комплексная калибровка ВАЦ по амплитуде и фазе в диапазоне частот 9,55 – 9,75 ГГц при выходной мощности исследуемого СВЧ-сигнала 0 дБм.

Чтобы зарегистрировать и измерить конкретные значения ослабления аттенюатора и фазового сдвига фазовращателя, необходимо произвести повторную калибровку ВАЦ с подключенным к нему submodule в диапазоне частот 9,55 – 9,75 ГГц. Такой метод калибровки позволяет компенсировать вносимое ослабление и фазовый сдвиг СВЧ-сигнала submodule и наблюдать на экране ВАЦ конкретные значения ослабления аттенюатора и фазового сдвига фазовращателя в зависимости от управляющих цифровых кодов.

Зависимости ослабления и фазового сдвига СВЧ-сигнала от частоты после повторной калибровки ВАЦ с submodule при цифровых кодах

состояниях аттенюатора и фазовращателя 0 дБ и 0° соответственно представлены на рисунке 5.

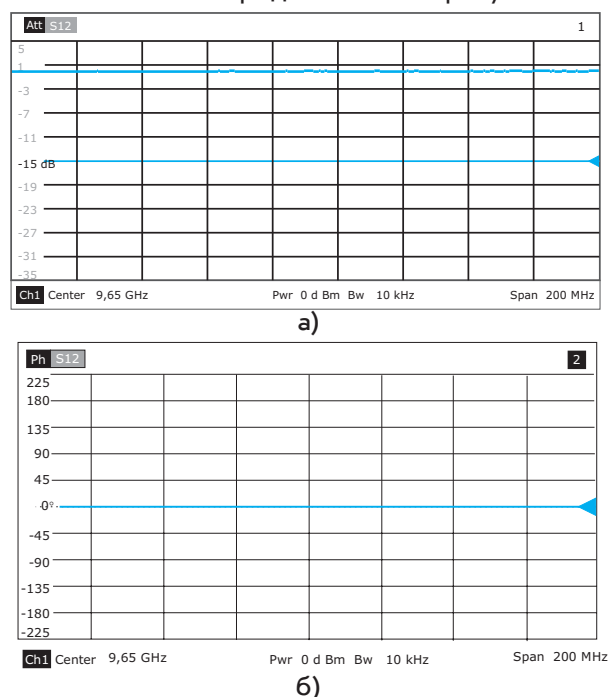


Рис. 5. Зависимости ослабления СВЧ-сигнала от частоты при повторной калибровке ВАЦ с установленным цифровым кодом состояния аттенюатора 0 дБ (а), зависимости фазового сдвига СВЧ-сигнала от частоты при повторной калибровке ВАЦ с установленным цифровым кодом состояния фазовращателя 0° (б)

Представленные на рисунке 5 результаты показывают, что после повторной калибровки ВАЦ с submodule ослабление и фазовый сдвиг СВЧ-сигнала на частоте 9,65 ГГц равны минус 0,14 дБ и 1,4° соответственно. Данные значения обусловлены погрешностью калибровки ВАЦ.

В таблице 1 представлены измеренные значения ослабления и фазового сдвига СВЧ-сигнала на частоте 9,65 ГГц при основных состояниях аттенюатора и фазовращателя в зависимости от управляющих цифровых кодов.

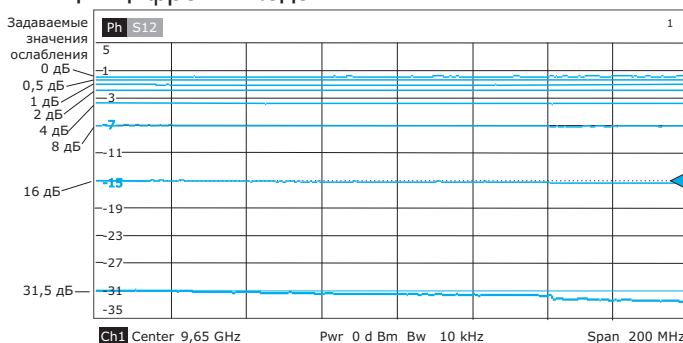


Рис. 6. Зависимости ослабления СВЧ-сигнала от частоты при основных состояниях аттенюатора

Из рисунка 6 видно, что аттенюатор обеспечивает требуемое ослабление СВЧ-сигнала согласно управляющему цифровому коду (таблица 1).

Таблица 1

Измеренные значения ослабления и фазового сдвига СВЧ сигнала

Цифровой код аттенюатора	Ослабление сигнала, дБ	Цифровой код фазовращателя	Фазовый сдвиг сигнала, град.
0	-0,14	0	1,4
0,5	-0,41	5	7,1
1	-1,15	11	16,2
2	-1,96	22	26,4
4	-3,8	45	52,7
8	-7,05	90	101,6
16	-15,23	180	187,3
31,5	-27,5		

Представленные на рисунке 7 функциональные зависимости показывают, что фазовращатель обеспечивает установку требуемых фазовых сдвигов СВЧ-сигнала согласно управляющим цифровым кодам, подаваемых на его входы управления (таблица 1).

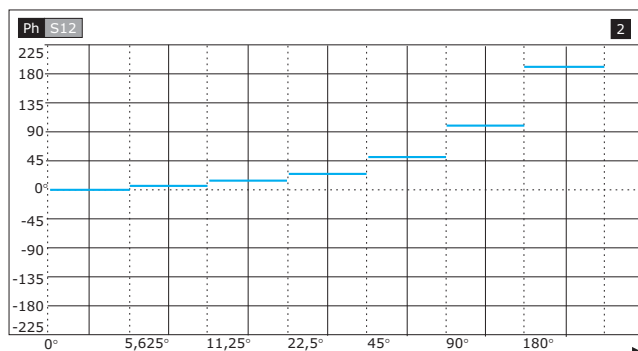


Рис. 7. Зависимости фазового сдвига СВЧ сигнала от частоты при основных состояниях фазовращателя

Неточная установка затуханий и фазовых сдвигов СВЧ-сигнала по отношению к цифровым кодам объясняется наличием технологической погрешности при изготовлении СВЧ МИС и погрешности измерений системы функционального контроля.

Заключение

Разработана система функционального контроля основных параметров submodule, входящих в ППМ, с использованием среды графического программирования LabVIEW.

Разработанный метод функционального контроля позволяет за короткое время осуществить измерение параметров данного submodule ППМ. Система, построенная на основе предложенной структурной схемы, в дальнейшем может стать основой для создания автоматизированного измерительного комплекса submodule ППМ.

Список использованной литературы

1. Электроника НТБ [Электронный ресурс] / Монолитные интегральные схемы. СВЧ – технологическая основа активных фазированных антенных

решеток. Режим доступа: <http://www.electronics.ru/journal/article/3458>. Дата доступа: 09.08.2016.

2. Boles T. [et al.] MMIC Based Phased Array T/R Modules // Proceedings of the International IEEE Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems (COMCAS), 2010.

3. Электроника НТБ [Электронный ресурс] / GaN микросхемы приемопередающих модулей активных фазированных антенных решеток – Европейские разработки. Режим доступа: <http://www.electronics.ru/journal/article/289>. Дата доступа: 09.08.2016.

4. Белый Ю.И. [и др.]. Многоканальные приемопередающие модули для АФАР X-диапазона // Антенны. – 2008. – № 9.

5. National Instruments [Электронный ресурс] / NI multifunction DAQ devices. Access mode: <http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-22>. Date of access: 09.08.2016.

6. National Instruments. LabVIEW [Электронный ресурс] / Быстрая разработка в LabVIEW. Режим доступа: http://www.labview.ru/labview/what_is_labview/index.php. Дата доступа: 09.08.2016.

7. Джеффри Тревис. LabVIEW для всех / пер. с англ. Н.А. Клушин. М.: ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. 544 с.: ил.

8. Михаэль Хибель. Основы векторного анализа цепей / пер. с англ. С.М. Смольского; под ред. У. Филипп. М.: Изд. дом «МЭИ». 500 с.: ил.

9. R&S ZNB/ZNBT Vector Network Analyzers User Manual [Электронный ресурс] / Phase measurement. Access mode: https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_manuals/gb_1/z/znb_1/ZNB_ZNBT_UserManual_en_34.pdf. Date of access: 09.08.2016.

Юрий Святославович Алькевич, младший научный сотрудник, БГУИР, г. Минск

Роман Андреевич Богданов, инженер-системотехник 2-й категории, БГУИР;

Олег Сергеевич Мальцев, инженер, БГУИР;

Николай Михайлович Наумович, кандидат технических наук, директор Центра 1.6:

«Научно-конструкторский центр перспективных радиоэлектронных систем сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн»;

Алексей Арсеньевич Павлючик, заместитель начальника управления «Технология» – начальник научно-исследовательского отдела СВЧ-устройств, ОАО «Минский НИИ радиоматериалов»;

Валерий Тихонович Ревин, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Центра 1.6, доцент БГУИР;

Виктор Андреевич Симоненко, младший научный сотрудник БГУИР

Дата поступления 12.10.2016 г.

УДК 621.382.088 (045)

В. А. Минченко МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И S-ПАРАМЕТРОВ СВЧ-КОНТАКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЗОНДОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР НА ПЛАСТИНЕ

Рассмотрены проблемы и пути решения при проектировании СВЧ-контактирующих устройств (СВЧ-КУ) и методы измерения их S -параметров. Приведены методы и результаты экспериментальных исследований амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) и S -параметров СВЧ-КУ. Проведено сравнение эффективности измерения S -параметров СВЧ-КУ рефлектометрическим методом: с использованием стробоскопического осциллографа (полоса частот до 70 ГГц) и векторного анализатора СВЧ-электрических цепей ZVL-6 (ф. Rode Schwarz, Германия, полоса частот до 6 ГГц).

This article describes the problems and their resolutions in designing UHF- contacting devices (UHF-CD) and measurement of their S -parameters. This article provides methods and results of experimental investigations of AFC and S -parameters of UHF-CD. It has been performed comparison of effectiveness of the measurement of S -parameters of UHF-CD by reflectometric method: with the use of stroboscopic oscilloscope (frequency range up to 80 GHz) and vector analyzer of UHF-electric circuits ZVL-6 (Rode Schwarz, Germany, frequency band up to 6 GHz).

Современные интегральные микросхемы достигли сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона (несколько ГГц). Однако специальные микросхемы СВЧ-диапазона достигли диапазона порядка нескольких десятков гигагерц. Уже сейчас производители интегральных микросхем считают необходимым осуществлять зондовый контроль (ЗК) на пластине в диапазоне 10 – 50 ГГц. В порядке импортозамещения в ближайшее время потребуются освоение диапазона 100 – 250 ГГц для импортозамещающих систем связи.

При зондовом контроле на пластине отбраковываются кристаллы на более ранней стадии (перед монтажом их в корпус) и, тем самым, экономятся финансовые средства. Хотя монтаж микросхем в корпус является трудоемким и затратным, экономические затраты окупаются за достаточно короткий срок.

Одними из основных узлов зондовых систем (станций) являются широкополосные контактирующие устройства (ШКУ) для контроля быстродействующих цифровых ИС (БИС) [2–5] и СВЧ-КУ для

контроля полупроводниковых структур СВЧ-диапазона [1,5].

Ниже приведены результаты экспериментальных исследований нескольких конструкций широкополосных КУ (ШКУ) и СВЧ-КУ с учетом получения относительно недорогих и достаточно широкополосных зондовых контактирующих устройств с диапазоном частот до 6 ГГц. Проверка широкополосности достигается использованием векторного анализатора (ВА) электрических СВЧ-сигналов (типа ZVL – 6). Приведенные экспериментальные характеристики показывают, что ШКУ (с учетом потерь 2 – 3 дБ) обеспечивают широкополосность в диапазоне частот 0, 6 – 2 ГГц, а СВЧ-КУ (с учетом потерь 3 – 4 дБ) обеспечивают полосу частот до 6 ГГц.

Широкополосность и качество согласования по волновым сопротивлениям характеризуются частотными характеристиками и комплексом S -параметров (S_{11} , S_{22} , S_{21} , S_{12}).

Потери в зондовом канале (цепи) характеризуются матрицей рассеяния, представленной на рисунке 1.

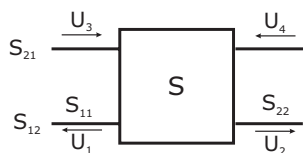


Рис. 1. Схема СВЧ-зондового канала (контактирующего устройства) как матрицы рассеяния S -параметров, характеризующая отражения от входа S_{11} и выхода (S_{22}) с учетом коэффициентов передачи в прямом (S_{21}) и обратном (S_{12}) направлениях сигналов

Перед измерением в зондовом канале с помощью ВА необходимо откалибровать его с помощью входящих в комплект мер (в интегральном исполнении) калибровки СВЧ-зондов и, таким образом, векторный анализатор будет полностью согласован с измерительными каналами зондовой установки.

Экспериментальные исследования показали, что значения потерь в диапазоне частот до 6 ГГц составляют не более 2 – 4 дБ.

Частотные характеристики нескольких типов широкополосных (ШКУ) и СВЧ-контактирующих устройств представлены на рисунках 2, 3, 4. ШКУ на полосковых линиях и ленточном кабеле, опробованных в зондовых установках в лабораторных условиях, показали хорошие результаты по широкополосности при контроле быстродействующих цифровых интегральных микросхем. Проверка амплитудно-частотных характеристик с помощью векторных анализаторов электрических цепей СВЧ-диапазона дала результаты, представленные на рисунке 2.

Хорошие результаты по широкополосности дало использование копланарного волновода, уменьшающего индуктивность контактирующих выводов зондов, что, в свою очередь, уменьшает длину несогласованной по волновому сопротивлению части зондовых цепей. На рисунке 3 представлена АЧХ копланарного волновода, имеющего полосу частот до 3 – 4,5 ГГц. Однако для более широкополосного зондирования этих параметров широкополосности недостаточно.

Наилучшим диэлектриком в области СВЧ является воздух, поэтому СВЧ-контактирующее устройство на воздушной полосковой линии имеет достаточно хорошие (в диапазоне частот до 6 ГГц) частотные характеристики (рис. 4).

Качество согласования характеризуется коэффициентами отражения от входа S_{11} и выхода S_{22} зондовых контактирующих устройств (рис. 5), измеренных с помощью СВЧ-векторных анализаторов типа ZVL-6, ф. Rohde Schwarz (Германия).

Качество согласования и калибровки является одним из важнейших факторов передачи сигналов без искажений. На рисунке 6 представлена упрощенная схема соединения зондовых цепей при калибровке собственных измерительных цепей.

Измерение затухания в зондовых и измерительных цепях векторного анализатора показало

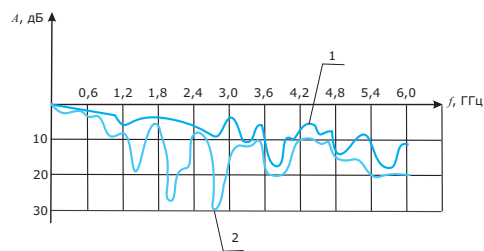


Рис.2. Сравнение АЧХ ШКУ (СВЧ-КУ) на основе полосковой линии из стеклотекстолита (1 — КУ типа УК — ДП); на основе ленточного кабеля ЛК (2 — КУ типа УК — Д1) с помощью векторного анализатора электрических цепей ZVL-6 (диапазон до 6 ГГц)

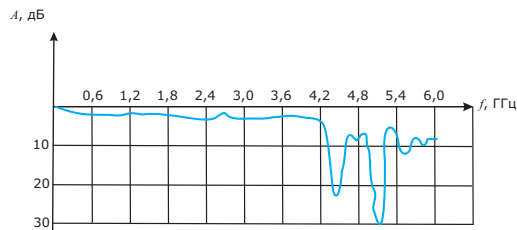
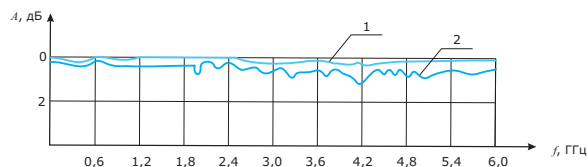


Рис.3. АЧХ ШКУ (СВЧ-КУ) в диапазоне до 6 ГГц на копланарном волноводе (с использованием трехпроводной линии передачи)



1 — АЧХ эталонного тракта, 2 — СВЧ — КУ
Рис. 4. АЧХ СВЧ — КУ (в диапазоне частот до 6 ГГц) на воздушной полосковой линии и копланарном зонде

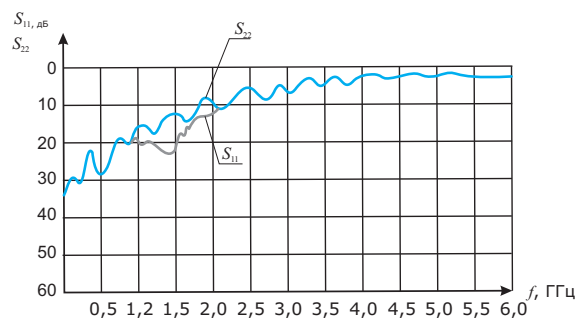


Рис. 5. Графики зависимости от частоты коэффициентов отражения от входа S_{11} и от выхода S_{22} АЧХ-контактирующих устройств (в диапазоне до 6 ГГц, получены с помощью векторного анализатора электрических цепей ZVL-6, ф. Rohde Schwarz, Германия)

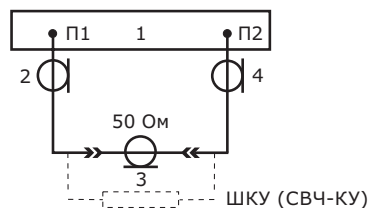


Рис. 6. Схема проверки и калибровки собственного измерительного канала векторного анализатора: 1 — векторный анализатор ZVL-6; П1, П2 — порты анализатора; 2,4 — входной и выходной кабели; 3 — эталонный (рабочий) переход (50 Ом) из комплекта калибровочного векторного анализатора

ло, что значение затухания при использовании эталонного или рабочего соединителя при калибровке собственного канала векторного анализатора отличается в пределах 0,1 – 0,2 дБ, что вполне приемлемо для практических измерений.

Заключение

1. Приведенные результаты экспериментальных исследований широкополосности и СВЧ параметров (прямых и обратных коэффициентов передачи S_{12} , S_{21} и коэффициентов отражения соответственно от входа и выхода S_{11} , S_{22}) показывают, что широкополосные КУ (ШКУ) и сверхширокополосные (СВЧ-КУ) контактирующие устройства имеют полосу частот соответственно 0,6 – 2 ГГц и от 0,9 кГц до 6 ГГц.

2. Сравнение двух методов измерения (с использованием стробоскопических осциллографов и векторных анализаторов электрических СВЧ-цепей) показывает, что более информативным и наглядным методом является метод с использованием векторных анализаторов электрических цепей (сигналов).

3. Конструкция СВЧ-КУ на основе воздушной полостной линии и копланарного зонда обеспечивает наибольшую полосу пропускания (широкополосность).

Список использованной литературы

1. Бугаец Е. С., Колесов А. В., Орлов О. Е. и др. СВЧ-зондирование интегральных микросхем на пластине // Зарубежная радиоэлектроника. – № 5. – 1990. – С. 56 – 58.

2. Минченко В. А., Ковальчук Г. Ф., Школык С. Б. Принципы построения и структурные схемы зондовых автоматических систем контроля параметров изделий микро- и наноэлектроники на кристалле // Приборы и методы измерений. – 2012. – № 2 – С. 67 – 75.

3. Минченко В. А., Ковальчук Г. Ф., Школык С. Б., Зайцев В. А. Анализ и расчет быстрого действия измерительных каналов зондового оборудования для контроля на пластине. Материалы третьей международной научно-практической конференции «Прецизионное оборудование и технологии изделий микро- и радиоэлектроники». – Минск. – 2012. – С. 63 – 67.

4. Ковальчук Г. Ф., Минченко В. А., Школык С. Б. Методы и результаты определения параметров измерительных каналов передачи широкополосных сигналов зондовых систем для контроля изделий микро- и наноэлектроники на кристалле // Метрология и приборостроение. – 2012. – № 4 – С. 28 – 32.

5. Котани. Конструкция и характеристики зондовой установки для низкотемпературных испытаний интегральных схем // Приборы для научных исследований. – 1986. – № 1.

Владимир Алексеевич Минченко, кандидат технических наук, начальник лаборатории УП «ПЛАНАР-СО» ОАО «ПЛАНАР»

Дата поступления 19.10.2016 г.

УДК 681.2-5 (045)

Бакер Альравашдех,
М.П. Сергиенко

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, МОДЕЛИРУЕМЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ ЗВЕНОМ

В работе предложен метод определения постоянной времени и коэффициента затухания средства измерительной техники, моделируемого динамическим звеном колебательного типа, по передаточной функции. Предложен алгоритм применения метода наименьших квадратов для повышения достоверности результатов измерений за счет использования более полного объема информации о динамических свойствах средств измерительной техники. Исследованы стандартные неопределенности постоянной времени и коэффициента затухания. Даны рекомендации по оптимизации условий измерительного эксперимента по идентификации параметров средств измерительной техники, моделируемых динамическим звеном колебательного типа, по передаточным функциям.

In this article there is suggested a method, which determines both a time constant and a damp constant for a measuring device, which is simulated by oscillating type dynamic element using transmission function. The described method is based on a least squares method, which increases an identification accuracy because of obtaining more information about a measuring device performance during a measurement process. The standard uncertainties of both a time constant and a damp constant are analyzed. The recommendations for measuring process, which was mentioned above, optimization are given

Введение

В настоящее время требования к точности и быстродействию измерительных преобразователей и средств измерительной техники (СИТ) во всех сферах жизнедеятельности человека повышаются, что приводит к необходимости исследований их динамических характеристик (ДХ). Этот вопрос является актуальным для датчиков и СИТ с передаточными функциями (ПФ) второго порядка, которые могут быть представлены в виде динамического звена колебательного типа, в частности, для акселерометров и инклинометров, нашедших широчайшее применение как в современных радиоэлектронных устройствах и системах, так и при проведении сертификационных испытаний сложных технических объектов, к которым относятся и автотранспортные средства.

Для акселерометров ДХ являются одними из основных метрологических характеристик [1–3], отражающих их инерционные свойства, поэтому идентификация параметров и коррекция ДХ являются важными задачами, решение которых позволит повысить точность и достоверность получаемых результатов измерений. Однако решение этих задач, особенно задачи идентификации, существенно осложнено нелинейными соотношениями между ДХ и их параметрами, такими как постоянная времени (ПВ) и коэффициент затухания (КЗ), показатель затухания, угловая частота колебаний.

Некоторые методы идентификации параметров СИТ, моделируемых динамическим звеном колебательного типа, рассмотрены в [4–7], однако на сегодняшний день вследствие их невысокой точности или недостаточной (а часто вообще отсутствующей) информации об их точности можно сделать вывод о необходимости разработки и метрологического исследования новых методов идентификации ДХ, базирующихся на методах статистической обработки экспериментальных данных.

Целью данной работы является разработка метода идентификации параметров СИТ, моделируемого динамическим звеном колебательного типа, по ПФ и адаптация метода наименьших квадратов (МНК) к данной задаче идентификации.

Суть метода

Передаточная функция СИТ, моделируемого динамическим звеном колебательного типа, имеет вид

$$W(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}, \quad (1)$$

где k – статический коэффициент преобразования СИТ; T – ПВ СИТ; ξ – КЗ СИТ; p – аргумент преобразования Лапласа.

Это выражение можно преобразовать к виду

$$T^2 p^2 + 2T\xi p + 1 = \frac{k}{W(p)}, \quad (2)$$

где k известно, p может быть выбрано произвольно, а значения $W(p)$ могут быть получены путем пересчета из других эмпирически полученных динамических характеристик, в частности, переходной и импульсной [4]. Для акселерометров получить прямым методом возможно только импульсную характеристику (ИХ) [8–10].

Подставляя значения p_1 и p_2 в (2), можно получить систему уравнений

$$\begin{cases} T^2 p_1^2 + 2T\xi p_1 + 1 = \frac{k}{W(p_1)}; \\ T^2 p_2^2 + 2T\xi p_2 + 1 = \frac{k}{W(p_2)}, \end{cases}$$

решением которой будет

$$T = \sqrt{\frac{1}{p_2(p_2 - p_1)} \left[\frac{k}{W(p_2)} - 1 - \frac{p_2}{p_1} \left(\frac{k}{W(p_1)} - 1 \right) \right]};$$

$$\xi = \frac{\frac{k}{W(p_1)} - 1 - T^2 p_1^2}{2T p_1}. \quad (3)$$

Если ввести обозначение $p_2/p_1 = \beta$, выражение для ПВ будет иметь вид

$$T = \frac{1}{p_1} \sqrt{\frac{1}{\beta(\beta - 1)} \left[\frac{k}{W(p_2)} - 1 - \beta \left(\frac{k}{W(p_1)} - 1 \right) \right]}. \quad (4)$$

Оценивание стандартной неопределенности постоянной времени

Стандартная неопределенность (СН) ПВ, найденной по формуле (4), в соответствии с законом распространения неопределенностей [11] будет определяться выражением

$$u(T) = \left[\left(\frac{\partial T}{\partial W(p_1)} \right)^2 u^2[W(p_1)] + \left(\frac{\partial T}{\partial W(p_2)} \right)^2 u^2[W(p_2)] \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

где $u[W(p_1)]$, $u[W(p_2)]$ – СН ПФ СИТ, а коэффициенты чувствительности определяются по формулам:

$$\frac{\partial T}{\partial W(p_1)} = \frac{k}{W^2(p_1)} \frac{1}{2p_1^2 T(\beta - 1)};$$

$$\frac{\partial T}{\partial W(p_2)} = -\frac{k}{W^2(p_2)} \frac{1}{2p_1^2 T\beta(\beta - 1)},$$

то есть

$$u(T) = \frac{k}{2p_1^2 T(\beta - 1)} \sqrt{\frac{u^2[W(p_1)]}{W^4(p_1)} + \frac{u^2[W(p_2)]}{\beta^2 W^4(p_2)}}, \quad (6)$$

откуда следует, что для оценивания СН ПВ предварительно необходимо оценить СН $u[W(p_1)]$, $u[W(p_2)]$.

Для акселерометров ПФ СИТ наиболее простым способом может быть определена путем пересчета значений ИХ, полученной эмпирически при калибровке [10]:

$$W(p) = \int_0^{\infty} g(t) e^{-pt} dt,$$

где $g(t)$ – ИХ СИТ.

При дискретном измерении ИХ ПФ можно получить по формуле

$$W(p) = \sum_{i=0}^{N-1} g(t_i) e^{-pt_i} (t_{i+1} - t_i) = \Delta t \sum_{i=0}^{N-1} g(i\Delta t) e^{-ip\Delta t}, \quad (7)$$

где $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ – период дискретизации ИХ; $t_i = i \cdot \Delta t$ – моменты времени, в которые измеряется ИХ; $g(t_i) = g(i\Delta t)$ – дискретные значения ИХ СИТ, полученные экспериментально; N – количество дискретных отсчетов ИХ.

Методическая погрешность получения ПФ из ИХ, определяемая по формуле

$$\delta W(p) = \frac{W^*(p) - W(p)}{W(p)} \cdot 100, \quad (8)$$

где $W^*(p)$, $W(p)$ – значения ПФ, полученных по формулам (7) и (1) соответственно, зависит от значения периода дискретизации Δt и числа дискретных отсчетов N (времени измерения ИХ), что показано на рисунке 1 на примере акселерометра со статическим коэффициентом преобразования $k = 9,8 \text{ м/с}$, ПВ $T = 8 \text{ мс}$ и КЗ $\xi = 0,6$.

При этом для рассматриваемого акселерометра погрешность $|\delta W(p)|$ остается более 100 % при любых соотношениях N и p при $\Delta t \leq 1 \text{ мс}$. При уменьшении $\Delta t \leq 1 \text{ мс}$ зависимость $\delta W(p)$ практи-

чески не изменяется и имеет вид, показанный на рисунке 1г, из чего следует необходимость рационального выбора количества наблюдений N для заданного периода Δt для обеспечения достаточного времени измерения ИХ. Для рассматриваемого примера время, при котором погрешность $|\delta W(p)| \leq 1\%$, составляет порядка 65 мс; время, при котором погрешность $|\delta W(p)| \leq 0,1\%$, составляет порядка 90 мс.

СН ПФ:

$$u[W(p)] = \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} \left[\left(\frac{\partial W(p)}{\partial g(t_i)} \right)^2 u^2[g(t_i)] + \left(\frac{\partial W(p)}{\partial t_i} \right)^2 u^2(t_i) + \left(\frac{\partial W(p)}{\partial t_{i+1}} \right)^2 u^2(t_{i+1}) \right] \right\}^{\frac{1}{2}},$$

где $u[g(t_i)]$ – СН дискретных значений ИХ; $u(t_i)$, $u(t_{i+1})$ – СН регистрации моментов времени t_i и t_{i+1} соответственно; коэффициенты влияния определяются по формулам:

$$\frac{\partial W(p)}{\partial g(t_i)} = (t_{i+1} - t_i) e^{-pt_i};$$

$$\frac{\partial W(p)}{\partial t_i} = -g(t_i) e^{-pt_i} [p(t_{i+1} - t_i) + 1] = -[pW(p) + g(t_i) e^{-pt_i}];$$

$$\frac{\partial W(p)}{\partial t_{i+1}} = g(t_i) e^{-pt_i}.$$

Значения ИХ $g(i\Delta t)$ определяются при калибровке акселерометра в вольтах [10], после чего пересчитываются методом цифрового интегрирования в коэффициент преобразования акселерометра в ударном режиме. Максимальная допустимая погрешность измерения напряжения при калибровке составляет $\pm 1\%$ измеренного значения, то есть

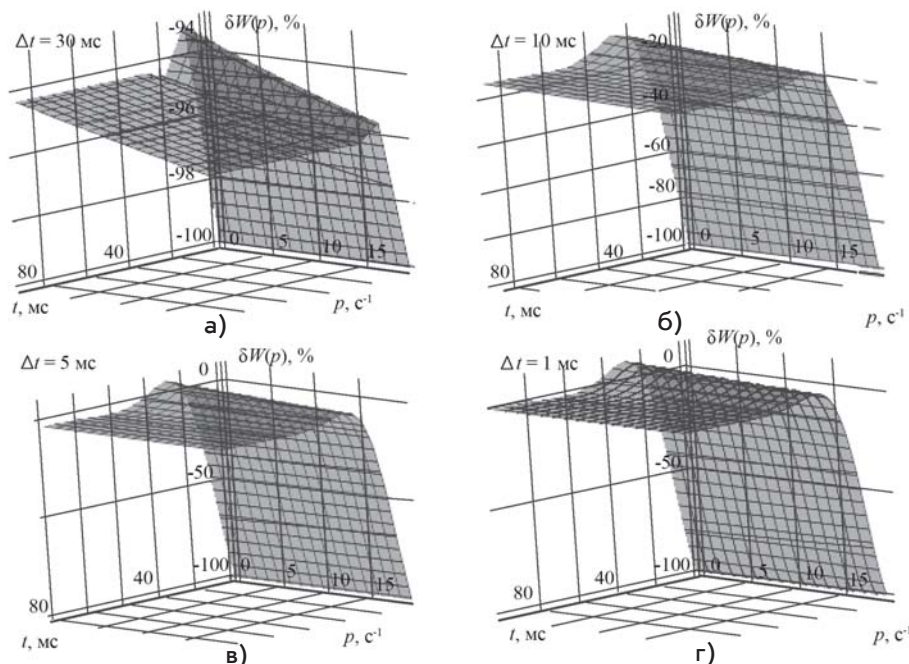


Рис.1. Зависимости погрешности получения передаточной функции СИТ от времени измерения импульсной характеристики и аргумента преобразования Лапласа

стандартная неопределенность с учетом равномерного распределения погрешности внутри границ будет определяться по формуле

$$u[g(t_i)] = 0,01 \cdot g(t_i) / \sqrt{3}. \quad (9)$$

Максимальная допустимая погрешность измерения времени при калибровке оставляет $\pm 0,01\%$ измеренного значения, то есть стандартная неопределенность регистрации времени с учетом равномерного распределения погрешности внутри границ будет определяться по формуле

$$u(t_i) = 10^{-4} t_i / \sqrt{3}, u(t_{i+1}) = 10^{-4} t_{i+1} / \sqrt{3}. \quad (10)$$

С учетом выражений (8), (9) можно получить

$$u[W(p)] = \frac{10^{-2}}{\sqrt{3}} \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} g^2(t_i) e^{-2pt_i} \{(t_{i+1} - t_i)^2 + 10^{-4} t_i^2 [p(t_{i+1} - t_i) + 1]^2 + 10^{-4} t_{i+1}^2\} \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (11)$$

Подставляя выражение (11) в (5), получаем зависимость СН $u(T)$ от параметров β и p_1 . Исследование показало наличие экстремумов (минимумов) функции $u(T)$ при определенных соотношениях параметров β и p_1 , что дает возможность уменьшить $u(T)$. Зависимости оптимальных соотношений β и p_1 (сплошная линия) и соответствующих им минимальных значений неопределенности $u(T)$ (штриховая линия) показаны на рисунке 2, откуда видно, что зависимость $u_{\min}(T)[\beta]$ имеет минимум, равный 2,96 мкс при $\beta = 40$ и $p_1 = 85,91 c^{-1}$ (соответственно $p_2 = 3436,4 c^{-1}$).

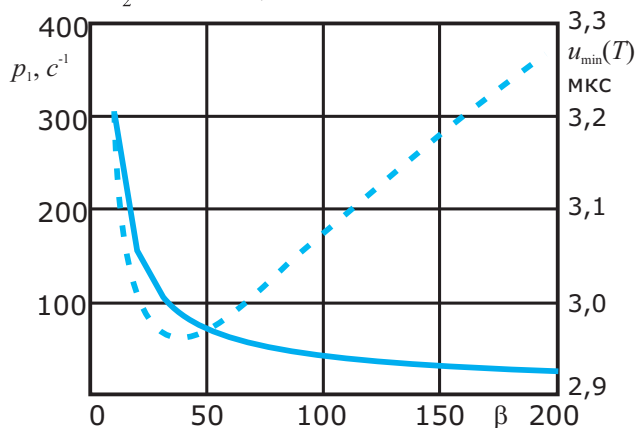


Рис. 2. Зависимость $u_{\min}(T)$ и p_1 от β

Таким образом, предлагаемый подход к выбору параметров при обработке результатов измерительного эксперимента по идентификации ПВ СИТ позволяет уменьшить ее СН в более чем 2600 раз по сравнению со случаем $p_1 = 1 c^{-1}$ и $p_2 = 2 c^{-1}$ ($\beta = 2$).

Оценивание стандартной неопределенности коэффициента затухания

СН КЗ (формула (3)) имеет вид

$$u(\xi) = \sqrt{\left(\frac{\partial \xi}{\partial W(p_1)} \right)^2 u^2[W(p_1)] + \left(\frac{\partial \xi}{\partial T} \right)^2 u^2(T)}, \quad (12)$$

где $u[W(p_1)]$ – СН ПФ СИТ, оцениваемые в соответствии с выражением (7); $u(T)$ – СН ПВ, оцениваемая по формуле (5); коэффициенты чувствительности определяются по формулам:

$$\frac{\partial \xi}{\partial W(p_1)} = -\frac{k}{2Tp_1 W(p_1)};$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial T} = -\frac{\frac{k}{W(p_1)} - 1 - T^2 p_1^2}{2T^2 p_1} - p_1 = -\frac{\xi}{T} - p_1,$$

то есть СН КЗ имеет вид

$$u(T) = \sqrt{\left(-\frac{k}{2Tp_1 W(p_1)} u[W(p_1)] \right)^2 + \left(-\left(\frac{\xi}{T} + p_1 \right) u(T) \right)^2}.$$

В случае получения ПФ СИТ путем пересчета ИХ для оценивания СН ПФ $u[W(p_1)]$ используются выражения (7) и (11). Подставляя последнее в формулы (6) и (12), можно получить зависимость СН $u(\xi)$ от параметров β и p_1 (выражение (5) не содержит параметра β , однако этот параметр оказывает влияние на значение $u(T)$, входящее в выражение (12)). Исследование показало наличие экстремумов функции $u(\xi)$ при определенных соотношениях параметров β и p_1 , что дает возможность уменьшить $u(\xi)$. Зависимости оптимальных соотношений β и p_1 (сплошная линия) и соответствующих им минимальных значений СН $u_{\min}(\xi)$ (штриховая линия) показаны на рисунке 3.

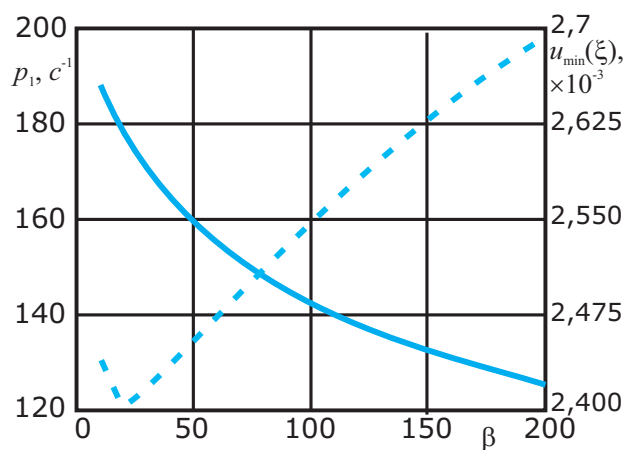


Рис. 3. Зависимость $u_{\min}(\xi)$ и p_1 от β

Как видно из рисунка 3, зависимость $u_{\min}(\xi)[\beta]$ имеет минимум, равный 0,0024 при $\beta = 20$ и $p_1 = 178 c^{-1}$. По сравнению со случаем $p_1 = 1 c^{-1}$ и $p_2 = 2 c^{-1}$ ($\beta = 2$) СН КЗ уменьшена в более чем 5300 раз.

Применение метода наименьших квадратов

Выражение (2) может быть представлено в виде

$$T^2 p^2 + 2T\xi p = \frac{k}{W(p)} - 1.$$

Вводя обозначения

$$\frac{1}{p} \left(\frac{k}{W(p)} - 1 \right) = \beta(p); T^2 = a; 2T\xi = b, \quad (13)$$

можно получить систему линейных уравнений

$$ap_j + b = \beta(p_j), \quad (14)$$

где $j=1...L$, L – количество значений аргумента преобразования Лапласа p_j , для которых рассчитаны значения ПФ СИТ.

Система (14) в простейшем случае может быть решена при наличии полученных для двух значений аргумента преобразования Лапласа p_1 и p_2 значений ПФ $W(p_1)$ и $W(p_2)$, то есть:

$$\begin{cases} ap_1 + b = \beta(p_1); \\ ap_2 + b = \beta(p_2), \end{cases} \quad (15)$$

где $\beta(p_1)$ и $\beta(p_2)$ определяются подстановкой в выражение (13) значений p_1 , p_2 и $W(p_1)$, $W(p_2)$.

Решением системы (15) является:

$$a = \frac{\beta(p_1) - \beta(p_2)}{p_1 - p_2}; \quad b = \frac{p_1\beta(p_2) - p_2\beta(p_1)}{p_1 - p_2}.$$

ПВ и КЗ определяются в соответствии с (13) по формулам:

$$T = \sqrt{a}; \quad (16)$$

$$\xi = \frac{b}{2\sqrt{a}}. \quad (17)$$

Для повышения точности идентификации параметров T и ξ в условиях измерительного эксперимента (при наличии помех различного происхождения) предлагается применить МНК, хорошо проработанный теоретически для системы линейных уравнений [12].

Применяя обозначения $[p] = \sum_{j=1}^L p_j$; $[p^2] = \sum_{j=1}^L p_j^2$; $[\beta(p)] = \sum_{j=1}^L \beta(p_j)$; $[p\beta(p)] = \sum_{j=1}^L p_j \beta(p_j)$, можно получить нормальную систему уравнений:

$$\begin{cases} a \cdot [p^2] + b \cdot [p] = [p\beta(p)]; \\ a \cdot [p] + b \cdot L = [\beta(p)], \end{cases}$$

решением которой является:

$$a = \frac{L[p\beta(p)] - [p][\beta(p)]}{L[p^2] - [p]^2}; \quad b = \frac{[p^2][\beta(p)] - [p][p\beta(p)]}{L[p^2] - [p]^2}.$$

Параметры T и ξ определяются по формулам (16) и (17).

СН коэффициентов a и b оцениваются по формулам:

$$u(a) = \sqrt{\frac{L}{L[p^2] - [p]^2}} u(\delta); \quad u(b) = \sqrt{\frac{[p^2]}{L[p^2] - [p]^2}} u(\delta),$$

где $u(\delta) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^L \delta_j^2}{L-2}}$ – СН невязок δ_j , которые вычисляются при подстановке оценок коэффициентов a и b в систему уравнений

$$\delta_j = ap_j + b - \beta(p_j).$$

СН ПВ в соответствии с уравнением измерения (16) будет иметь вид

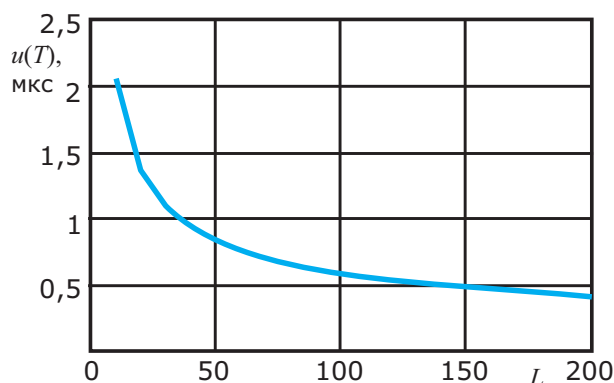
$$u(T) = \frac{\partial T}{\partial a} u(a) = \frac{1}{2\sqrt{a}} u(a) = \frac{1}{2T} u(a).$$

СН КЗ в соответствии с уравнением измерения (17) будет иметь вид

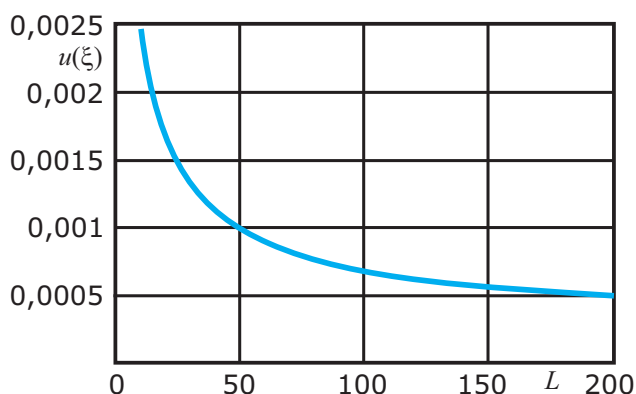
$$\begin{aligned} u(\xi) &= \sqrt{\left(\frac{\partial \xi}{\partial a} \right)^2 u^2(a) + \left(\frac{\partial \xi}{\partial b} \right)^2 u^2(b)} = \\ &= \frac{1}{2T} \sqrt{\left(\frac{\xi}{T} \right)^2 u^2(a) + u^2(b)}. \end{aligned}$$

Как показали исследования, значения СН $u(T)$ и $u(\xi)$ не зависят от значений СН $u[g(t_i)]$ и $u[h(t_i)]$, а определяются количеством отсчетов L (рис. 4).

Значения аргумента преобразования Лапласа p_j были равномерно распределены в диапазоне $p \in [10...2000]$ для исключения методической погрешности, описанной в п. 2. Исследование осуществлялось путем математического моделирования с усреднением 20 значений в каждой точке. Среднее квадратическое отклонение СН $u(T)$ не превысило 3 нс, среднее квадратическое отклонение $u(\xi)$ не превысило $3 \cdot 10^{-6}$.



а)



б)

Рис. 4. Зависимость $u(T)$ (а) и $u(\xi)$ (б) от L

Из рисунка 4 очевидно, что использование МНК позволило существенно уменьшить СН $u(T)$ и $u(\xi)$.

Так, по сравнению с данными рисунка 2 значение $CH\ u(T)$ может быть уменьшено в 7,2 раза (до значения 0,4 мкс). $CH\ u(\xi)$ по сравнению с рисунком 3 может быть уменьшена в 5 раз (до значения 0,0005).

Кроме того, рисунок 4 показывает, что значения $u(T)$ и $u(\xi)$ уменьшаются при увеличении L , к чему, следовательно, необходимо стремиться при планировании измерительного эксперимента по идентификации параметров СИТ, моделируемого колебательным динамическим звеном, по ПФ при помощи МНК.

Выводы

В работе разработан метод идентификации параметров СИТ, моделируемого динамическим звеном колебательного типа, по ПФ. Наиболее предпочтительной для получения ПФ является ИХ, поскольку может быть определена экспериментально при калибровке акселерометров без использования дополнительного оборудования, а также позволяет получить значения ПФ с удовлетворительной СН.

Также предложен алгоритм применения МНК для повышения точности и достоверности результатов измерений за счет использования более полного объема информации о динамических свойствах СИТ. Применение МНК позволило уменьшить СН ПВ до 0,4 мкс, СН КЗ до 0,0005, что соответственно в 7,2 и 5 раз меньше, чем без использования МНК.

Список использованной литературы

1. ГСИ. Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений [Текст] : ГОСТ 8.009-84 : введ. 01.01.86.
2. ГСИ. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерений. Основные положения [Текст]: ГОСТ 8.256-77 : введ. 01.12.77.
3. ГСИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля [Текст] : ГОСТ 8.508-84 : введ. 01.07.85.
4. Захаров И.П. Метрологическая идентификация динамических характеристик средств измерительной техники [Текст]: Учебное пособие / И.П. Захаров, М.П. Сергиенко – Харьков: ХНУРЭ, 2012. – 231 с.
5. Быкова Т.В. Методы обработки результатов динамических измерений [Текст]: учеб. пособие / Т.В. Быкова, Г.А. Черепашук. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 175 с.
6. Оценивание неопределенности идентификации амплитудно-частотных характеристик средств измерительной техники колебательного типа [Текст] / Бакер Аль-Равашдех, Лейт Ахмед Мустафа Аль Равашдех, М.П. Сергиенко // Системы обработки інформації – 2014. – С. 14 – 17.
7. Идентификация динамических характеристик измерителей мощности СВЧ диапазона [Текст] / Бакер Аль-Равашдех, М.П. Сергиенко / 24-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2014). Севастополь, 7 – 13 сентября 2014 г.: материалы конф. в 2 т. Севастополь: Вебер, 2014. – том 2, С. 890 – 891.
8. Вибрация. Методы калибровки датчиков вибрации и удара. Часть 0. Общие положения [Текст] : ГОСТ ISO 5347-0-95 : введ. 01.07.97.
9. Вибрация. Методы калибровки датчиков вибрации и удара. Часть 1. Первичная калибровка методами лазерной интерферометрии [Текст] : ГОСТ ISO 5347-1-96 : введ. 01.07.97.
10. Вібрація. Калібрування датчиків вібрації й удару. Частина 2. Первинне калібрування акселерометрів ударом з використанням балістичного методу вимірювання [Текст]: ДСТУ ГОСТ ISO 5347-2:2004 : введ. 01.01.2005.
11. Захаров И.П. Теория неопределенности в измерениях [Текст]. учеб. Пособие / И.П. Захаров, В.Д. Кукуш – Харьков, Консум, 2002 – 256 с.
12. Теоретична метрологія. Навч. посібник / Упоряд. І.П. Захаров. – Харків: ХТУРЕ, 2000. – 172 с.

Бакер Альравашдех, аспирант кафедры метрологии и измерительной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники;

Марина Петровна Сергиенко, кандидат технических наук, доцент кафедры метрологии и измерительной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники

УДК 53.088.23 (045)

Ю. П. Мачехин,
Ю. С. Курской,
А. С. Гнатенко

ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИН СО СЛОЖНОЙ ДИНАМИКОЙ КАК ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА НЕЛИНЕЙНОЙ МЕТРОЛОГИИ

В работе выполнен анализ основных принципов, моделей и инструментов нелинейной метрологии, используемых для измерения величин со сложной нелинейной динамикой. Рассмотрены основные характеристики моделей измерения и анализа результатов измерения динамических переменных нелинейных динамических систем. Показано, что задача измерения величин со сложной динамикой заключается в оценке интервала всех возможных значений и анализе этого интервала. Для анализа результатов измерения предложено использовать фрактальные и энтропийные шкалы состояния динамических систем. В случае измерений в эволюционирующих системах предложено использовать время возвращения системы в устойчивое состояние. Представленные модели и инструменты нелинейной метрологии могут быть применены для измерения и анализа динамических переменных открытых диссипативных физических, биологических или социальных систем.

The analysis of the basic principles, models and tools of Nonlinear Metrology that are used for measurement of the quantities with complex nonlinear dynamics is presented in the work. The main characteristics of the measurement and measurement results analysis models for case of nonlinear dynamic systems are researched here. It is shown that the problem of the measurement of the quantities with complex nonlinear dynamics is an evaluation of the all possible values interval and the analysis of that interval. It is proposed to use the fractal and entropy scale for analyze of measurement results in dynamic systems. For evolving systems it is proposed to use the return time in a steady state. The models and tools of Nonlinear Metrology can be applied for measurement and analyze of the dynamic quantities of open dissipative physical, biological or social systems.

Измерения в динамическом мире

Темой Международного дня метрологии в 2016 году его организаторы – Международное бюро мер и весов (BIPM) и Международная организация по законодательной метрологии (OIML) – выбрали «Измерения в динамическом мире». Это свидетельствует о понимании в научных метрологических кругах существования проблем точного измерения динамических величин и о появлении новых измерительных задач [1].

Измерение физических величин, значения которых меняются с течением времени, является одной из самых сложных метрологических задач. К ним относятся: измерение скорости движения объектов электромагнитными и акустическими методами, измерение скорости потоков жидкостей и газов, измерение количества потребленной энергии и газа и др. Новые технологии требуют создания новых все более совершенных метрологических инструментов и методов, способных удовлетворить высокие требования к точности измерения характеристик объектов и процессов.

Среди динамических измерений наиболее сложными являются задачи измерения характеристик открытых систем со сложной, нелинейной динамикой поведения. Такие нелинейные дина-

мические системы (НДС) широко представлены в окружающем мире. Это системы физического, биологического и социального происхождения. Несмотря на различную природу происхождения и размеры, НДС имеют общие черты. Динамические переменные (ДП) таких систем подвержены влиянию множества внутренних и внешних факторов, их поведение часто носит нерегулярный, хаотичный характер, они подвержены внешним влияниям [2]. Для исследования НДС применяются инструменты и методы таких специальных междисциплинарных научных теорий, как теория информации, теория систем и теория динамического хаоса [3].

Современная метрология как теоретическая, так и прикладная, задействована для решения широкого круга задач, имеющих как локальное, так и глобальное значение. Наряду с традиционными техническими измерениями перед метрологией стоят задачи обеспечения измерений в климатической, экологической, экономической и социальной сферах [4]. Новые метрологические методы применяются, например, при климатических исследованиях Мирового океана, характеристики которого относятся к величинам со сложной динамикой. Мировой океан является примером

открытой диссипативной НДС. Его характеристики, такие как температура, уровень солености, значение рН-фактора, – это величины со сложным нелинейным поведением [5]. Вторым ярким примером является задача оценки состояния здоровья человека. Организм человека также относится к открытым НДС, а его характеристики – частота сердечного пульса, артериальное давление, температура и др. – это величины со сложным нелинейным поведением [6]. К НДС можно отнести и лазер, а его частоту – к ДП со сложной нелинейной динамикой [7].

Необходимость решения перечисленных и ряда других сложных измерительных вопросов привела к необходимости создания специализированного направления – нелинейной метрологии – основной задачей которой является измерение величин со сложной нелинейной динамикой, характеризующих открытые НДС, подверженные внешним воздействиям и флуктуациям, а в ряде случаев способных к самоорганизации [8]. Анализ основных принципов, методов и инструментов измерения и анализа величин со сложной нелинейной динамикой, предлагаемых нелинейной метрологией, является целью этой работы.

Ключевые положения нелинейной метрологии

Основные результаты исследований по созданию нелинейной метрологии отображены в работах [6–12] и обобщены в монографии [8]. Для измерения ДП НДС и последующего анализа созданы модель измерения [9] и модель анализа результатов измерения [10]. В качестве инструментов анализа предложено использовать фрактальные и энтропийные шкалы состояния НДС [7, 11]. Для анализа состояния эволюционирующих НДС, к которым можно отнести биологические системы и живые организмы, предложено использовать время возвращения системы в устойчивое состояние [6]. В качестве математического аппарата предлагается использовать методы интервальной математики [12].

При построении модели измерения ДП НДС предполагалось, что объект представляет собой квазиизолированную систему с неизвестными значениями и характером поведения ДП [9]. Квазиизолированность подразумевает отсутствие обмена веществом между системой и окружающей средой, но не исключает взаимного влияния и теплообмен. Поскольку хаотичное поведение является априори более сложным, чем случайное, полагается, что система – диссипативная НДС с хаотичным поведением. Такой подход позволяет использовать единую модель измерения, изначально ориентированную на самую сложную ситуацию, но позволяющую на определенном этапе идентифицировать поведение системы и сделать выбор в пользу использования математического аппарата для хаотичного или случайного про-

цесса. Ключевыми элементами модели являются: схема измерительного эксперимента; способ оценки необходимого и достаточного количества информации; способ классификации процесса и выбор математического аппарата обработки результатов измерений; способ оценки результатов измерений.

Особенность измерения величин X со сложной нелинейной динамикой заключается в том, что они не могут быть охарактеризованы одной величиной, а лишь интервалом значений $[X_{\min}, X_{\max}]$, при этом распределение X внутри интервала не может быть описано нормальным распределением. Поэтому задача измерения ДП НДС заключается в оценке интервала всех возможных значений ДП и анализе этого интервала.

Модель анализа результатов измерения ДП НДС [10] кроме оценки интервала всех возможных состояний ДП $X [X_{\min}, X_{\max}]$ требует определения и других параметров, характеризующих свойства и поведение системы. Определение этих параметров требует восстановления фазового портрета НДС. Предлагаемый подход к анализу результатов измерения состоит из ряда этапов: определение фрактальной размерности D_F , определение размерности вложения аттрактора; восстановление фазового портрета; определение локальных (показатели Ляпунова, время предсказания) и общих характеристик (энтропия Шеннона) НДС.

В работе [7] для классификации характера динамики системы была предложена фрактальная шкала временных рядов результатов измерений. Шкала представляет собой интервал значений фрактальной размерности временного ряда результатов измерения D от 1 до 2. Фрактальная размерность D определяется по методу Херста [13]. Значение D позволяет классифицировать процесс и выбрать инструмент анализа результатов измерения: $D = 1$ – процесс регулярный, отсутствует случайная составляющая; $D = 1,5$ – процесс случайный; $1 < D < 1,5$, $1,5 < D < 2$ – процесс хаотичный; $D = 2$ – разброс значений значительно преобладает над значением измеряемой величины. Если процесс классифицирован как случайный или регулярный, для анализа результатов измерения могут быть применены стандартизированные подходы, предлагаемые Руководством по выражению неопределенности результатов измерения [14, 15]. Если процесс и система классифицированы как хаотичные, должны быть использованы подходы и инструменты оценки, разработанные для НДС.

Для количественной оценки состояния и характеристик систем со сложным, хаотичным поведением в работе [11] предложено использовать фрактально-энтропийный анализ. Энтропия Шеннона H является ключевым элементом модели измерения ДП НДС [12]. В информационной теории измерений она используется как характеристика

разброса результатов измерений. Однако в случае измерений ДП НДС энтропия характеризует не столько разброс, сколько разнообразие значений измеряемой величины с высоким уровнем вероятности: чем больше значений она принимает с высокой степенью вероятности, тем больше энтропия. В случае марковского процесса энтропию можно определить через плотность вероятности $p(X_i)$ i -й ДП X_i :

$$H = -\sum_i p(X_i) \ln p(X_i).$$

Являясь характеристикой состояния системы, энтропия живых организмов меняется с течением времени. При этом ее значение может как уменьшаться, так и возрастать вследствие внешних воздействий, внутренних процессов и эволюции системы. Наблюдение за значением энтропии позволяет делать вывод о состоянии эволюционирующей системы.

Определение энтропии Шеннона является сложной процедурой, связанной с необходимостью определения функции распределения результатов измерений $p(X_i)$. Поэтому возникла необходимость связать энтропию и фрактальную размерность временного ряда результатов измерений $X_n, \dots, X_i$. Полученное выражение связи имеет вид:

$$H = \ln [2kR(n/2)^{D-2}],$$

где k – энтропийный коэффициент; R – размах между максимальным и минимальным значениями функции приращения $x(i, n)$; n – количество измерений.

Полученное выражение может быть использовано в моделях измерений и анализа результатов измерений динамических переменных нелинейных динамических систем.

Результаты перечисленных исследований позволили предложить модель измерения здоровья человека [6]. При этом организм человека рассматривается как открытая, диссипативная НДС с функцией самоорганизации. Разделяют устойчивое (состояние нормального функционирования) и возбужденное состояния организма, из которого организм постепенно возвращается в устойчивое состояние.

В модели использованы: интервалы значений ДП организма $X(t)$ (пульс, артериальное давление, температура) в устойчивом $[X_s^{min}(t), X_s^{max}(t)]$ и возбужденном $[X^{min}(t), X^{max}(t)]$ состояниях; нормированная энтропия Шеннона $\|H_s\|, \|H\|$ в устойчивом и возбужденном состояниях, соответственно; время прогноза поведения ДП $X(t)$ в устойчивом t_s и возбужденном t состояниях. В качестве основного показателя состояния здоровья рассматривается время возврата T в устойчивое состояние после снятия нормированного внешнего воздействия. Для количественной оценки состояния здоровья предложены числовой портрет, энтропийные и временные шкалы:

$$\left\{ \begin{array}{l} [X_s^{min}(t), X_s^{max}(t)], \|H_{s0}\|, t_s; \\ [X^{min}(t), X^{max}(t)], \|H\|, t; \\ T \\ 0, \dots, \|H_s\|, \dots, 1; \\ 0, \dots, T_s, \dots, \infty. \end{array} \right\},$$

Реперной точкой энтропийной шкалы является норма энтропии H_s – значение энтропии Шеннона, соответствующее здоровому состоянию организма. Норма энтропии является индивидуальной характеристикой отдельного организма и меняет свое значение с течением времени. Предложен способ определения нормы энтропии, учитывающий индивидуальность и эволюционные изменения организма. В рамках модели решена задача определения значения величины внешнего нормированного воздействия, необходимого для определения времени возврата системы в устойчивое состояние T , используемого в качестве количественной характеристики здоровья.

В работе [12] предложено использовать методы интервальной математики для составления уравнения измерения ДП НДС. Выбор обусловлен интервальным характером значений измеряемых динамических переменных. Ценность интервальных решений заключается в том, что они содержат точные решения исходных задач и дают возможность полного учета неопределенностей, включая неточные данные уравнения измерения. Получены уравнения измерения энтропии Шеннона отдельной динамической переменной и всей нелинейной динамической системы на основе интервальных представлений результатов измерения.

Таким образом, анализ основных принципов, методов и инструментов, предлагаемых нелинейной метрологией, показал универсальность и комплексность подхода к решению сложной метрологической задачи измерения величин со сложной нелинейной динамикой. Модели и инструменты нелинейной метрологии могут быть применены для измерения динамических переменных различных по происхождению открытых систем со сложной нелинейной динамикой ее параметров как физических, так и биологических или социальных.

Выводы

Выполнен анализ основных принципов, методов и инструментов измерения величин со сложной нелинейной динамикой, предлагаемых нелинейной метрологией.

Для измерения динамических переменных нелинейных динамических систем и последующего анализа созданы модель измерения и модель анализа результатов измерения.

В качестве инструментов анализа предложено использовать фрактальные и энтропийные шкалы состояния нелинейных динамических систем. Для

анализа эволюционирующих систем, предложено использовать время возвращения системы в устойчивое состояние,

В качестве математического аппарата предлагается использовать методы интервальной математики. Ценность интервальных решений заключается в том, что они содержат точные решения исходных задач и дают возможность полного учета неопределенностей, включая неточные данные уравнения измерения.

Модели и инструменты нелинейной метрологии могут быть применены для измерения динамических переменных различных по происхождению открытых систем со сложной нелинейной динамикой ее параметров как физических, так и биологических или социальных.

Список использованной литературы

1. Press release. World metrology day 2016 «Measurements in a dynamic world» / BIPM [Электронный ресурс]: – Режим доступа: www.worldmetrologyday.org/press_release.html
2. Трубецков Д. И., Мчедлова Е. С., Красичков Л.В. Введение в теорию самоорганизации открытых систем. М.: Физматлит, 2005. – 278 с.
3. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение. пер. с нем. М.: Мир, 1988. – 376 с.
4. Fisher, W. P. New metrological horizons: invariant reference standards for instruments measuring human, social, and natural capital / W. P. Fisher // New metrological horizons: invariant reference standards for instruments measuring human, social, and natural capital: materials of 12th IMEKO TC1 & TC7 Joint Symposium on Man Science & Measurement. – Annecy, France.– 2008. – P. 51–58.
5. R Feistel, R Wielgosz, S A Bell, M F Camoes. Metrological challenges for measurements of key climatological observables: oceanic salinity and pH, and atmospheric humidity. Part 1: overview/ Metrologia, 53. 2016.
6. Ю. П. Мачехин, Ю. С. Курской. Модель измерения здоровья человека. Метрологический подход // Метрологія та прилади. – 2014 – Вып. 02 (46). – С. 40 – 44.
7. Мачехин Ю. П. Фрактальная шкала для временных рядов результатов измерений // Измерительная техника. – 2008.– № 8.– С. 40–43.
8. Мачехин Ю. П., Курской Ю. С. Монография «Основы нелинейной метрологии». Издательство: LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN: 978-3-65957-401-6, 2014.
9. Мачехин Ю. П., Курской Ю. С. Модель измерения параметров нелинейных динамических систем // Системы обработки информации. – 2012.– № 1 (99). – С. 169–175.
10. Мачехин Ю. П., Курской Ю. С. Анализ результатов измерений в нелинейных динамических системах // Системы обработки информации. – 2012. – № 7 (105). – С. 117–122.
11. Мачехин Ю. П., Курской Ю. С. Фрактально-энтропийный анализ результатов измерений в нелинейных динамических системах // Измерительная техника. – 2014.– № 6.– С. 18-21.
12. Мачехин Ю. П., Курской Ю. С. Составление уравнения измерения энтропии Шеннона нелинейных динамических систем с использованием методов интервального анализа // Приборы и методы измерений. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 257– 263.
13. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 258 с.
14. ISO/IEC Guide 98-1:2009 Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement: стандарт / ISO, Женева, 27.08.2009.
15. ISO/IEC Guide 98-3:2008/Suppl.1:2008/Cor.1:2009 Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) – Supplement 1: Propagation of distributions using a Monte Carlo method – Technical Corrigendum 1: стандарт / ISO, Женева, 07.05.2009.

Юрий Павлович Мачехин, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физических основ электронной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники;

Юрий Сергеевич Курской, кандидат технических наук, доцент кафедры физических основ электронной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники;

Александр Сергеевич Гнатенко, аспирант кафедры физических основ электронной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники

УДК 681.121 (045)

О.Е. Середюк,
А.И. Компан,
С.П. Бондарь,
Т.В. Лютенко,
А.С. Ильенко,
М.А. Смирнов

СЛИЧЕНИЕ УЗЛОВ УЧЕТА ПРИРОДНОГО ГАЗА РАЗНЫХ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ НА РЕАЛЬНОЙ СРЕДЕ

Предложено техническое решение для проведения сличений средств учета природного газа. Приведены технические и метрологические характеристики турбинного счетчика типа КВТ, который использовался как эталонный при сличениях. Выполнены сличения узла учета на базе роторного счетчика газа типа КВР с узлом учета на базе турбинного счетчика КВТ при давлениях природного газа 3 бар и 6 бар. Выполнены сличения узла учета газа на базе расходомера переменного перепада давления ФЛОУТЕК с узлом учета на базе счетчика КВТ при давлениях 3 бар и 5 бар. Осуществлено вычисление неопределенности измерений при выполненных сличениях. Подтверждено наличие дополнительной погрешности от изменения рабочего давления природного газа в узлах его учета.

The technical solution for comparisons of the natural gas metering systems is proposed. Technical and metrological characteristics of the turbine meter type KVT, which was used as a reference during comparisons are given. The comparisons of unit accounting based on rotary gas meter type KVR with a accounting unit on the basis of turbine meter KVT at a pressure of natural gas of 3 bar and 6 bar are performed. The comparisons of gas accounting unit on the basis of variable pressure drop flowmeter FLOUTEK with the accounting unit based on the meter KVT at a pressure of 3 bar and 5 bar are performed. The calculation of measurement uncertainty in comparisons is realized. The presence of additional error on the change of natural gas operating pressure in the accounting units is confirmed.

Постановка проблемы

Вопросы повышения точности учета природного газа были и остаются актуальной научно-практической задачей, поскольку они касаются не только рационального и экономного использования природного газа, но и вопросов энергетической безопасности государства. Это в полной мере касается Украины.

В настоящее время основное внимание уделяется изучению вопросов определения потерь природного газа главным образом вследствие дисбаланса в системах его транспортирования и распределения [1, 2]. В то же время требуют более детального изучения узлы учета природного газа, поскольку высокая точность элементов измерительной схемы может быть сведена на нет в условиях эксплуатации.

Как правило, производители средств измерительной техники (счетчиков, вычислителей) об эксплуатационных характеристиках судят по претензиям потребителей. В условиях эксплуатации могут быть выявлены только явные отказы, а отклонения метрологических характеристик могут быть выявлены лишь при периодических поверках. Влияние условий эксплуатации комплекса средств измерительной техники на конечный ре-

зультат — достоверность учета газа — могут оставаться невыявленными, т. к. результаты периодических поверок в лабораторных условиях средств измерений могут оставаться положительными.

Поэтому вопросы изучения метрологических характеристик средств учета природного газа в эксплуатационных условиях являются актуальной задачей.

Анализ последних достижений и публикаций

Последние научные исследования относительно средств учета природного газа касаются изучения их метрологических характеристик на эталонных установках, в которых для повышения достоверности результатов исследований во все большей степени используется природный газ как рабочая среда [3, 4]. Указанные результаты исследований не могут быть подтверждены в эксплуатационных условиях, поскольку необходим демонтаж счетчиков и возможное изменение их метрологических характеристик при транспортировке.

Для контроля метрологических характеристик в условиях эксплуатации могут применяться контрольные счетчики газа [5], практическое применение которых прежде всего касается только диагностирования счетчиков с целью определения непревышения погрешности допустимого значения.

Известно также применение дублирующих узлов учета природного газа различных принципов действия [6] для повышения достоверности точности учета без конкретизации их метрологических характеристик.

Метрологические характеристики расходомеров переменного перепада давления природного газа в условиях эксплуатации есть практически экспериментально неизученный вопрос, поскольку они определяются преимущественно расчетным путем на стадии проектирования [7].

Одним из примеров их экспериментальных исследований могут быть результаты сличения с ультразвуковыми расходомерами в промышленных условиях эксплуатации [8], которые подтверждают сопоставимость их метрологических характеристик (погрешность) при различных статистических характеристиках результатов измерения расхода. Поэтому целесообразным будет проведение сличений промышленных средств учета природного газа в условиях эксплуатации, в том числе с использованием теории неопределенности в измерениях.

Формулирование цели статьи

Целью работы является сличение последовательно смонтированных в трубопроводе средств учета природного газа различных принципов действия с применением для метрологической оценки теории неопределенности в измерениях.

Изложение основного материала

Для метрологического исследования узлов учета природного газа и их элементов непосредственно в условиях эксплуатации создан испытательный полигон на базе действующей газораспределительной станции высокого давления, работающей в газораспределительных сетях ПАО «Днепрогаз» (г. Днепропетровск, Украина).

В условиях полигона (рис. 1) предусмотрена возможность исследования эксплуатационных характеристик расходомерных узлов на природном газе непосредственно на действующем газопроводе при абсолютном давлении до 6 бар и максимальных измеряемых расходах газа 1000 м³/ч (в рабочих условиях).



Рис.1. Общий вид полигона

Схема предусматривает возможность одновременной работы до 8 последовательно включенных счетчиков.

Для приведения газа к стандартным условиям применены вычислители: ФЛОУТЕК (для метода переменного перепада давления) и корректоры ВЕГА 2.03 (0,7–1 МПа) для счетчиков.

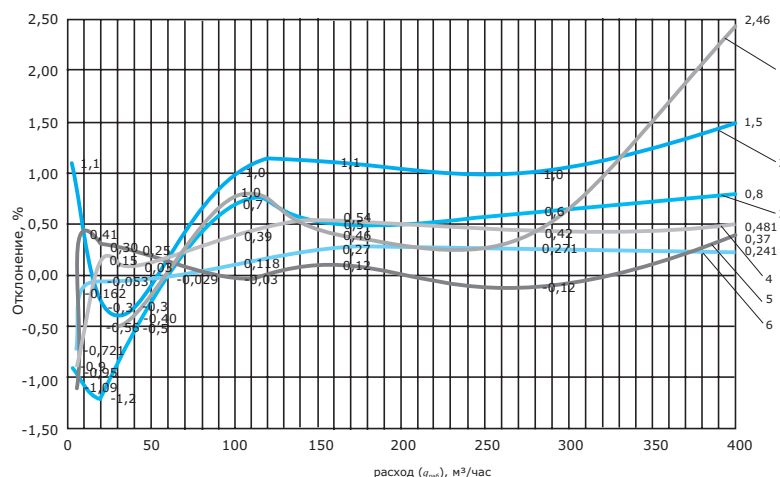
Полигон оснащен системой централизованного сбора и обработки результатов измерений с исследуемых счетчиков и расходомеров. Система построена по многоканальному принципу и обеспечивает сбор и обработку результатов измерений с каждого узла учета газа как архивных данных, так и мгновенных значений. Обеспечивается полный доступ и управление корректорами-вычислителями.

Предусмотрена возможность циклического опроса данных в реальном масштабе времени с задан-

Таблица 1

Результаты градуировки счетчика КВТ

Диапазон	$q_p, \text{м}^3/\text{ч}$	Воздух			Газ	Газ, ноябрь 2013	
		Днепрогаз 07.11.2013	Харьков 30.10.2013	Ив-Франковск ЦСМ 12.11. 2013	Ивано- Франковскгаз 2013	Полигон 3 бар	Полигон 5 бар
q_{max}	400	0,48	0,241	0,37	2,46	0,8	1,5
$0,7q_{\text{max}}$	280	0,42	0,271	-0,12	0,42	0,6	1,0
$0,4q_{\text{max}}$	160	0,54	0,27	0,12	0,40	0,5	1,1
$0,25q_{\text{max}}$	100	0,39	0,118	-0,03	0,76	0,7	1,3
	60		-0,029				
$0,1q_{\text{max}}$	40	0,08		0,25	-0,40	-0,5	-0,3
$0,05q_{\text{max}}$	20	0,5	-0,053	0,30	-0,50	-1,2	-0,3
	8		-0,162	0,41			
	5	-0,95	-0,721	-1,09			
q_{max}	2,5					-0,9	1,1



1 — Ивано-Франковск, воздух 12.11.2013; 2 — Харьков, воздух 30.10.2013; 3 — Днепр, воздух 7.11.2013;
4 — Ивано-Франковск, природный газ, 2013 год; 5 — 3 бар, природный газ, 2013; 6 — 5 бар, природный газ, 2013;

Рис. 2. Иллюстрация градуировки счетчика КВТ

ным интервалом, отображение процессов в графическом виде как текущих, так и архивных значений.

В качестве эталонного средства измерения объема газа используется турбинный счетчик со следующими характеристиками:

- типоразмер KBT-1.01-G250-80-8.0-0.7;
- номинальный диаметр DN: 80 мм;
- минимальный расход q_{min} : 8,0 м³/ч;
- переходной расход q_t : 12,5 м³/ч;
- максимальный расход q_{max} : 400 м³/ч;
- производитель: СП «Радмиртех», г. Харьков;
- корректор объема газа ВЕГА — 2.03.
- границы допустимой относительной погрешности измерения объема газа при стандартных условиях для диапазона расходов:

$$q_{min} - 0,05 q_{max} \pm 2,25 \%; 0,05 q_{max} - q_{max} \pm 1,25 \%.$$

Результаты испытаний приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

Сличению подвергался узел учета на базе роторного счетчика газа с характеристиками:

- типоразмер KBP-1.01G250-80-1.6-1.0;
- номинальный диаметр DN: 80 мм;
- минимальный расход q_{min} : 1,6 м³/ч;
- максимальный расход q_{max} : 400 м³/ч;
- производитель: СП «Радмиртех», г. Харьков;
- корректор объема газа ВЕГА — 2.03.
- границы допустимой относительной погрешности измерения объема газа при стандартных условиях для диапазона расходов:

$$q_{min} - 0,05 q_{max} \pm 2,0 \%; 0,05 q_{max} - q_{max} \pm 1,0 \%.$$

Результаты испытаний приведены в таблице 2 и на рисунке 3.

Неопределенность измерения при выполнении сличений вычислялась по формуле

$$u = \sqrt{u_{BI}^2 + u_{BM}^2}, \quad (1)$$

где u_{BI} — оценка инструментальной стандартной неопределенности по типу В; u_{BM} — оценка методической стандартной неопределенности по типу В.

Таблица 2
Результаты сличения узлов учета газа на базе счетчиков КВР и КВТ

Диапазон	$q_p, \text{м}^3/\text{ч}$	Воздух, май 2014	Газ, ноябрь 2013 – апрель 2014		Газ, ноябрь 2013 – апрель 2014	
			3 бар	6 бар	3 бар	6 бар
q_{max}	400	1,12	0,20	0,1	-0,6	-1,4
$0,7 q_{max}$	280	0,91	0,40	0,4	-0,2	-0,5
$0,4 q_{max}$	160	0,62	0,50	0,3	0,0	-0,8
$0,25 q_{max}$	100	0,55	0,70	0,6	0,0	-0,3
$0,1 q_{max}$	40	-0,81	0,80	0,4	1,3	0,7
$0,05 q_{max}$	20	-0,99	1,40	0,5	2,7	0,8
q_{min}	2,5		-4,40	-1,5	-3,5	-2,5

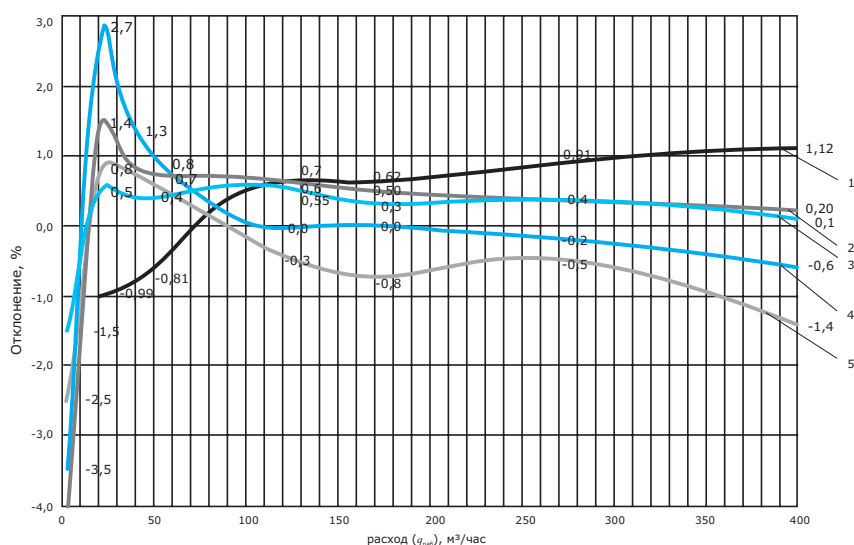
Значение u_{BI} с учетом равномерного распределения погрешности измерения эталонного средства вычисляется как $\delta_{\Sigma}/\sqrt{3}$ (δ_{Σ} — граница допускаемой относительной погрешности измерения объема газа при стандартных условиях эталонным счетчиком с корректором).

Значение u_{BM} численно вычисляется как $\delta/\sqrt{3}$ (δ — разница показаний сличаемых узлов учета газа).

Результаты вычисления неопределенности для разных условий сличения приведены в таблице 3.

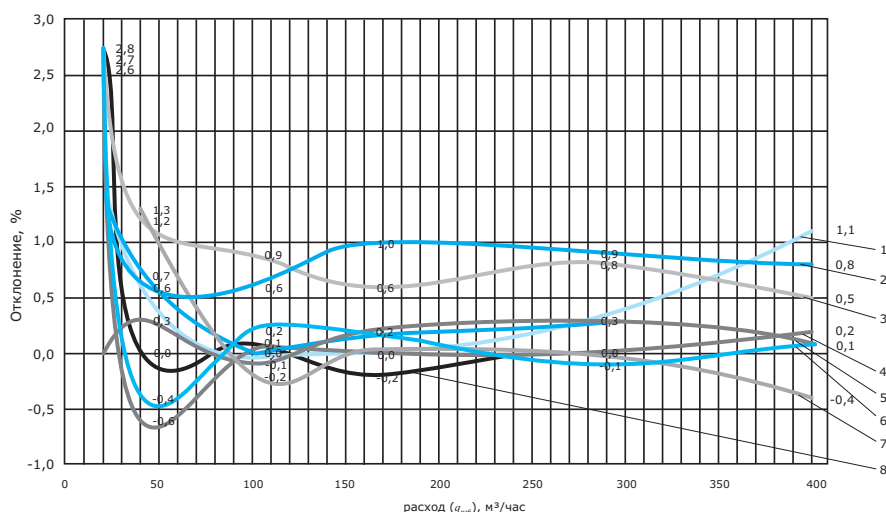
Таблица 3
Значение неопределенности при сличении узлов учета газа на базе счетчиков КВР и КВТ

Стандартная неопределенность	Диапазон расходов $q_{min} - 0,05 q_{max}$		Диапазон расходов $0,05 q_{max} - q_{max}$	
	3 бар	6 бар	3 бар	6 бар
$u_{BI}, \%$	1,30	1,30	0,72	0,72
$u_{BM}, \%$	2,54	1,45	0,75	0,81
$u, \%$	2,85	1,95	1,04	1,08



1 — 12.05.2014 г., воздух; 2 — 3 бар, природный газ, 2013 г.; 3 — 6 бар, природный газ, 2013 г.; 4 — 3 бар, природный газ, среднее взвешенное; 5 — 6 бар, природный газ, среднее взвешенное

Рис. 3. Иллюстрация результатов сличения узлов учета газа на базе счетчиков КВР и КВТ



1 — 3 бар, октябрь 2013; 2 — 5 бар, октябрь 2013; 3 — 3 бар, декабрь 2013; 4 — 5 бар, декабрь 2013; 5 — 3 бар, январь 2014; 6 — 5 бар, январь 2014; 7 — 3 бар, февраль 2014; 8 — 5 бар, февраль 2014

Рис. 4. Иллюстрация результатов сличения узлов учета газа ФЛОУТЕК-ТМ и на базе счетчика КВТ

Сличению подвергался также узел учета газа на базе расходомера переменного перепада давления с характеристиками:

- измерительный комплекс ФЛОУТЕК-ТМ № 5;
- верхний предел измерения расхода, приведенного к стандартным условиям: 1000 м³/ч;
- нижний предел измерения расхода, приведенного к стандартным условиям: 87,927 м³/ч;
- внутренний диаметр трубопровода перед сужающим устройством: 80мм.
- рабочее давление: до 1,6 МПа.

Результаты испытаний приведены в таблице 4 и на рисунке 4.

Таблица 4

Результаты сличения узлов учета газа ФЛОУТЕК-ТМ и на базе счетчика КВТ

Диапазон	q_p , м³/ч	Октябрь 2013		Декабрь 2013		Январь 2014		Февраль 2014	
		3 бар	5 бар	3 бар	5 бар	3 бар	5 бар	3 бар	5 бар
q_{max}	400	-0,4	-0,4	1,1	0,1	0,5	-1,4		
$0,7q_{max}$	280	0,0	0,0	0,3	0,3	0,8	-0,5		
$0,4q_{max}$	160	-0,2	0,0	0,2	0,2	0,6	-0,8		
$0,25q_{max}$	100	0,1	-0,2	-0,1	0,0	0,9	-0,3		
$0,1q_{max}$	40	0,0	1,3	0,3	0,7	1,2	0,7		
$0,05q_{max}$	20	2,8		1,8	1,6	2,6	0,8		

Таблица 5

Значение неопределенности при сличении узлов учета газа
ФЛОУТЕК–ТМ и на базе счетчика КВТ

Стандарт. неоперед.	Диапазон расходов $0,05q_{max} - 0,25q_{max}$				Диапазон расходов $0,25q_{max} - q_{max}$			
	3 бар		5 бар		3 бар		5 бар	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
u_{BH}^* %	1,30	1,30	1,30	1,30	0,72	0,72	0,72	0,72
u_{BM}^* %	1,62	1,56	0,92	0,86	0,63	0,46	0,23	0,57
u , %	2,08	2,03	1,59	1,56	0,96	0,86	0,75	0,91

Выводы

Проведенные исследования подтвердили возможность проведения сличений практически равнозначных средств измерения объема природного газа. Полученные результаты позволили численно охарактеризовать неопределенность измерения узла учета в условиях эксплуатации, что открывает пути повышения достоверности измерения объема и расхода газа.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение количественного влияния условий работы узлов учета природного газа на их метрологические характеристики.

Список использованной литературы

1. Матіко Ф. Д. Визначення балансу об'єму природного газу в системах його транспортування та розподілу / Ф. Д. Матіко, Є. П. Пістун // Метрологія та прилади. – 2014. – № 1. – С. 10–16.
2. Андріішин М. П. Баланс газу в газотранспортній системі / М. П. Андріішин // Нафтогазова галузь України. – 2014. – № 1. – С. 21–24.
3. Стеценко А. А. Сравнительный анализ методов определения метрологических характеристик счетчиков газа ГУВР-011/ А. А. Стеценко, В. Л. Сорокопут, С. Д. Недзельский // Системы обработки информации. – 2013. – Вып. 3 (110). – С. 178–181.
4. Власюк Я. М. Методика експериментальних досліджень впливу параметрів природного газу на метрологічні характеристики лічильників природного газу / Я. М. Власюк, А. Г. Бестелесний, І. С. Кісіль // Методи та прилади контролю якості. – 2007. – № 18. – С. 46–50.
5. Власюк Я. М. Аналіз застосування контрольних лічильників газу для підвищення точності обліку природного газу / Я. М. Власюк, О. Є. Середюк, В. В. Малісевич // Методи та прилади контролю якості. – 2009. – № 23. – С. 66–72.

6. Розгонюк В. В. ГВС «Гребеники» – газомірювальна станція 2005 року / В. В. Розгонюк, Я. М. Власюк // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 3. – С. 50–51.

7. Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Ч. 5. Методика виконання вимірювань: ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009. – [Чинний від 2010-04-01]. – К.: Держстандарт України, 2009. – 198 с.

8. Середюк О. Е., Т. В. Лютенко Експериментальні дослідження вузлів обліку природного газу різних принципів дії // Метрологія та прилади. – 2015. – № 3. – С. 51–56.

Орест Евгеньевич Сердюк, доктор технических наук, профессор кафедры методов и приборов контроля качества и сертификации продукции Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа;

Артем Игоревич Компан, директор департамента природного газа ООО «РГК Трейдинг», аспирант Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа;

Сергей Петрович Бондарь, руководитель отдела метрологии, технического обеспечения и контроля департамента природного газа ООО «РГК Трейдинг»;

Татьяна Владимировна Лютенко, аспирант Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа;

Артем Сергеевич Ильенко, заместитель председателя правления по снабжению и учету газа ПАО «Днепрогаз»;

Михаил Анатольевич Смирнов, кандидат технических наук, ведущий инженер ПАО «Днепрогаз»

УДК 006.91:621.753.38:531 (045)

В. В. Скляр,
 Я. С. ДовженкоИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
ВРЕМЕНИ ДЕЙСТВИЯ
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ
И ОСНОВНОЙ НАГРУЗОК ПРИ
ИЗМЕРЕНИИ ТВЕРДОСТИ

В статье описываются проведенные работы по исследованию влияния времени индентирования при измерении твердости по шкале Роквелла. Определены коэффициенты чувствительности при различных временных интервалах воздействия индентора на меру твердости. Получены зависимости измеренной твердости от времени приложения нагрузки при использовании сфероконического индентора. Показано влияние времени приложения нагрузок на расширенную неопределенность при измерении твердости в диапазонах 20-30 HRC, 40-50 HRC, 60-70 HRC и 80-86 HRA. Работы проводились на государственном первичном эталоне единиц твердости (ДЕТУ 02-04-99).

The article describes the works on researching the effect of indentation time in the measurement of the hardness using Rockwell scales. The sensitivity coefficients are determined at different times of indentation applied to the hardness blocks. The dependence of the measured hardness from the load application time is obtained. The influence of the load time application to expanded uncertainty in the measurement of hardness in the range of 20-30 HRC, 40-50 HRC, 60-70 HRC and 80-86 HRA is shown. The works were carried out on the national primary standard of Ukraine of hardness units (DEТУ 02-04-99).

Введение

Анализируя результаты международных сличений, зачастую приходится объяснять причины завышенных или заниженных значений измерений твердости. Определение значения твердости зависит от результата измерений большего числа различных параметров, таких как масса нагрузок, радиус и угол сфероконического индентора, глубина проникновения индентора, время приложения нагрузок. Алгоритм измерения твердости на эталоне и использование мер твердости для передачи единицы твердости должны соответствовать [1–3]. В данной работе показано влияние коэффициента чувствительности для времени действия предварительной и основной нагрузок на расширенную неопределенность.

В работе [4] определено влияние увеличения времени предварительной нагрузки для диапазонов HRB и HRC. Обсуждено влияние эффектов упрочнения и размягчения на результат измерений. Проведено сравнение неопределенности измерений при различных уровнях твердости.

Методология и алгоритм

Учитывая методологию в определении неопределенности (использование коэффициентов чувствительности) для эталонов твердости, обозначены следующие изменяющиеся составляющие бюджета неопределенности:

- предварительная нагрузка, F_0 ;
- общая нагрузка, F ;
- геометрия индентора, R_α , α_m ;
- глубина индентирования, h ;
- скорость индентирования, V_{fis} ;

- время действия предварительной нагрузки, T_p ;
- время действия общей нагрузки, T_{df} ;
- несовпадение державки индентора с осью приложения нагрузки, d .

Приведенные величины определяют уравнение измерения твердости в неявном виде:

$$HR = f(F_0, F, \alpha_m, R_\alpha, (R_\beta), h, V_{fis}, T_p, T_{df}, d). \quad (1)$$

Отношение изменения измеренных значений твердости ΔH к измерению каждого из параметров Δx_i , составляющих бюджет неопределенности, определяется как коэффициент чувствительности c_i :

$$c_i = \frac{\Delta H}{\Delta x_i}. \quad (2)$$

Коэффициент чувствительности является величиной, находящейся в пределах допусков режимов работы эталона.

Задача в определении коэффициентов чувствительности сводится к измерению твердости образцовых мер первого разряда при различных вариациях составляющих бюджета неопределенности для каждого из диапазона твердости, воспроизводимого эталоном.

В соответствии с [3] время действия предварительной нагрузки не должно превышать 3 с ($T_p \leq 3$ с), время перехода от предварительной к основной нагрузке должно быть не менее 1 с, но не более 8 с ($1 \text{ с} < t_{apply} < 8 \text{ с}$), время действия общей нагрузки T_{df} должно составлять от 4 с $\pm$ 2 с. Также важно соблюдать скорость индентирования при приложении общей нагрузки – 20 мкм/с $< V_{fis} < 40$ мкм/с. Подобные работы по

исследованию скорости индентирования для шкалы Супер-Роквелла описаны в работах [5, 6].

При проведении эксперимента времена приложения предварительной и основной нагрузок изменялись в диапазоне от 1 с до 10 с, другие же составляющие (масса нагрузок, радиус и угол сфероконического индентора, глубина проникновения индентора, скорость индентирования) принимались как постоянные и соответствующие требованиям [1–3].

Работы проводились на государственном первичном эталоне Украины единиц твердости (ДЕТУ 02-04-99) (рис. 1).



Рис. 1. Государственный первичный эталон единиц твердости

Для проведения исследований использовались меры твердости первого разряда (рис. 2). Меры твердости первого разряда произведены «Centre MET» Ltd (Россия), имеют длину 60 мм, ширину 40 мм и толщину 6 мм.

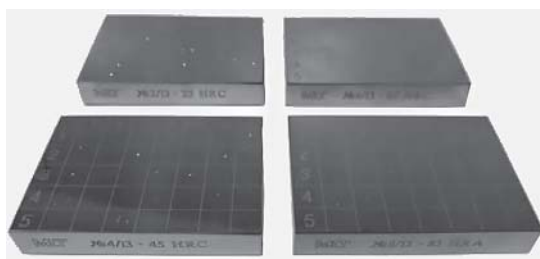


Рис. 2. Набор мер твердости первого разряда

Верхняя поверхность меры подготовлена для измерений. Измерительная поверхность расчерчена на ячейки 7 мм на 7 мм для определения зон индентирования. Размер измерительной поверхности имеет 35 зон для проведения измерений.

Обсуждение результатов

На рисунках 3, 4, 5 и 6 представлены зависимости измеренных значений твердости от времени приложения предварительной нагрузки для четырех диапазонов 20-30 HRC, 40-50 HRC, 60-70 HRC и 80-86 HRA.

Определяем уравнение полученной прямой и коэффициент чувствительности для каждого из четырех диапазонов.

Результаты, полученные на рисунках 2 – 5, согласуются с экспериментальными данными [4].

Выполним подобные измерения с увеличенным временем T_p воздействия предварительной нагрузки F_0 и увеличенным временем T_{df} воздействия основной F нагрузки.

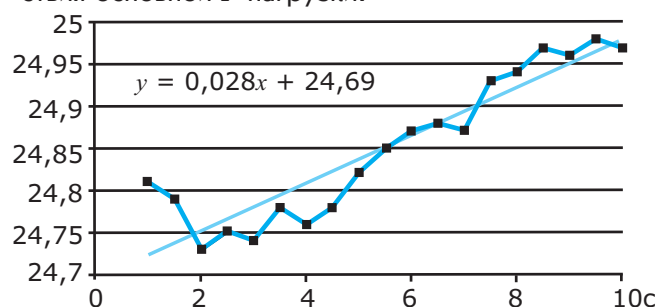


Рис. 3. Зависимость измеренных значений твердости от времени приложения предварительной нагрузки для диапазона 20-30 HRC

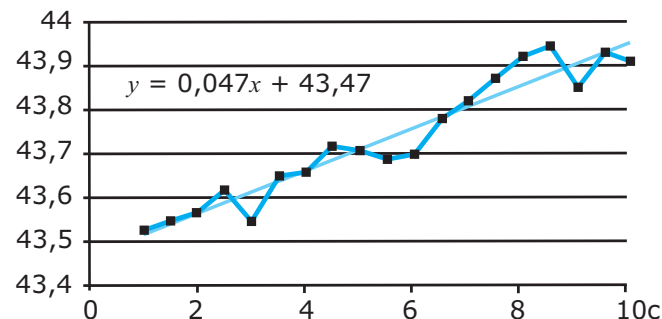


Рис. 4. Зависимость измеренных значений твердости от времени приложения предварительной нагрузки для диапазона 40-50 HRC

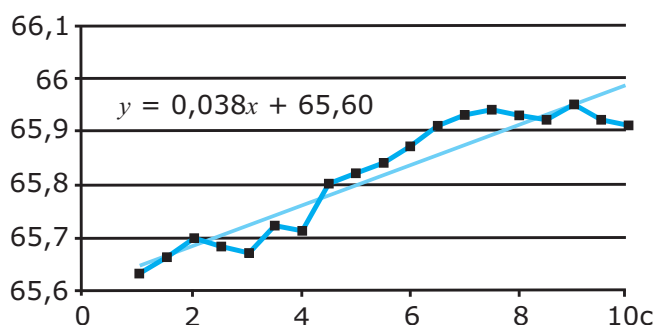


Рис. 5. Зависимость измеренных значений твердости от времени приложения предварительной нагрузки для диапазона 60-70 HRC

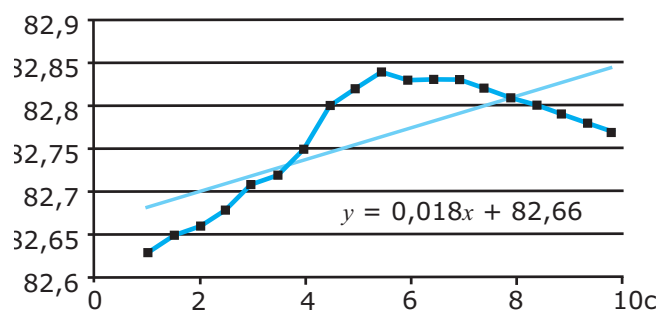


Рис. 6. Зависимость измеренных значений твердости от времени приложения предварительной нагрузки для диапазона 80-86 HRA

На рисунках 7, 8, 9 и 10 представлены зависимости измеренных значений твердости от времени приложения основной нагрузки для четырех диапазонов 20-30 HRC, 40-50 HRC, 60-70 HRC и 80-86 HRA. Уравнения прямых позволяет определить коэффициенты чувствительности для каждого диапазона.

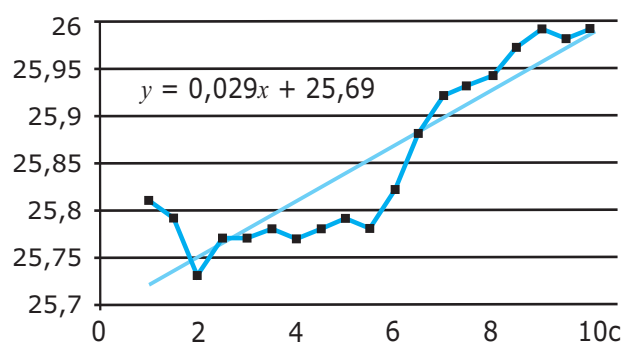


Рис. 7. Зависимость измеренных значений твердости от времени приложения основной нагрузки для диапазона 20-30 HRC

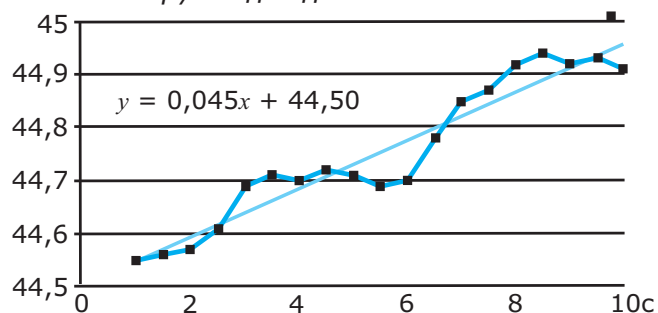


Рис. 8. Зависимость измеренных значений твердости от времени приложения основной нагрузки для диапазона 40-50 HRC

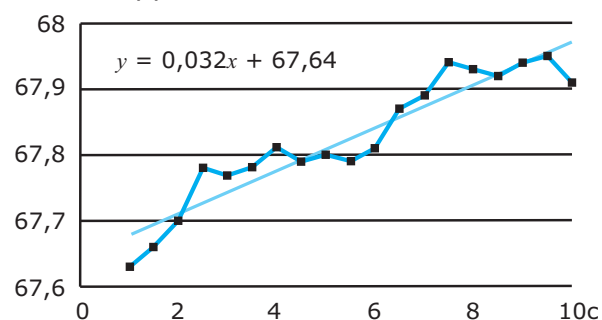


Рис. 9. Зависимость измеренных значений твердости от времени приложения основной нагрузки для диапазона 60-70 HRC

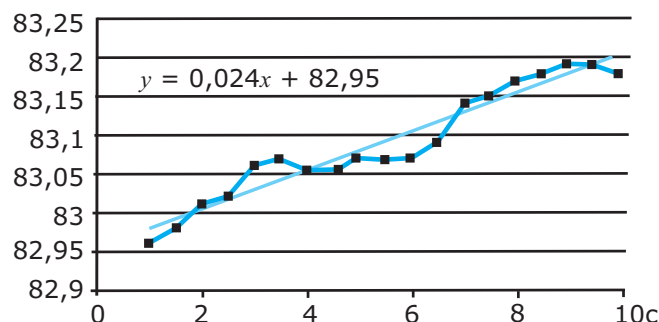


Рис. 10. Зависимость измеренных значений твердости от времени приложения основной нагрузки для диапазона 80-86 HRA

Сравним коэффициенты чувствительности при различном времени приложения нагрузок T_p и T_{df} (таблица 1).

Значения коэффициентов чувствительности для $T_p \leq 3$ и $2 \leq T_{df} \leq 6$ секунд соответствует времени приложения предварительной и основной нагрузок при проведении международных сличений [7].

Таблица 1

Оценка неопределенности коэффициента чувствительности для диапазона 20-30 HRC

Время приложения нагрузки, с	Коэффициент чувствительности, $c_i = \Delta H / \Delta x_i$			
	20-30 HRC	40-50 HRC	60-70 HRC	80-86 HRA
$T_p \leq 3$	0,009	0,030	0,029	0,011
$2 \leq T_{df} \leq 6$	0,010	0,029	0,029	-0,011
$1 \leq T_p \leq 10$	0,028	0,047	0,038	0,018
$1 \leq T_{df} \leq 10$	0,029	0,045	0,032	0,024

Для определения расширенной неопределенности результата измерений по каждому из исследуемых диапазонов подставим полученные коэффициенты чувствительности в соответствующие бюджеты неопределенности. Значения расширенной неопределенности результата измерений представлены в таблицах 2 – 5 соответственно.

Таблица 2

Оценка неопределенности коэффициента чувствительности для диапазона 20-30 HRC

Время приложения нагрузки, с	Коэффициент чувствительности	Максимальная вариация твердости	Расширенная неопределенность
$T_p \leq 3$	0,009	0,28	
$2 \leq T_{df} \leq 6$	0,010	0,32	0,25142
$1 \leq T_p \leq 10$	0,028	0,25	0,25159
$1 \leq T_{df} \leq 10$	0,029	0,28	

Таблица 3
Оценка неопределенности коэффициента чувствительности для диапазона 40-50 HRC

Время приложения нагрузки, с	Коэффициент чувствительности	Максимальная вариация твердости	Расширенная неопределенность
$T_p \leq 3$	0,030	0,35	0,37696
$2 \leq T_{df} \leq 6$	0,029	0,38	
$1 \leq T_p \leq 10$	0,047	0,41	0,37713
$1 \leq T_{df} \leq 10$	0,045	0,37	

Таблица 4
Оценка неопределенности коэффициента чувствительности для диапазона r 60-70 HRC

Время приложения нагрузки, с	Коэффициент чувствительности	Максимальная вариация твердости	Расширенная неопределенность
$T_p \leq 3$	0,029	0,29	0,39080
$2 \leq T_{df} \leq 6$	0,029	0,31	
$1 \leq T_p \leq 10$	0,038	0,32	0,39083
$1 \leq T_{df} \leq 10$	0,032	0,28	

Таблица 5
Оценка неопределенности коэффициента чувствительности для диапазона 80-86 HRA

Время приложения нагрузки, с	Коэффициент чувствительности	Максимальная вариация твердости	Расширенная неопределенность
$T_p \leq 3$	0,011	0,28	0,26745
$2 \leq T_{df} \leq 6$	-0,011	0,24	
$1 \leq T_p \leq 10$	0,018	0,21	0,26752
$1 \leq T_{df} \leq 10$	0,024	0,16	

Выводы

Анализируя результаты измерений твердости по шкалам твердости в диапазонах 20-30 HRC, 40-50 HRC, 60-70 HRC и 80-86 HRA, можно сделать вывод, что возможные завышенные или заниженные значения измеренной твердости в малой степени (4-5 знак после запятой) зависят от времен приложения (воздействия) предварительной и/или основной нагрузок.

Зависимость полученных значений твердости от времени приложения предварительной нагрузки

демонстрирует пластические свойства металла. В зависимости от твердости металла наблюдается размягчение или упрочнение материала.

Проявляются циклические изменения твердости от времени нагружения. При проведении исследований наблюдается плато твердости в диапазоне времени воздействия от 2 с до 6 с. Именно время действия общей нагрузки T_{df} , равное $4 \text{ с} \pm 2 \text{ с}$, и определено в международных нормативных документах по проведению международных сличений.

Нахождение коэффициентов чувствительности, вносящих наибольший вклад в расширенную неопределенность бюджета неопределенности, – направление дальнейших исследований.

Список использованной литературы

1. ISO 6508-1: Metallic Materials – Rockwell hardness test (scale A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) – Part 1: Test method, Geneva, International Organization for Standardization, 2005.
2. ISO 6508-2: Metallic Materials – Rockwell hardness test (scale A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) – Part 2: Verification and calibration of the testing machine, Geneva, International Organization for Standardization, 2005.
3. ISO 6508-3: Metallic Materials – Rockwell hardness test (scale A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) – Part 3: calibration of reference blocks, Geneva, International Organization for Standardization, 2005.
4. Machado R., Filho J., Oliveira S., Silva I., Muniz B. The influence of the time extension on the preliminary test force in Rockwell hardness measurements.
5. Brice L., Low S., Jiggetts R. Determination of sensitivity coefficients for Rockwell hardness scales HRA, HR15N, HR30N. NIST, XVIII IMEKO World congress «Metrology for a Sustainable Development», September, 17–22, 2006, Rio de Janeiro, Brazil.
6. Skliarov V. Investigation of influence of the speed indentation for hardness measurement / V. Skliarov,
7. J. Dovzhenko // Information processing systems. – 2013. – № 3 (110). – p. 101–106.
8. Skliarov V. Researching uncertainty for the Rockwell scale reproducing by the State primary standard of Ukraine / V. Skliarov // Metrology and equipment. – 2013. – № 1. – p. 9–14.

Владимир Васильевич Складаров, кандидат технических наук, ученый секретарь, Национальный научный центр «Институт метрологии» (г. Харьков);

Яков Сергеевич Довженко, ведущий инженер, Национальный научный центр «Институт метрологии» (г. Харьков)

УДК 006.91:620.179.16 (045)

П.И. Неежмаков,
Л.В. Грищенко,
А.Д. Купко,
В.М. Балабан,
В.В. Терещенко

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ СИЛЫ СВЕТА

В работе представлены результаты модернизации государственного первичного эталона единицы силы света. В рамках модернизации были разработаны, изготовлены и исследованы приборы: трехдиодный трап-детектор, система стабилизированного питания импульсных источников оптического излучения и генератор импульсов специальной формы, импульсный фотометр со специальным программным обеспечением, а также прибор для исследования нелинейности фотоприемников. В результате теоретических и экспериментальных исследований были установлены значения относительных стандартных неопределенностей входных величин.

In this paper presented the results of the modernization of the state primary standard unit of luminous intensity. As part of the modernization were developed, designed and investigated apparatus: the three-diode predictable quantum efficient detector, system stabilized power pulsed optical radiation sources and the pulse generator of the special form, pulse photometer with special software, as well as a apparatus for the investigation of nonlinear photodetectors. As a result of theoretical and experimental investigation were establishment values of the relative standard uncertainties of the input quantities.

Введение

В данной работе представлены результаты модернизации государственного первичного эталона единицы силы света. Несомненная актуальность данной работы объясняется широким использованием световых измерений в различных областях жизнедеятельности человека, а также большим парком соответствующей измерительной техники, которая есть в Украине. Все это ставит вопрос об обеспечении единства и повышении точности световых измерений. Требуемая точность средств измерения обеспечивается с помощью государственной поверочной схемы, которую возглавляет государственный первичный эталон единицы силы света.

Цель работы – обеспечение единства и прослеживаемости измерений в стране в области оптических и оптико-физических измерений при помощи усовершенствованного государственного первичного эталона единицы силы света.

Описание эталона и его состав

Эталон состоит из комплекса средств измерительной техники и технических средств, в который входят:

1. Установка для воспроизведения единицы силы света.
2. Установка для передачи единицы силы света.
3. Установка спектрофотометрическая (для измерения спектральных характеристик фотометров, фильтров и других оптических элементов).
4. Установка для измерения нелинейности фотометров и приемников излучения.

Установка для воспроизведения силы света (1) отличается от установки для передачи силы света (2) только наличием трап-детектора, поэтому конструктивно они выполнены в одном корпусе. Функциональная схема этой комбинированной

основной установки для воспроизведения и передачи единицы силы света усовершенствованного образца представлена на рисунке 1.

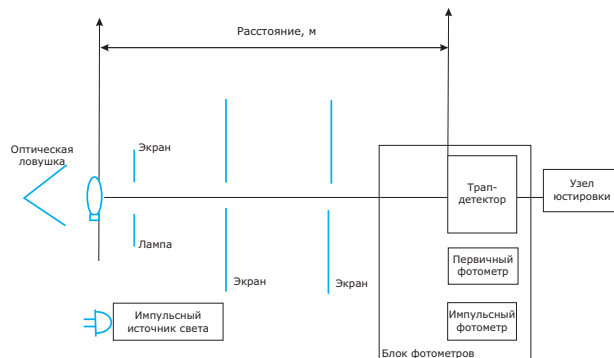


Рис. 1. Функциональная схема установки для воспроизведения и передачи единицы силы света

Воспроизведение единицы силы света в усовершенствованном эталоне начинается с проверки стопроцентной квантовой эффективности трап-детектора на одной длине волны с помощью государственного первичного эталона единиц средней мощности и энергии лазерного излучения. После этого на государственном первичном эталоне единиц спектральных коэффициентов направленного пропускания, зеркального и диффузного отражения в диапазоне длин волн от 0,2 мкм до 25,0 мкм определяется коэффициент направленного пропускания корректирующего фильтра трап-детектора. При выполнении работы вместо спектрофотометрической установки используется государственный первичный эталон единиц спектральных коэффициентов направленного пропускания. В результате рассчитывается абсолютная чувствительность трап-детектора на длине волны 555 нм и коэффициент активности для источника

типа А. На трап-детекторе размещается прецизионная диафрагма, и дальше он устанавливается на оптическую скамью со светоизмерительной лампой. Измеряется расстояние между нитью накала лампы и входной диафрагмой трап-детектора. Включается и выводится на режим источник типа А – светоизмерительная лампа. Режим светоизмерительной лампы определяется цветовым пирометром. Не менее 20 раз измеряется сигнал трап-детектора (с фильтром и диафрагмой), контролируется отсутствие дрейфа. Определяется освещенность трап-детектора и сила света светоизмерительной лампы. На место трап-детектора устанавливается каждый из первичных фотометров и определяется их чувствительность. Фотометры используются для передачи размера единицы силы света для проведения работ в промежутке между воспроизведением единицы.

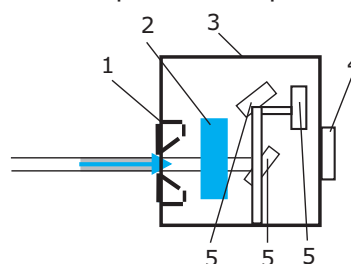
Для воспроизведения освещивания в качестве источника используется светоизмерительная лампа с механическим модулятором. С помощью аппаратуры государственного первичного эталона единиц средней мощности и энергии лазерного излучения измеряется коэффициент ослабления модулятора, который равен отношению угла, открытых участков вращательного диска и суммы открытой и закрытой части. С помощью трап-детектора измеряется сила света светоизмерительной лампы, затем устанавливают (включают) модулятор. С помощью частотомера измеряется частота импульсов трап-детектора от светоизмерительной лампы с модулятором, рассчитывается период импульсов и определяется продолжительность импульса. Произведением силы света и длительности импульсов является освещивание. На место трап-детектора устанавливается импульсный фотометр и определяется его чувствительность к освещиванию. Затем на место светоизмерительной лампы устанавливается импульсный источник излучения и определяются чувствительности к освещенности и освещиванию.

В состав эталона входит группа светоизмерительных ламп СИС 107-1000, СИС 107-500, СИС 107-35, СИС 40 100, СИС 10-10, СИС 10-5. Наиболее распространены в Украине лампы СИС 40-100 и СИС 107-500. В составе образца 3 лампы СИС 40-100 и 3 лампы СИС 107-500. Группы из 3 переменных по своему составу ламп используются для воспроизведения, хранения и передачи.

В рамках выполнения работ по совершенствованию эталона в ННЦ «Институт метрологии» был разработан, изготовлен и исследован эталонный фотометр, основанный на трап-детекторе, конструкция которого схематично показана на рисунке 2.

При разработке конструкции трап-детектора использовались рекомендации МКО [1]. Трап-детектор собственного изготовления выполнен на фотодиодах Hamamatsu S1337-1010BR. Перед трап-детектором размещен трехкомпонентный

фильтр из цветного стекла, который приводит чувствительность трап-детектора к $V(\lambda)$.



1 – диафрагма; 2 – фильтр $V(\lambda)$; 3 – корпус; 4 – зеркало; 5 – фотодиод Hamamatsu S1337-1010BR

Рис.2. Конструкция фотометра на основе трап-детектора

Диафрагма трап-детектора была выполнена из стали, которая обеспечивает постоянство формы. Следующим важным компонентом модернизированного эталона является блок питания источника переменной силы света, разработанный в ННЦ «Институт метрологии». Основные причины создания источника импульсного излучения:

- во-первых, становится возможным воспроизведение основной световой единицы – канделы с помощью метода с использованием трап-детектора и светодиода, спектральная полоса излучения которого лежит в диапазоне предусмотренной квантовой эффективности трап-детектора. На возможность такого воспроизведения в последние годы указывали зарубежные авторы, но на уровне стандартов это еще не было сделано [2].
- во-вторых, становится возможным обеспечение единства измерений пульсметров – приборов, которые способны измерять уровень пульсаций, что важно для обеспечения охраны здоровья людей.
- в-третьих, вследствие универсальности прибора, становится возможным использование его при исследовании других импульсных световых единиц [3].

Прибор состоит из двух основных частей: стабилизированного источника питания и генератора импульсов специальной формы. Диапазон частот следования импульсов от 1 Гц до 65 кГц с дискретным шагом регулирования. Генератор импульсов обеспечивает 5 основных форм сигнала: синусоидальную, прямоугольную, пилообразную, реверсивную пилообразную и треугольную. Разработанный прибор позволяет перестраивать коэффициент пульсации в интервале 1...100 % с шагом в 1 %.

Для регистрации оптического сигнала, создаваемого импульсным источником, в ННЦ «Институт метрологии» был разработан импульсный фотометр. Первым шагом в направлении обеспечения единства измерений периодических и импульсных источников излучения с помощью импульсного фотометра является создание и исследование электронной схемы регистрации прибора для измерения параметров оптического излучения. Была разработана управляющая программа. Прибор подключается к персональному компьютеру при помощи USB интер-

фейса. Измерения происходят с частотой 8200 Гц. Предусмотрено три режима измерений.

Учитывая основное назначение импульсного фотометра как составной части, была повышена теплоизоляция его составных частей – фотодиода, корректирующего фильтра и электрической схемы. Дополнительно непосредственно на фотодиоде был расположен датчик температуры. Для импульсного фотометра использован фотодиод ФД 288. Непосредственно на фотодиоде закреплено термосопротивление, что служит для контроля температуры. Перед фотодиодом установлен четырехкомпонентный фильтр из цветного стекла, который приводит чувствительность фотодиода к $V(\lambda)$. Спектральная чувствительность фотодиода определялась по приемнику с известной спектральной чувствительностью.

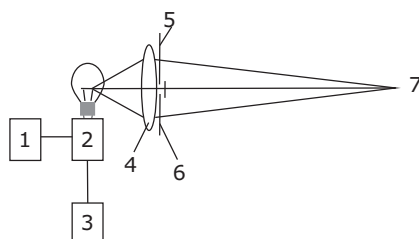
В состав установки для измерения нелинейности фотометров и приемников излучения входят разработанный в ННЦ «Институт метрологии» узел измерения нелинейности и стенд производства НПФ «Тензор».

Способ измерения нелинейности заключается в последовательном измерении реакции фотометра на примерно равные потоки излучения (I_1^0 и I_2^0). После этого на фотометр подаются оба эти потока и измеряется реакция фотометра (I_{12}^0). Нелинейностью для потока, который соответствует (I_{12}^0), считается величина

$$NL(I_{12}^0/2) = (I_2^0 - I_1^0 - I_2^0)/(I_{12}^0/2). \quad (1)$$

Требование к равномерности освещения фотометра отсутствует. Основное требование к устройству измерения нелинейности – отсутствие фоновой засветки и высокая стабильность излучения за время измерения.

Оптическая схема разработанного и изготовленного в ННЦ «Институт метрологии» узла измерения нелинейности представлена на рисунке 3.



1 – блок питания источника излучения; 2 – источник излучения типа А (лампа накаливания); 3 – электроизмерительный прибор для контроля режима источника излучения; 4 – объектив, который фокусирует световой поток от лампы на люксметр или головку фотометрическую; 5, 6 – затворы; 7 – поверяемый люксметр

Рис. 3. Оптическая схема узла измерения нелинейности

Следует отметить, что она полностью совпадает со схемой, которая рекомендуется в [4], что положительно повлияет на качество работ по по-

верке и калибровке, и должно быть учтено всеми метрологическими центрами. Максимальный уровень освещенности составляет 30000 лк, что намного превосходит возможности создания освещенности в лабораторных условиях с помощью стандартных источников света. Учитывая, что отечественные люкметры (фотометр цифровой ТЭС 0693) обеспечены ослабителем, то для этих фотометров возможна поверка линейности до 300000 лк, что превосходит освещенность в солнечный день на экваторе.

Метрологические характеристики

В результате теоретического анализа и экспериментальных исследований было установлено значение оценок относительных стандартных неопределенностей всех входных величин. Результаты оценки основных величин представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения относительных стандартных неопределенностей

Составляющие относительной стандартной неопределенности силы света, освещенности и освечивания	Источник неопределенности	Значение относительной стандартной неопределенности, (%)
$\frac{u(K)}{K}$	Измеренное значение спектрального коэффициента	0,043
$\frac{u(A)}{A}$	Измеренное значение площади входной диафрагмы эталонного фотометра	0,033
$2 \cdot \frac{u(L)}{L}$	Измеренное значение расстояния	0,015
$\frac{u_A(j_I)}{j_I}, \frac{u_A(j_E)}{j_E}$	Нестабильность выходного тока трап-детектора	0,090
$\frac{u(j_I)}{j_I}, \frac{u(j_E)}{j_E}$	Измеренное значение выходного тока трап-детектора	0,003
$\frac{u(k_{осл})}{k_{осл}}$	Измеренное значение коэффициента ослабления динамического ослабителя	0,118
$\frac{u_A(f)}{f}$	Нестабильность частоты вращения ослабителя	0,120

Государственный первичный эталон единицы силы света предназначен для воспроизведения и хранения единиц силы света, освещенности и

освечивания, а также для передачи, согласно государственной поверочной схеме, размера этой единицы рабочим эталонам и рабочим средствам измерений, которые применяются в Украине, с целью обеспечения единства и достоверности измерений.

Диапазоны значений единиц измерений, в которых с помощью эталона воспроизводят, хранят и передают единицы измерений, составляют:

- от 1 кд до 500 кд для силы света;
- от 0,1 лк до 1000 лк для освещенности;
- от 10^{-3} кд·с до 500 кд·с для освечивания.

Эталон обеспечивает воспроизведение, сохранение и передачу единицы измерений с относительным средним квадратичным отклонением результата измерения S_B , которое за 20 независимых измерений не превышает $0,15 \cdot 10^{-2}$ для силы света и освещенности, а также $0,25 \cdot 10^{-2}$ для освечивания.

Невыявленная относительная систематическая погрешность θ_B не превышает $0,15 \cdot 10^{-2}$ для силы света и освещенности, и $0,35 \cdot 10^{-2}$ для освечивания.

Стандартная относительная неопределенность измерений не превышает:

- по типу $A(u_A)$ – $0,15 \cdot 10^{-2}$ для силы света и освещенности и $0,25 \cdot 10^{-2}$ для освечивания;
- по типу $B(u_B)$ – $0,06 \cdot 10^{-2}$ для силы света и освещенности и $0,14 \cdot 10^{-2}$ для освечивания.

Суммарная стандартная относительная неопределенность измерений u_C не превышает $0,15 \cdot 10^{-2}$ для силы света и освещенности и $0,3 \cdot 10^{-2}$ для освечивания.

Расширенная относительная неопределенность измерений U с коэффициентом охвата $k = 2$ и доверительной вероятностью $P = 0,95$ не превышает $0,3 \cdot 10^{-2}$ для силы света и освещенности и $0,6 \cdot 10^{-2}$ для освечивания.

Выводы

Приведено краткое описание выполненных работ по усовершенствованию государственного первичного эталона единицы силы света и перечень разработанного оборудования в ННЦ «Институт метрологии». Описаны процедуры экспериментальных исследований. Установлено значение оценок относительных стандартных неопределенностей всех входных величин.

В результате проведенной работы обеспечено расширение функциональных возможностей эта-

лона, а именно: воспроизведение единиц силы света I (кд), освещенности E (лк), освечивания θ (кд·с).

Дальнейшими направлениями усовершенствования эталона является воспроизведение следующих световых единиц: световая энергия Q (лм·с), яркость L (кд/м²), светимость M (лм/м²), световая экспозиция H (лк·с), которые не обеспечены соответствующими стандартами.

Список использованной литературы

1. CIE TC 2-37 1998 Photometry using $V(\lambda)$ -corrected Detectors as Reference and Transfer Standards.
2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics (CIOMP), Chinese Academy of Sciences (CAS). Advantages of white LED lamps and new detector technology in photometry. technology in photometry Tomi Pulli, Timo Donsberg, Tuomas Poikonen, Farshid. Manoocheri, Petri Karha, and Erkki Ikonen. Light: Science изготвленны & Applications. accepted article preview 1 June 2015.
3. ДСТУ 3651.1-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назви та позначення / Введено вперше 09 жовтня 1997 р. – Київ. – Держстандарт України. – 1998 р. – 115 с.
4. ДСТУ 7267: 2012 Метрологія. Люксметры фотоэлектрические. Методика поверки (калибровки) / Введен в действие 01.03.2013.

Павел Иванович Неежмаков, генеральный директор ННЦ «Институт метрологии» (г. Харьков), доктор технических наук;

Леонид Викторович Грищенко, кандидат технических наук, начальник научного центра температурных и оптических измерений НЦ-1 ННЦ «Институт метрологии» (г. Харьков);

Александр Данилович Купко, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник НЦ-1 НИЛ-12 ННЦ «Институт метрологии» (г. Харьков);

Василий Михайлович Балабан, старший научный сотрудник НЦ-1 НИЛ-12, ННЦ «Институт метрологии» (г. Харьков);

Валерий Владимирович Терещенко, младший научный сотрудник НЦ-1 НИЛ-12, ННЦ «Институт метрологии» (г. Харьков)

И.В. Захаренкова

УПАКОВКА. ЕДИНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Думаю, что никто, кроме специалистов, не задумывался, что же такое упаковка, хотя практически вся продукция продается в упаковке. Упаковка выполняет множество важных функций: обеспечивает сохранность продукции в процессе ее обращения, удлинит сроки ее хранения, защищает от повреждений, загрязнений извне, в том числе и инфицирования микроорганизмами. Упаковка продуктов имеет также и экологическое значение – защищает внешнюю среду от загрязнений. Учитывая значимость данного вопроса и в соответствии с Соглашением о единых принципах и правилах технического регулирования в Республике Беларусь, Республике Казахстан и Российской Федерации от 18 ноября 2010 года, одним из первых был разработан технический регламент Таможенного союза «О безопасности упаковки». Решением Комиссии Таможенного союза от 16.08.2011 № 769 принят технический регламент Таможенного союза «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011). Данный технический регламент устанавливает обязательные для применения и исполнения на таможенной территории Евразийского экономического союза требования к упаковке (укупорочным средствам) и связанные с ними требования к процессам хранения, транспортирования и утилизации, в целях защиты жизни и здоровья человека, имущества, окружающей среды, жизни или здоровья животных, растений, а также предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей упаковки (укупорочных средств) относительно ее назначения и безопасности.

Технический регламент распространяется на все типы упаковки, в том числе укупорочные средства, являющиеся готовой продукцией, выпускаемой в обращение на таможенной территории Евразийского экономического союза, независимо от страны происхождения (статья 1, пункт 1 «Область применения» ТР ТС 005/2011), кроме упаковки для медицинских приборов, лекарственных средств, фармацевтической продукции, табачных изделий и опасных грузов (статья 1, пункт 6 «Область применения» ТР ТС 005/2011). Статья 1, пункт 1 определяет объект технического регламента – упаковку (укупорочные средства), которая является готовой, т.е. самостоятельной продукцией. Готовая, т.е. самостоятельная продукция (упаковка, укупорочные средства), – это конечная продукция, реализуемая (передаваемая)

потребителю (приобретателю), т. е. лицу, имеющему намерение приобрести упаковку (укупорочные средства). Перечень продукции, относящейся к объектам технического регулирования технического регламента Таможенного союза «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011), приведен в Приложении 5 данного технического регламента. В случае ввоза готовой упакованной продукции на таможенную территорию Евразийского экономического союза ввозится такая готовая продукция (например, помада, тушь для ресниц, карандаши для подводки глаз и др.), которая подпадает под действие принятого технического регламента Таможенного союза «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» (ТР ТС 009/2011) (либо другого технического регламента на готовую продукцию, например, пищевую) и, следовательно, действие ТР ТС 005/2011 на готовую упакованную продукцию не распространяется.

В соответствии с ТР ТС 005/2011 упаковка подразделяется по используемым материалам на следующие типы:

- металлическая;
- полимерная;
- бумажная и картонная;
- стеклянная;
- деревянная;
- из комбинированных материалов;
- из текстильных материалов;
- керамическая.

Укупорочные средства подразделяются по используемым материалам на металлические, корковые, полимерные, комбинированные и из картона.

В статье 2 «Определения» ТР ТС 005/2011 даны термины и определения, которыми необходимо руководствоваться при отнесении продукции к сфере действия ТР ТС 005/2011:

«УПАКОВКА – изделие, которое используется для размещения, защиты, транспортирования, загрузки и разгрузки, доставки и хранения сырья и готовой продукции»;

«УКУПОРОЧНОЕ СРЕДСТВО – изделие, предназначенное для укупоривания упаковки и сохранения ее содержимого»;

Статья 3 «Правила обращения на рынке» определяет правила выпуска упаковки в обращение.

ВНИМАНИЕ! Обращение на рынке – процессы перехода упаковки (укупорочных средств) от изготовителя к потребителю (пользователю), которые проходит упаковка (укупорочные средства) после завершения ее изготовления.

Упаковка, которая производится и используется для упаковывания продукции на предприятии-изготовителе упаковываемой (производимой) продукции, лишь частично подпадает под действие технического регламента Таможенного союза «О безопасности упаковки». Так, на все типы упаковки, которые изготавливаются производителем продукции, упаковываемой в процессе производства такой продукции, выпускаемой в обращение на таможенной территории Евразийского экономического союза, распространяются требования только статей 2, 4, 5, пунктов 1 и 2 статьи 6 в части информации о возможности утилизации использованной упаковки (укупорочных средств) с указанием цифрового кода и (или) буквенного обозначения (аббревиатуры) материала, из которого изготавливается упаковка (укупорочные средства), и статьи 9 ТР ТС 005/2011 (согласно изменению, внесенному в пункт 2 статьи 2 Решением Совета ЕЭК от 17.12.2012 №116).

На упаковку, которая изготавливается производителем упаковываемой продукции, не распространяются требования статьи 7 «Подтверждение соответствия» и статьи 8 «Маркировка единым знаком обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза» ТР ТС 005/2011. Это говорит о том, что на упаковку, подпадающую под определение, данное в пункте 2 статьи 1, не требуется принимать декларацию о соответствии.

В статье 4 «Обеспечение соответствия требованиям безопасности» установлено, каким образом подтверждается соответствие упаковки данному техническому регламенту: соответствие ТР ТС 005/2011 обеспечивается выполнением непосредственно его требований либо выполнением требований стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента, и стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции. Решением Комиссии Таможенного союза от 16.08.2011 № 769 утверждены «Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента

Таможенного союза «О безопасности упаковки (ТР ТС 005/2011)» и «Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011) и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции».

Выполнение на добровольной основе требований данных стандартов свидетельствует о соответствии упаковки (укупорочных средств) требованиям настоящего технического регламента.

Если при выпуске упаковки (укупорочных средств) стандарты, указанные в Перечне, не применяются или отсутствуют, то в соответствии с пунктом 7 статьи 7 ТР ТС 005/2011 субъект хозяйствования при формировании доказательственных материалов для принятия декларации о соответствии должен описать принятые технические решения в части применения конкретных требований технического регламента.

В настоящее время внесено уже третье изменение в перечисленные перечни (Решение Коллегии ЕЭК от 15.11.2016 года № 148).

В статье 5 «Требования безопасности ТР ТС 005/2011» установлены требования безопасности, которым должна соответствовать упаковка. В частности, безопасность упаковки для пищевой продукции должна обеспечиваться совокупностью требований к:

- применяемым материалам, контактирующим с пищевой продукцией, в части санитарно-гигиенических показателей;
- механическим показателям;
- герметичности.

По механическим показателям и герметичности (если они предусмотрены конструкцией и назначением упаковки) упаковка должна соответствовать требованиям безопасности, изложенным в пп. 6.1–6.8 статьи 5 ТР ТС 005/2011.

ВНИМАНИЕ! Перед выпуском в обращение на таможенной территории Таможенного союза упаковка (укупорочные средства) должна быть подвергнута процедуре подтверждения соответствия требованиям ТР ТС 005/2011.

Подтверждение соответствия упаковки (укупорочных средств) требованиям технического регламента носит обязательный характер и осуществляется в форме декларирования соответствия.

Декларация о соответствии оформляется по единой форме, утвержденной Решением Коллегии ЕЭК 25.12.2012 № 293 «О единых формах сертификата соответствия и декларации о соот-

ветствии техническим регламентам Таможенного союза и правилах их оформления» и подлежит регистрации в установленном порядке.

Регистрация деклараций осуществляется в соответствии с «Положением о регистрации деклараций о соответствии продукции требованиям технических регламентов Таможенного союза», утвержденным Решением Коллегии ЕЭК от 09.04.2013 № 76.

В соответствии со статьей 6 ТР ТС 005/2011 маркировка упаковки должна содержать информацию, необходимую для идентификации материала, из которого изготавливается упаковка, а также информацию о возможности его утилизации и информирования потребителей.

Маркировка должна содержать цифровой код и (или) буквенное обозначение (аббревиатуру) материала, из которого изготавливается упаковка (укупорочные средства), в соответствии с Приложением 3 ТР ТС 005/2011 и содержать пиктограммы и символы в соответствии с Приложением 4 ТР ТС 005/2011: рисунок 1 – упаковка (укупорочные средства), предназначенная для контакта с пищевой продукцией; рисунок 2 – упаковка (укупорочные средства), предназначенная для непищевой продукции; рисунок 3 – упаковка (укупорочные средства), предназначенная для парфюмерно-косметической продукции; рисунок 4 – возможность утилизации использованной упаковки (укупорочных средств) – петля Мебиуса. Необходимо отметить, что после вступления в силу изменения № 3 к ТР ТС 005/2011, рисунки 2 и 3 уходят из Приложения 4.

Исходя из определения, данного в статье 2 «Определения ТР ТС 005/2011», маркировка упаковки (укупорочных средств) – информация в виде знаков, надписей, пиктограмм, символов, наносимая на упаковку (укупорочные средства) и (или) сопроводительные документы для обеспечения идентификации, информирования потребителей. Следовательно, маркировка, согласно требованиям пунктов 1, 2 статьи 6 ТР ТС 005/2011, может наноситься на упаковку и (или) вноситься в сопроводительные документы (по выбору).

К сопроводительной документации могут относиться этикетки, ярлыки, паспорта, удостоверения о качестве и т. п. В изменение 3 к ТР ТС 005/2011 внесен термин «сопроводительная документация» и дано его определение.

Информация об упаковке (укупорочных средствах) должна быть приведена в сопроводительных документах и содержать:

- наименование упаковки;
- информацию о назначении упаковки;
- условия хранения, транспортирования, возможность утилизации;
- способ обработки (для многооборотной упаковки);
- наименование и местонахождение изготовителя (производителя), информацию для связи с ним;
- наименование и местонахождение уполномоченного изготовителем лица, импортера, информацию для связи с ним (при их наличии);
- дату изготовления (месяц, год);
- срок хранения (если установлен изготовителем (производителем)).

В соответствии со статьей 8 «Маркировка единым знаком обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза» «Упаковка (укупорочные средства), соответствующая требованиям настоящего технического регламента и прошедшая процедуру подтверждения соответствия согласно статье 7 настоящего технического регламента, должна иметь маркировку единым знаком обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза, который проставляется в сопроводительной документации. Маркировка единым знаком обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза осуществляется изготовителем, уполномоченным изготовителем лицом, импортером перед размещением продукции на рынке».

Ирина Викторовна Захаренкова, начальник отдела по сертификации продукции промышленного и бытового назначения, организационно-методического обеспечения процессов оценки соответствия БелГИМ



Перевод с английского
В. В. Красовского

ОПТИЧЕСКАЯ «СКОРОСТНАЯ МАГИСТРАЛЬ» ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ВЫСОКОПРЕЦИЗИОННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЧАСТОТ

Проведение сличений оптических атомных часов с использованием нового оптоволоконного канала протяженностью 1400 км между Брауншвейгом и Парижем стало очередным шагом к построению европейской сети точных измерений времени.

Предлагается вниманию специалистов в области:

- геодезии
- фундаментальных исследований в области физических величин

Всего за последние несколько лет в деле разработки оптических атомных часов удалось добиться впечатляющих результатов. Точность, которую они способны обеспечить, более чем в 100 раз превосходит точность самых совершенных цезиевых часов. До недавнего времени преимуществами этих приборов можно было воспользоваться исключительно по месту их нахождения, поскольку при передаче значений частоты средствами спутниковой связи невозможно было обеспечить требуемое разрешение сигнала. Однако теперь все изменилось благодаря тому, что между Брауншвейгом и Парижем появился специализированный оптический канал, общая протяженность которого составляет 1400 км. Этот канал позволя-

ет осуществлять оперативную «трансляцию» значений частот и выполнять сличения атомных часов далеко за пределами национальных границ. Первое же сличение между оптическими стронциевыми часами PTB и оптическими часами LNE-SYRTE во Франции продемонстрировало непревзойденно низкий уровень относительной неопределенности: порядка $5 \cdot 10^{-17}$.

Проведение сличений часов с максимальным разрешением обеспечивает условия для организации широкого спектра особо чувствительных физических экспериментов, таких как обнаружение временного дрейфа значений фундаментальных констант. Кроме того, по итогам наблюдений за темпом хода отдельно взятых часов можно судить о гравитационном потенциале в том месте, где они расположены. Сличения двух таких часов позволяют путем определения гравитационного красного смещения вычислить разницу высот между ними, т. е. установить опорные точки для базовой геодезической поверхности,



С германской стороны волоконно-оптическая линия включает в себя арендованные в коммерческое пользование оборудование и коммуникации, принадлежащие Немецкому научно-исследовательскому обществу. С французской стороны для этих целей используются мощности Сети телекоммуникаций для образования и науки, RE-NATER, предоставленные ее оператором, GIP RENATER. Приблизительно на середине пути сигналы, поступающие из LNE-SYRTE и PTB, встречаются в Центре информационных технологий Страсбургского университета, где и обеспечивается возможность проведения сличений часов, принадлежащих этим двум институтам (рис. PTB).

так называемого геоида. Указанный научный подход реализуется совместной командой физиков и геодезистов в объединенном исследовательском центре 1128 («geo-Q») Немецкого научно-исследовательского общества (Deutsche Forschungsgemeinschaft – DFG).

На сегодняшний день действие большинства прецизионных оптических часов основано на эффекте оптических переходов. Подобные оптические часы способны обеспечивать стабильное значение частоты с относительной неопределенностью, не превышающей нескольких единиц 10^{-18} . Это приблизительно в 100 раз точнее, чем при использовании самых совершенных часов на цезиевых фонтанах, которые применяются для реализации единицы времени – секунды в системе SI. В то же время параметры сличений часов с передачей сигнала через спутник ограничены его частотным разрешением, приблизительно соответствующим 10^{-16} .

По этой причине ученые из PTB – с одной стороны, и двух французских институтов в Париже (Служба систем пространственно-временных координат при Национальной лаборатории метрологии и испытаний, LNE-SYRTE, и Лаборатория лазерной физики, LPL) – с другой стороны, в течение нескольких лет выполняли работы по созданию выделенного оптоволоконного канала, чтобы напрямую связать друг с другом германский и французский национальные метрологические институты, т.е. PTB и LNE-SYRTE соответственно. К настоящему времени постройка волоконно-оптической линии, протянувшейся на 1 400 км, полностью завершена.

Частотные смещения, которые могут иметь место на больших расстояниях, активно подавляются вплоть до шестого порядка величины, а затухания размером 200 дБ (10^{20}) компенсируются при помощи специальных усилителей. Такие меры обеспечивают чрезвычайно высокую надежность передачи оптических сигналов. Линия позволяет проводить экспресс-сличения часов с неопределенностью на уровне менее чем 10^{-18} . При сравнении показаний двух часов со стронциевой оптической решеткой отклонения значений частоты, составляющие менее $2 \cdot 10^{-17}$, наблюдались не ранее чем спустя 2 000 с относительно общего времени усреднения, что свидетельствует о высокой стабильности сличаемых часов. Расхождение высот размером 22,7 м между двумя институтами было подтверждено на основании данных о гравитационном красном смещении, значение которого было измерено в пределах неопределенности часов, равной $5 \cdot 10^{-17}$.

Эти достижения открывают новый этап на пути к созданию в Европе сети оптических часов, соединенных оптоволоконными каналами, к которой, один за другим, смогут подключаться все новые европейские метрологические институты. В будущем это позволит любому из них занять ведущие позиции в передаче эталонных оптических значений частоты – позиции, которые в настоящий момент доступны лишь немногим метрологическим институтам. Помимо этого, проводимая работа создает необходимые предпосылки для переопределения единицы времени – секунды в системе SI, а именно, благодаря возможности проведения международных сличений оптических часов.

ЛАЗЕРНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ЭТАЛОН ОБЪЕМНОГО РАСХОДА

Выполнение калибровки приборов, предназначенных для измерений объемного расхода, непосредственно на месте их эксплуатации призвано повысить эффективность работы тепловых электростанций.

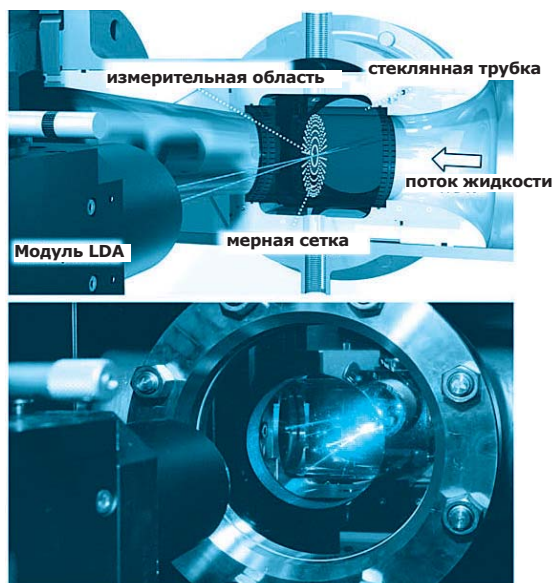
Предлагается вниманию специалистов в области:

- эксплуатации энергоустановок
- производства средств измерений объемного расхода

Решающим фактором в вопросе повышения энергетической эффективности тепловых электростанций является возможность снизить неопределенность измерения объемного расхода поставляемой ими горячей воды. Достижимое в настоящее время значение неопределенности приблизительно 2 % является недостаточным для организации оптимального управления ра-

ботой станций, что, соответственно, ограничивает их эффективность. В связи с этим специалистами PTB был разработан лазерный оптический эталон для измерений объемного расхода (laser optical volume flow measurement standard – LVN), благодаря использованию которого калибровка средств измерений может осуществляться с неопределенностью, не превышающей 0,15 %.

Неопределенность на уровне 2 %, достигаемая в настоящее время на тепловых электростанциях, является слишком большой. Ее получение объясняется, во-первых, отсутствием где-либо в мире испытательных установок, на которых можно было бы проводить калибровку расходомери-



При использовании метода лазерной доплеровской анемометрии (laser Doppler anemometry – LDA) лучи двух лазеров скрещиваются. В точке их пересечения образуется измерительная область, используемая для определения скорости жидкости. Измерения скоростного профиля внутри трубопровода выполняются по мерной сетке через специально предусмотренное окошко. Интегрирование этих данных позволяет рассчитать значение объемного расхода.

ческого оборудования в условиях, максимально приближенных к тем, которые в действительности имеют место при его эксплуатации на теплоэлектростанциях (например, при температуре нагретой воды, равной 400 °С, и давлении, равном 300 бар). Во-вторых, необходимо учитывать, что различная соединительная арматура, такая как вентили или трубные изгибы, способна оказывать существенное влияние на профиль скорости потока внутри трубопровода, а следовательно, и на результаты измерений.

С учетом этого в РТВ было сконструировано компактное лазерное оптическое эталонное устройство для объемных измерений расхода (laser optical volume flow rate measurement standard – LFS), которое позволяет калибровать измерительные приборы на месте их установки (т. е. без необходимости демонтажа, непосредственно в процессе эксплуатации) с неопределенностью, составляющей всего лишь 0,15 %.

Применяемый метод калибровки основывается на принципах лазерной доплеровской анемометрии (LDA), в основу которых в свою очередь положены эффекты рассеяния света на мелких частицах, взвешенных в потоке воды. Для реализации данного метода два лазерных пучка направляются в толщу жидкости таким образом, чтобы они пересекались под определенным углом. В месте пересечения пучков, образуя измерительную область, формируется соответствующий интерференционный рисунок. Примесные частицы, проходящие через измерительную область в потоке воды, рассеивают свет, порождая сигнал, частота которого пропорциональна скорости перемещения частиц. Скорость потока по методу LDA измеряется в нескольких точках, распределенных по сечению трубопровода. По этим данным восстанавливается и интегрируется профиль скорости, так чтобы с его помощью можно было рассчитать значение объемного расхода.

Основные трудности при создании LFS заключались в необходимости существенного сокращения неопределенности измерения, значение которой для измерений объемного расхода по методу LDA составляло на тот момент 4,5 %. Наибольший вклад в неопределенность был связан с невысокой разрешающей способностью локальных измерений, обеспечиваемой данным методом. Она приблизительно соответствовала измерительной области размером 2000 мкм в продольном направлении. Как следствие, метод подвергся дополнительному усовершенствованию, так что к настоящему времени его локальная разрешающая способность уже достигает 6 мкм. Эта цель была достигнута путем наложения друг на друга двух измерительных областей с переменным шагом интерференционных полос, что позволило более точно отслеживать перемещение частиц, проходящих через измерительную область. Действия по взаимному наложению двух измерительных областей предъявляют высокие требования к позиционированию лазерных пучков. В каждой точке измерений в поперечном сечении трубопровода сходятся четыре лазерных пучка диаметром 150 мкм каждый. Специально разработанная методика выполнения измерений впервые дает возможность определять положение этих лазерных пучков с такой высокой метрологической точностью.

Усовершенствованный метод обеспечивает неопределенность измерения, равную 0,15 %, т. е. в 10 с лишним раз более низкую по сравнению с первоначальной.

Сличительные испытания, проведенные на испытательном участке для контроля теплосчетчиков на эталонной гравиметрической измерительной установке, служащей для воспроизведения заданного объемного расхода жидкости при температуре вплоть до 90 °С с неопределенностью 0,04 %, продемонстрировали превосходную согласованность результатов.

ИНФОРМАЦИЯ О СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ, ВНЕСЕННЫХ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Часть 1

Средства измерений, прошедшие утверждение типа и внесенные в
Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь

за период с 01.08.2016 по 01.11.2016

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Дата внесения	Номер серти- фиката	Срок дей- ствия сер- тификата	МПИ
РБ 03 02 4583 16	Весы неавтоматического действия серии М	фирма «Mettler-Toledo Instruments (Shanghai) Co., Ltd.», Китай, 589 Gui Ping Road, Shanghai 200233	30.08.2016	10590	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 13 5391 16	Счетчики электрической энергии переменного тока статические трехфазные многотарифные МЭС-3	Филиал «Предприятие средств диспетчерско- го и технологического управления» (ПСДТУ) РУП «Гродноэнерго», Республика Беларусь	29.09.2016	10673	29.09.2021	96 мес.
РБ 03 17 6064 16	Дозиметры индивидуальные ДКГ-PM1300	ООО «Полимастер», Республика Беларусь, 220040, г. Минск, ул. М. Богдановича, 112	30.08.2016	10564	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 13 6065 16	Счетчики электрической энергии трехфазные многофункциональные SM3	ООО «Неро Электроникс», Республика Беларусь, Новодворский с/с Минского р-на Минской обл., Республика Беларусь	30.08.2016	10565	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 08 6066 16	Вискографы CoonLab	ООО «КунЛаб», Республика Беларусь, г. Минск	30.08.2016	10566	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 25 6067 16	Термометры электронные медицинские серии DT	фирма «A&D Company Limited» (изготовитель - фирма «A&D Electronics (Shenzhen) Co., Ltd», Китай), Япония, 3-23-14, Higashi-Eke- bukuro Toshima-ku, Tokyo 170	30.08.2016	10567	30.08.2021	24 мес.
РБ 03 13 6068 16	Вольтметры цифровые универсальные В7-89	ОАО «МНИПИ», Республика Беларусь, 220113, г. Минск, ул. Я. Коласа, 73	30.08.2016	10568	30.08.2021	12 мес.

новое в приборостроении

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Дата внесения	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 13 6069 16	Преобразователи измерительные серии MTL4500 /4600/5500	фирма «Eaton Electric Limited», Соединенное Королевство	30.08.2016	10569	30.08.2021	24 мес.
РБ 03 13 6070 16	Мультиметры прецизионные «Fluke» 8508A	фирма «Fluke Corporation» (изготовитель - фирма «Fluke Precision Measurement Ltd», Соединенное Королевство), Соединенные Штаты	30.08.2016	10570	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 03 6071 16	Машины универсальные испытательные MTS «Criterion» 40	фирма «MTS Systems Corporation», Соединенные Штаты	30.08.2016	10571	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 09 6072 16	Хроматографы газовые серии YL65xx	фирма «Young Lin Instrument Co. Ltd.», Корея, Республика	30.08.2016	10572	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 09 6073 16	Хроматографы жидкостные серии YL91xx	фирма «Young Lin Instrument Co. Ltd.», Корея, Республика	30.08.2016	10573	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 10 6074 16	Термопреобразователи сопротивления «Easytemp» серии TMR	фирма «Endress+Hauser Wetzer GmbH+Co. KG», Германия, Colmarer Str. 6, 79576, Weil am Rhein, Deutschland // Представительство-фирма «БЕЛОРГСИНТЕЗ», 220020, г. Минск, ул. Пионерская, 47 Тел.: (017) 2508473, факс: (017) 2508583	30.08.2016	10574	30.08.2021	24 мес.
РБ 03 25 6075 16	Приборы для измерения артериального давления механические серии UA: UA-100, UA-200	фирма «A&D Company Limited» (изготовитель - фирма «A&D Electronics (Shenzhen) Co., Ltd», Китай), Япония, 3-23-14, Higashi-Ekebukuro Toshima-ku, Tokyo 170	30.08.2016	10575	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 13 6076 16	Трансформаторы тока измерительные LZZBJ9-10W1C	фирма «Tianshui Changkai Transformer Manufacturing CO., Ltd», Китай	30.08.2016	10576	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 13 6077 16	Трансформаторы напряжения емкостные измерительные TYD2 110/корень3-0,01H	фирма «Guilin Rower Capacitor Co.,Ltd», Китай	30.08.2016	10577	30.08.2021	48 мес.

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Дата внесения	Номер серти- фиката	Срок дей- ствия сер- тификата	МПИ
РБ 03 13 6078 16	Трансформаторы тока измерительные LZK	фирма «Jiangsu Yongtai Electrical Co.Ltd», Китай	30.08.2016	10578	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 13 6079 16	Трансформаторы тока измерительные LMZJ	фирма «Jiangsu Yongtai Electrical Co.Ltd», Китай	30.08.2016	10579	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 13 6080 16	Трансформаторы тока измерительные LB-145	фирма «Arteche DYH Electric Co.Ltd», Китай	30.08.2016	10580	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 13 6081 16	Трансформаторы напряжения измерительные UT-123	фирма «Arteche DYH Electric Co.Ltd», Китай	30.08.2016	10581	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 13 6082 16	Трансформаторы напряжения измерительные JDZX9-10	фирма «Dalian No2 Transformer Group Co.Ltd», Китай	30.08.2016	10582	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 09 6083 16	Газоанализаторы Оптик ИК, Оптимус ИК	ООО «Пожгазприбор», Россия, набережная Обво- дного канала, д. 24А, г. Санкт-Петербург, 192019	30.08.2016	10605	16.11.2020	6 мес.
РБ 03 04 6084 16	Калибраторы давления пневматические «Метран-505 Воздух»	АО «ПГ «Метран», Россия, Комсомольский пр., 29, г. Челябинск, 454138	30.08.2016	10606	15.09.2019	12 мес.
РБ 03 10 6085 16	Преобразо- ватели термоэлектри- ческие многозонные ТП-0199	ООО НПП «ЭЛЕМЕР», Россия, Зеленоград, корп. 1145, н/п 1, 124460, г. Москва	30.08.2016	10607	14.07.2020	-
РБ 03 17 6086 16	Радиометры многоканальные «Аргус»	ФГУП «ВНИИОФИ», Россия, ул. Рождественка, д. 27, 103031, г. Москва	30.08.2016	10608	01.01.2018	12 мес.
РБ 03 13 6087 16	Счетчики электриче- ской энергии трехфаз- ные многофункцио- нальные СЕ 308	АО «Энергомера», Россия, ул. Ленина, 415, г. Ставрополь, 355029	30.08.2016	10609	24.12.2019	48 мес.
РБ 03 11 6088 16	Спектрофотометры «Photon RT»	ООО «ЭссентОптикс», Республика Беларусь, г. Минск	29.09.2016	10626	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 07 6089 16	Счетчики газа бытовые ультразвуковые УСБ-001	ООО «НТЦ «Интел- ГазПром», Республика Беларусь	29.09.2016	10627	29.09.2021	96 мес.

новое в приборостроении

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Дата внесения	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 07 6090 16	Счетчики газа ультразвуковые «ВЕГА»	ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО», Республика Беларусь, ул. Макаенка, 23, г. Минск, 220114	29.09.2016	10628	29.09.2021	96 мес.
РБ 03 13 6091 16	Комплексы измерительные видеографические «VizoGraf»	ООО «НПЦ «Европрибор», Республика Беларусь, 210004, г. Витебск, ул. М. Горького, д. 42А	29.09.2016	10629	29.09.2021	24 мес.
РБ 03 11 6092 16	Спектрометры рентгено-флуоресцентные ARL серии Optim'X	фирма «Thermo Fisher Scientific (Ecublens) SARL», Швейцария, En Vallaire Quest C, CH1024 Ecublens	29.09.2016	10630	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 20 6093 16	Дефектоскопы ультразвуковые «SyncScan»	фирма «Shantou Institute of Ultrasonic Instruments Co.», Китай, 77, Jinsha Road, Shantou 515041 Guangdong	29.09.2016	10631	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 06 6094 16	Измерители скорости радиолокационные с фотофиксацией EHL-RSVS-700	фирма «Beijing E-Hualu Information Technology Co., Ltd.», Китай	29.09.2016	10632	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 07 6095 16	Колонки раздаточные сжиженного газа «Helix» LPG	фирма «Wayne Fueling Systems Sweden AB», Швеция, Hanogatan 10, SE-211 24 Malmo	29.09.2016	10633	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 13 6096 16	Трансформаторы комбинированные измерительные КА-145	фирма «Arteche DYH Electric Co., Ltd», Китай	29.09.2016	10634	29.09.2021	48 мес.
РБ 03 13 6097 16	Трансформаторы напряжения измерительные UT-145	фирма «Arteche DYH Electric Co., Ltd», Китай	29.09.2016	10635	29.09.2021	48 мес.
РБ 03 13 6098 16	Трансформаторы напряжения измерительные WVB110-20H	фирма «Nissin Electric (Wuxi) Co., Ltd», Китай	29.09.2016	10636	29.09.2021	48 мес.
РБ 03 13 6099 16	Трансформаторы напряжения измерительные WVL330-5H	фирма «Nissin Electric (Wuxi) Co., Ltd», Китай	29.09.2016	10637	29.09.2021	48 мес.

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Дата внесения	Номер серти- фиката	Срок дей- ствия сер- тификата	МПИ
РБ 03 02 6100 16	Весы электронные неавтоматического действия «Scout»	фирма «OHAUS COR- PORATION», Соеди- ненные Штаты, (изгото- вители – фирма «Ohaus Instruments (Changzhou) Co., Ltd» и фирма «Ohaus Instruments (Shanghai) Co., Ltd», Китай), Соединенные Штаты	29.09.2016	10638	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 02 6101 16	Весы электронные «Defender»	фирма «OHAUS CORPORATION», Соединенные Штаты, (изготовители – фирма «Ohaus Instruments (Changzhou) Co., Ltd» и фирма «Ohaus Instruments (Shang- hai) Co., Ltd», Китай), Соединенные Штаты	29.09.2016	10639	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 02 6102 16	Весы электронные «Valor»	фирма «OHAUS CORPORATION», Соединенные Штаты (изготовители – фирма «Ohaus Instruments (Changzhou) Co., Ltd» и фирма «Ohaus Instruments (Shang- hai) Co., Ltd», Китай), Соединенные Штаты	29.09.2016	10640	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 27 6103 16	Термометры маноме- трические показываю- щие сигнализирующие серии АКМ 345	фирма «Qualitrol Ha- thaway Instruments», Соединенное Королевство	29.09.2016	10641	08.08.2018	
РБ 03 01 6104 16	Приборы для поверки квадрантов ППК	ООО ИМЦ «МИКРО», Россия, 195251, г. Санкт- Петербург, ул. Политехническая, д. 29	29.09.2016	10642	13.09.2017	24 мес.
РБ 03 01 6105 16	Приборы для поверки индикаторов ППИ-50	ООО ИМЦ «МИКРО», Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29	29.09.2016	10643	22.09.2021	12 мес.
РБ 03 01 6106 16	Экзаменаторы эталонные I разряда М-055	ООО ИМЦ «МИКРО», Россия, 195251, г. Санкт- Петербург, ул. Политехническая, д. 29	29.09.2016	10644	18.08.2021	24 мес.

новое в приборостроении

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Дата внесения	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 10 6107 16	Преобразователи термоэлектрические ТХАв, ТХКв	ООО НПО «Вакууммаш», Россия, 426008, г. Ижевск, ул. Кирова, 172	29.09.2016	10645	19.08.2020	24 мес.
РБ 03 01 6108 16	Преобразователи линейных перемещений ПЛП	ООО «ОКБ Вектор», Россия	29.09.2016	10646	06.05.2018	24 мес.
РБ 03 13 6109 16	Измерители электрических параметров качества, мощности и количества электрической энергии телеметрические LPW-305	ООО «Л Кард», Россия, ул. 2-ая Филевская, д. 7, корп. 6, 121096, г. Москва	29.09.2016	10647	16.06.2021	12 мес.
РБ 03 04 6110 16	Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры ФТ	АО «ПО Физтех», Россия, ул. Кирова, 58, стр. 70, 634012, Томская обл., г. Томск	29.09.2016	10648	19.03.2020	12 мес.
РБ 03 10 6111 16	Теплосчетчики ТСМ	ООО «Энергосберегающая компания «ТЭМ», Россия, Бескудниковский б-р, д. 29, к. 1, г. Москва, 127474	29.09.2016	10649	22.04.2018	24 мес.
РБ 03 09 6112 16	Датчики токсичных газов стационарные СДТГ	ООО «Ингортех», Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30	29.09.2016	10650	20.11.2020	6 мес.
РБ 03 04 6113 16	Преобразователи давления и разрежения измерительные с пневматическим аналоговым выходным сигналом МС-П, МП-П, МАС-П, МВС-П, ВС-П, ТС-П, ТНС-П, НС-П	ООО «Манометр», Россия	29.09.2016	10651	05.02.2019	12 мес.
РБ 03 09 6114 16	Газоанализаторы СГОЭС-М11	АО «Электронстандарт-прибор», Россия, 192286, г. Санкт-Петербург, пр. Славы, 35, корп. 2	29.09.2016	10652	05.11.2018	6 мес.
РБ 03 01 6115 16	Прогибомеры ПСК-МГ4	ООО «СКБ Стройприбор», Россия, 454084, г. Челябинск, а/я 8538	29.09.2016	10653	09.12.2018	12 мес.

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Дата внесения	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 13 6116 16	Меры электрического сопротивления однозначные МС 3050М	ООО предприятие «ЗИП-Научприбор», Россия, ул. Московская, 5, 350072, г. Краснодар	29.09.2016	10654	30.05.2021	12 мес.
РБ 03 13 6117 16	Меры электрического сопротивления постоянного тока многозначные МС 3070	ООО предприятие «ЗИП-Научприбор», Россия, ул. Московская, 5, 350072, г. Краснодар	29.09.2016	10655	29.06.2017	12 мес.
РБ 03 16 6118 16	Измерители комплексных коэффициентов отражения и передачи Р4-MBM-118	Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Республика Беларусь, 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6	27.10.2016	10687	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 20 6119 16	Дефектоскопы ультразвуковые «Supor»	фирма «Shantou Institute of Ultrasonic Instruments Co.», Китай, 77, Jinsha Road, Shantou 515041 Guangdong	27.10.2016	10688	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 04 6120 16	Преобразователи давления измерительные серии MBS	фирма «Danfoss (Tianjin) Ltd.» (Китай) компании «Danfoss A/S» (Дания), Дания	27.10.2016	10689	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 25 6121 16	Анализаторы биохимические ERBA XL	фирма «ERBA Lachema s.r.o.», Чешская Республика	27.10.2016	10690	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 25 6122 16	Анализаторы гематологические «ELite»	фирма «ERBA Lachema s.r.o.», Чешская Республика	27.10.2016	10691	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 13 6123 16	Трансформаторы напряжения емкостные измерительные серии DDB, DFK	фирма «ELECTROTECNICA ARTECHE HERMANOS S.L.», Испания	27.10.2016	10692	27.10.2021	48 мес.
РБ 03 13 6124 16	Трансформаторы тока измерительные серии CA	фирма «ELECTROTECNICA ARTECHE HERMANOS S.L.», Испания	27.10.2016	10693	27.10.2021	48 мес.
РБ 03 09 6125 16	Анализаторы жидкости «Star»	фирма «Termo Fisher Scientific Ltd», Соединенные Штаты	27.10.2016	10694	27.10.2021	12 мес.

новое в приборостроении

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Дата внесения	Номер серти- фиката	Срок дей- ствия сер- тификата	МПИ
РБ 03 02 6126 16	Весы автомобильные электронные «АВИОН»	ЗАО «ВИК «Тензо-М», Россия, 140050, пос. Краско- во, Люберецкий р-н Московской обл., ул. Вокзальная, 38	27.10.2016	10712	02.06.2021	12/6 мес.
РБ 03 07 6127 16	Колонки топливораздаточные «КВАНТ»	ООО «ПКФ Квант», Россия	27.10.2016	10713	14.07.2020	12 мес.
РБ 03 13 6128 16	Микроомметры ТС	ОАО «НИИЭМП», Россия, ул. Каракозова, 44, 440000, г. Пенза	27.10.2016	10714	23.08.2018	12 мес.
РБ 03 13 6129 16	Киловольтметры цифровые СКВ	ОАО «НИИЭМП», Россия, ул. Каракозова, 44, 440000, г. Пенза	27.10.2016	10715	15.09.2019	12 мес.
РБ 03 07 6130 16	Расходомеры-счетчики вихревые ИРВИС-РС4М	ООО НПП «Ирвис», Россия, 420075, г. Казань, РТ, а/я 133	27.10.2016	10716	10.10.2018	24 мес.
РБ 03 17 6131 16	Спектрометры-ради- ометры гамма-, бета- и альфа-излучения МКГБ-01 «РАДЭК»	ООО «НТЦ «РАДЭК», Россия	27.10.2016	10717	11.07.2018	12 мес.
РБ 03 07 6132 16	Установки измерительные ТК	ООО «НПО «КИПЭНЕРГО», Россия	27.10.2016	10718	29.09.2019	12 мес.
РБ 03 09 6133 16	Газоанализаторы ста- ционарные оптические СГОЭС модификаций СГОЭС-2, СГОЭС-М-2, СГОЭС-М11-2	АО «Электронстан- дарт-прибор», Россия, 192286, г. Санкт-Петер- бург, пр. Славы, 35, корп. 2	27.10.2016	10719	13.02.2020	6 мес.
РБ 03 09 6134 16	Газоанализаторы стационарные со сменными сенсорами взрывозащищенные ССС-903 модификации ССС-903МЕ	АО «Электронстан- дарт-прибор», Россия, 192286, г. Санкт-Петер- бург, пр. Славы, 35, корп. 2	27.10.2016	10720	11.06.2019	6 мес.
РБ 03 20 6135 16	Дефектоскопы сварных соединений АРМС-МГ4	ООО «СКБ «Стройпри- бор», Россия, ул. Калинина, д. 11-Г, а/я 8538, 454084, г. Челябинск	27.10.2016	10721	24.08.2017	12 мес.
РБ 03 20 6136 16	Толщиномеры ультразвуковые УТМ-МГ4	ООО «СКБ «Стройпри- бор», Россия, ул. Калинина, д. 11-Г, а/я 8538, 454084, г. Челябинск	27.10.2016	10722	18.05.2017	12 мес.

Часть 2

Средства измерений, для которых продлен срок действия утверждения типа

за период с 01.08.2016 по 01.11.2016

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 25 0081 16	Спектрофотометры PV 1251	ЗАО «Спектроскопия, оптика и лазеры – авангардные разработки», Республика Беларусь, ул. Платонова Б. В., 1Б, пом. 36, к. 22, 220034, г. Минск	10668	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 17 0223 16	Приборы комбинированные РКС-107	Унитарное предприятие «Завод СВТ», Республика Беларусь, 220005, г. Минск, пр.Независимости, 58, к. 30	10584	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 10 0274 16	Термопреобразователи сопротивления TPR100	фирма «Endress+Hauser Wetzler GmbH+Co.KG», Германия, Colmarer Str. 6, 79576, Weil am Rhein, Deutschland // Представительство - фирма «БЕЛОРГСИНТЕЗ», 220020, г. Минск, ул. Пионерская, 47 Тел.: (017) 2508473, факс: (017) 2508583	10597	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 23 0398 16	Системы управления серии «CENTUM»	фирма «Yokogawa Electric Corporation», Япония, No.365, Xinglong Street, Industry Pa, представительство в России: 129090, г. Москва, Грохольский пер., 13, строение 2	10593	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 10 0494 16	Термопреобразователи сопротивления платиновые ТСП-Н	ООО «ИНТЭП», Республика Беларусь, ул. Армейская, 62, 211502, г. Новополоцк, п. Боровуха	10707	27.10.2021	24/48 мес.
РБ 03 25 0559 16	Приборы специализированные определения концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе «Алконт 01с», «Алконт 01см», «Алконт 01су», «Алконт 01са»	ООО «Брестское техническое агентство», Республика Беларусь, 224011, г. Брест, а/я 36	10587	30.08.2021	6 мес.

новое в приборостроении

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 09 0768 16	Измерители концентрации газов переносные комбинированные «КОМБИ-МК»	РУП «Белгазтехника», Республика Беларусь, ул. Гурского, 30, 220015, г. Минск	10670	29.09.2021	6 мес.
РБ 03 02 0814 16	Весы медицинские электронные ВМ-20	ОАО «Зенит-БелОМО», Республика Беларусь, ул. Чапаева, 26, г. Вилейка, Минская обл., 222410	10588	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 09 0845 16	Преобразователи промышленные П-215	ОАО «ГЗИП», Республика Беларусь, 246001, г. Гомель, ул. Интернациональная, 49	10676	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 20 0996 16	Толщиномеры ультразвуковые «БУЛАТ» 1S	ООО «КОНСТАНТА», Россия 198095, г. Санкт-Петербург, а/я 89	10656	15.02.2021	12 мес.
РБ 03 09 1009 16	Экспресс-анализаторы на углерод АН-7529М и АН-7560М	ОАО «ГЗИП», Республика Беларусь, 246001, г. Гомель, ул. Интернациональная, 49	10703	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 10 1016 16	Преобразователи термомоэлектрические ТХА (К)-1199, ТХК (L)-1199, ТЖК (J)-1199, ТНН (N)-1199, ТПП (S)-1199, ТПП (R)-1199, ТПР (B)-1199	НП ООО «Энергоприбор», Республика Беларусь ул. Акад. А.К.Красина, 99-17, г. Минск, 220109	10672	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 09 1113 16	Электроды сравнения хлорсеребряные насыщенные образцовые 2-го разряда ЭСО-01	ОАО «ГЗИП», Республика Беларусь, 246001, г. Гомель, ул. Интернациональная, 49	10705	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 11 1120 16	Спектрофотометры СФ-2000, СФ-2000-02	ЗАО «ОКБ СПЕКТР», Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Чугунная, 20	10664	18.05.2021	12 мес.
РБ 03 08 1146 16	Ареометры общего назначения АОН-1, АОН-2, АОН-3, АОН-4, АОН-5	ПАО «Химлаборприбор», Россия, 141600, г. Клин, Московская обл., ул. Папивина, 3	10728	16.06.2021	48 мес.
РБ 03 09 1268 16	Электроды мембранные ЭМ-I-01, ЭМ-CN-01	ОАО «ГЗИП», Республика Беларусь, 246001, г. Гомель, ул. Интернациональная, 49	10704	27.10.2021	12 мес.

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 10 1410 16	Теплосчетчики ультразвуковые «СТРУМЕНЬ ТС-07»	НПООО «Гран-Система-С», Республика Беларусь, ул. Ф. Скорины, 54А, 220141, г. Минск	10695	27.10.2021	48/24 мес.
РБ 03 02 1442 16	Весы монорельсовые электронные ВМ	ЗАО «ВИК «ТЕНЗО-М», Россия, 140050, пос. Красково, Люберецкий р-н Московской обл., ул. Вокзальная, 38	10618	26.05.2021	12 мес.
РБ 03 02 1443 16	Весы платформенные электронные ВП	ЗАО «ВИК «Тензо-М», Россия, 140050, пос. Красково, Люберецкий р-н Московской обл., ул. Вокзальная, 38	10726	16.06.2021	12 мес.
РБ 03 02 1444 16	Весы платформенные электронные ВПА	ЗАО «ВИК «Тензо-М», Россия, 140050, пос. Красково, Люберецкий р-н Московской обл., ул. Вокзальная, 38	10727	16.06.2021	12 мес.
РБ 03 02 1548 16	Весы электронные «Штрих М»	АО «Штрих-М», Россия, ул. Мастеркова, д. 4, г. Москва, 115280	10610	18.11.2020	12 мес.
РБ 03 17 1560 16	Дозиметры индивидуальные малогабаритные ДКГ-РМ1604	ООО «Полимастер», Республика Беларусь, 220040, г. Минск, ул. М. Богдановича, 112	10701	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 14 1617 16	Установки импульсные магнитные «ИМПОК-1Б»	ИПФ НАН БЕЛАРУСИ, Республика Беларусь, г.Минск	10669	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 10 1762 16	Комплекты термопреобразователей сопротивления КТСП-Н	ООО «ИНТЭП», Республика Беларусь, ул. Армейская, 62, 211502, г. Новополоцк, п. Боровуха	10708	27.10.2021	48 мес.
РБ 03 11 1783 16	Комплекты фильтров «Пеленг СФ-05»	ОАО «ПЕЛЕНГ», Республика Беларусь, ул. Макаенка, 23, 220023, г. Минск,	10697	27.10.2021	48 мес.

новое в приборостроении

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 09 1788 16	Преобразователи промышленные П-210	ОАО «ГЗИП», Республика Беларусь, 246001, г. Гомель, ул. Интернациональная, 49	10675	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 10 1835 16	Термогигрометры ИВА-6	ООО НПК «МИКРОФОР», Россия, 124498, г. Москва, Зеленоград, ЮПС, проезд 4922, д. 4, стр. 2	10623	15.02.2021	12 мес.
РБ 03 09 1918 16	Системы измерительные управляющие газоанали- тические серии 57	фирма «Honeywell Analyt- ics Ltd.», Соединенное Королевство, Hatch Pond House, 4 Stins- ford Road, Nuffield Estate Pool, Dorset, BH 17	10596	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 23 1919 16	Системы измерительные обеспечения безопас- ности промышленного назначения ProSafe-RS	фирма «Yokogawa Elec- tric Corporation», Япония, No.365, Xinglong Street, Industry Pa, представитель- ство в России: 129090, г. Москва, Грохольский пер., 13, строение 2	10594	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 15 1962 16	Частотомеры электронно-счетные ЧЗ-81	ОАО «МНИПИ», Республика Беларусь, 220113, г. Минск, ул. Я. Коласа, 73	10699	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 17 2002 16	Измерители-сигнализа- торы поисковые ИСП- PM1401K-01 (PM1401GN)	ООО «Полимастер», Республика Беларусь, 220040, г. Минск, ул. М. Богдановича, 112	10702	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 09 2143 16	Газоанализаторы ИГ-9	РУП «Белгазтехника», Республика Беларусь, ул. Гурского, 30, 220015, г. Минск	10671	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 02 2239 16	Весы электронные «Штрих М5»	АО «Штрих-М», Россия, ул. Мастеркова, д. 4, г. Москва, 115280	10724	29.04.2021	12 мес.
РБ 03 19 2252 16	Стенды тормозные СТМ	ООО НПФ «МЕТА», Россия, ул. Радиозаводская, 1, а/я 25, 445359, г. Жигулевск	10611	12.04.2018	12 мес.

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 06 2706 16	Приборы виброизмерительные АГАТ-М	ООО «ДИАМЕХ 2000», Россия, 109052, г. Москва, ул. Подъемная, 14	10666	07.05.2020	12 мес.
РБ 03 09 2813 16	Измерители влажности ВИМС-2 (модификации ВИМС-2.11, ВИМС-2.12, ВИМС-2.21)	ООО НПП «Интерпри- бор», Россия, 454080, г. Челябинск, ю./а.: ул. Витебская, 4; п./а.: а/я 12771	10663	27.03.2020	12 мес.
РБ 03 07 2897 16	Счетчики газа турбинные серии TRZ	фирма «RMG Messtechnik GmbH», Германия, Postfach 280, 35502, Butzbach	10678	29.09.2021	48 мес.
РБ 03 07 2898 16	Корректоры объема газа электронные серии ЕС	фирма «RMG Messtechnik GmbH», Германия, Postfach 280, 35502, Butzbach	10679	29.09.2021	48 мес.
РБ 03 06 2918 16	Приборы виброизмери- тельные «ЯНТАРЬ» и «ЯНТАРЬ-М»	ООО «ДИАМЕХ 2000», Россия, 109052, г. Москва, ул. Подъемная, 14	10613	09.07.2017	12 мес.
РБ 03 01 3097 16	Метроштоки МШТм	ЗАО «Опика», Республика Беларусь, 222310, г. Молодечно, ул. В. Гастинец, 143А	10583	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 02 3138 16	Весы электронные стаци- онарные платформенные автомобильные ВЭСПА	ЧУПП «Номинал», Республика Беларусь, 224028, г. Брест, ул. Московская, 362/3, каб. 28	10700	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 09 3173 16	Кондуктометры- солемеры «МАРК-602»	ООО «ВЗОР», Россия, 603106, г. Нижний Новгород, а/я 253	10657	28.06.2021	12 мес.
РБ 03 13 3211 16	Преобразователи измерительные мощности ЭП8530М	ООО «МНПП «Электро- прибор», Республика Беларусь, ул. Зеньковой, 1, 210015, г. Витебск	10599	30.08.2021	12 мес.

новое в приборостроении

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 13 3251 16	Регистраторы безбумажные RSG	фирма «Endress+Hauser Wetzer GmbH+Co.KG», Германия, Colmarer Str. 6, 79576, Weil am Rhein, Deutschland // Представительство – фирма «БЕЛОРГСИН- ТЕЗ», 220020, г. Минск, ул. Пионерская, 47 Тел.: (017) 2508473, факс: (017) 2508583	10598	30.08.2021	24 мес.
РБ 03 09 3336 16	Преобразователи изме- рительные влажности и температуры ДВ2	ООО НПК «МИКРОФОР», Россия, 124498, г. Москва, Зеленоград, ЮПС, проезд 4922, д.4, стр.2	10622	31.12.2020	12 мес.
РБ 03 09 3337 16	Гигрометры ИВА-8	ООО НПК «МИКРОФОР», Россия, 124498, г. Москва, Зеленоград, ЮПС, проезд 4922, д. 4, стр. 2	10624	31.12.2020	12 мес.
РБ 03 13 3367 16	Преобразователи измерительные S2	ООО «НПЦ «Европрибор», Республика Беларусь, 210004, г. Витебск, ул. М. Горького, д. 42А	10600	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 07 3371 16	Счетчики газа ультразвуковые серий USZ и USM	фирма «RMG Messtechnik GmbH», Германия, Postfach 280, 35502, Butzbach	10677	29.09.2021	48 мес.
РБ 03 07 3372 16	Преобразователи- корректоры электронные серии ERZ	фирма «RMG Messtechnik GmbH», Германия, Postfach 280, 35502, Butzbach	10680	29.09.2021	48 мес.
РБ 03 13 3455 16	Трансформаторы тока ТФ-1 и ТФ-2	ОАО «ВЗЭП», Республика Беларусь, ул. Ильинского, 19/18, 210630, г. Витебск	10674	29.09.2021	-
РБ 03 11 3462 16	Комплекты светофильтров КСС	ЗАО «Спектроскопия, оп- тика и лазеры – авангард- ные разработки», Республика Беларусь, ул. Платонова Б. В., 1Б, пом. 36, к. 22, 220034, г. Минск	10698	27.10.2021	12 мес.

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 01 3478 16	Установки УКМ-100	ООО «ИМЦ «МИКРО», Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29	10615	07.05.2020	12 мес.
РБ 03 04 3479 16	Калибраторы давления пневматические «Метран-504 Воздух»	АО «ПГ «Метран», Россия, Комсомольский пр., 29, г. Челябинск, 454138	10617	15.09.2019	12 мес.
РБ 03 10 3494 16	Счетчики жидкости и количества теплоты СВТУ-10М	ООО «КИПромэнерго», Республика Беларусь, ул. К.Либнехта, 68, оф. 104, г. Минск, 220036	10696	27.10.2021	24 мес.
РБ 03 13 3814 16	Установки поверочные ЦУ 849	ООО «Энерго-Союз», Республика Беларусь, ул. С. Панковой, 3, г. Витебск, 210601	10706	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 01 3864 16	Нивелиры электронные Leica серий DNA, Sprint- er, LS в комплекте с рейками GPLE, GWCL, GWL, GSS 111, GPCL	фирма «Leica Geosystems AG», Швейцария	10684	26.08.2019	12 мес.
РБ 03 07 3905 16	Колонки газораздаточные сжатого природного газа Helix CNG	фирма «Wayne Fueling Systems Sweden AB», Швеция, Hanogatan 10, SE-211 24 Malmo	10685	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 13 4221 16	Преобразователи изме- рительные цифровые частоты переменного тока ЦД 9258	ООО «Энерго-Союз», Республика Беларусь, ул. С. Панковой, 3, г. Витебск, 210601	10603	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 13 4222 16	Преобразователи изме- рительные цифровые активной и реактивной мощности трехфазного тока ЦЛ 9249	ООО «Энерго-Союз», Республика Беларусь, ул. С. Панковой, 3, г. Витебск, 210601	10604	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 10 4280 16	Преобразователи термоэлектрические ТП	ООО НПП «ЭЛЕМЕР», Россия Зеленоград, корп. 1145, н/п 1, 124460, г. Москва	10612	14.07.2020	24/6 мес.

новое в приборостроении

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 13 4291 16	Преобразователи измерительные цифровые постоянного тока ЦА 9256	ООО «Энерго-Союз», Республика Беларусь, ул. С. Панковой, 3, г. Витебск, 210601	10601	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 13 4292 16	Преобразователи измерительные цифровые напряжения постоянного тока ЦВ 9257	ООО «Энерго-Союз», Республика Беларусь, ул. С. Панковой, 3, г. Витебск, 210601	10602	30.08.2021	48 мес.
РБ 03 11 4369 16	Фотометры микропланшетные Sunrise	фирма «Tecan Austria GmbH», Австрия, Unterbergstrasse 1f, AT-5082, Grodig/Salzburg	10591	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 01 4370 16	Тахеометры электронные серии «ZOOM»	фирма «GeoMax AG» (изготовитель - фирма «GeoMax International GmbH» («Hexagon Geosystems CN»), Германия, Китай), Швейцария	10592	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 09 4397 16	Анализаторы автоматические «MultiTek»	фирма «PAC L.P.», Соединенные Штаты, 8824 Fallbrook Dr. Houston, Texas 77064-9912	10711	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 19 4500 16	Стенды балансировочные серий DSP-BY, GSP-BY, SWT-BY, RFT-BY, RFE-BY	фирма «Hunter Engineering Company», Соединенные Штаты, 11250 Hunter Drive, Bridgeton, Missouri 63044-2391	10681	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 19 4501 16	Стенды для измерения и регулировки углов установки колес автомобилей серии DSP-BY	фирма «Hunter Engineering Company», Соединенные Штаты, 11250 Hunter Drive, Bridgeton, Missouri 63044-2391	10682	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 19 4502 16	Стенды для измерения и регулировки углов установки колес автомобилей серий HS-BY, HE-BY, WQ-BY	фирма «Hunter Engineering Company», Соединенные Штаты, 11250 Hunter Drive, Bridgeton, Missouri 63044-2391	10683	29.09.2021	12 мес.

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 02 4583 16	Весы неавтоматического действия серии М	фирма «Mettler-Toledo GmbH», Швейцария, представительство в СНГ: 101000, Россия, г. Москва, Стретенский б-р, 6/1, офис 10	10589	30.08.2021	12 мес.
РБ 03 02 4583 16	Весы неавтоматического действия серии М	фирма «Mettler-Toledo Instruments (Shanghai) Co., Ltd.», Китай, 589 Gui Ping Road, Shanghai 200233	10590	30.08.2021	
РБ 03 11 4586 16	Фотометры микропланшетные иммуноферментные (устройства считывания микроплашек) MR-96A	фирма «Shenzhen Mindray Bio-medical Electronics Co. Ltd», Китай, Keji 12 Road South, Hi-tech Industrial Park, Shenzhen 518057	10710	27.10.2021	12 мес.
РБ 03 01 4636 16	Уровни электронные М-050 модификаций М-050-01, М-050-02, М-050-03	ООО ИМЦ «Микро», Россия 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29	10616	29.08.2019	12 мес.
РБ 03 01 4638 16	Приборы для поверки угольников ППУ-630	ООО ИМЦ «МИКРО», Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29	10614	06.06.2019	12 мес.
РБ 03 10 4731 16	Термометры газовые показывающие электроконтактные ТГП-100Эк-М	ОАО «Теплоконтроль», Россия, ул. Ленинградская, 18, 215500, г. Сафоново	10658	01.03.2021	12 мес.
РБ 03 06 4796 16	Аппаратура виброконтроля СВКА 2	ООО «НПФ «ВИБРОН», Россия, пер. Барыковский, д. 4, стр. 2, офис № 114, 119034, г. Москва	10665	19.01.2020	12 мес.
РБ 03 07 4817 16	Колонки для выдачи продукта AdBlue Helix AdBlue	фирма «Wayne Fueling Systems Sweden AB», Швеция, Hanogatan 10, SE-211 24 Malmo	10686	29.09.2021	12 мес.
РБ 03 11 4908 16	Наборы жидких мер показателя преломления РЖЭ-1	ООО НПО «ЭКО-ИНТЕХ», Россия, Каширское шоссе, д. 13, корп. 1, 115230, г. Москва	10625	22.05.2018	-

новое в приборостроении

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 04 4931 16	Датчики давления микропроцессорные «СЕНСОР-М»	Частное предприятие «БелСенсор», Республика Беларусь, 223051, Минская обл., Минский р-н, п. Колодищи, ул. Минская, 5, оф. 350	10585	30.08.2021	24 мес.
РБ 03 07 4999 16	Автоцистерны АЦ-5,5 и автотопливозаправщики АТЗ-5,5	ОАО «Гродненский механический завод», Республика Беларусь, 230003, г. Гродно, ул. Карского, 20	10709	27.10.2021	24 мес.
РБ 03 20 5052 16	Дефектоскопы вихретоковые «Константа ВД1»	ООО «КОНСТАНТА», Россия, 198095, г. Санкт-Петербург, а/я 89	10620	19.01.2020	12 мес.
РБ 03 25 5232 16	Ростомеры РЭП, РЭС, РП, РС	ОАО «ТВЕС», Россия, 392511, п/о Тулиновка Тамбовской обл.	10723	31.03.2021	12 мес.
РБ 03 23 5246 16	Комплексы измерительно-вычислительные «ОКТОПУС-Л» («OCTOPUS-L»)	ООО «Корпорация ИМС», Россия	10725	30.03.2020	12 мес.
РБ 03 13 5391 16	Счетчики электрической энергии переменного тока статические трехфазные многотарифные МЭС-3	Филиал «Предприятие средств диспетчерского и технологического управления» (ПСДТУ) РУП «Гродноэнерго», Республика Беларусь	10673	29.09.2021	96 мес.
РБ 03 01 5414 16	GPS/ГЛОНАСС-приемники спутниковые геодезические «SATLABISURVEY» серии SL	фирма «Satlab GeoSolutions AB», Швеция	10595	24.04.2019	12 мес.
РБ 03 09 5454 16	pH-метры промышленные «АТЛАНТ 2101»	ЗАО «АТРЭКО», Россия	10659	28.07.2020	12 мес.
РБ 03 09 5455 16	Натриймеры «АТЛАНТ 2105»	ЗАО «АТРЭКО», Россия	10661	30.11.2020	12 мес.

Номер Госреестра	Наименование и обозначение типа СИ	Изготовитель	Номер сертификата	Срок действия сертификата	МПИ
РБ 03 09 5456 16	Кислородомеры промышленные «АТЛАНТ 3100»	ЗАО «АТРЭКО», Россия	10660	28.07.2020	12 мес.
РБ 03 11 5461 16	Рефрактометры ИРФ-454Б2М	АО «КОМЗ», Россия, 420087, г.Казань, ул. Кутуя, 124	10621	27.03.2020	12 мес.
РБ 03 20 5513 16	Дефектоскопы вихретоковые ВД-70	ООО «НПК «ЛУЧ», Россия, ш. Ильича, д. 1, мкр. Салтыкова, г. Балашиха, Московская обл., 143930	10619	28.07.2020	12 мес.
РБ 03 20 5566 16	Измерители защитного слоя бетона «Поиск»	ООО НПП «Интерприбор», Россия, 454080, г. Челябинск, ю./а.: ул. Витебская, 4; п./а.: а/я 12771	10662	27.03.2020	12 мес.

Более подробную информацию о средствах измерений, внесенных в Государственный реестр средств измерений, можно получить в Белорусском государственном институте метрологии (БелГИМ) или на сайте: www.belgim.by.

Информация о средствах измерений, исключенных из Государственного реестра средств измерений Республики Беларусь, размещена на сайте www.belgim.by в разделе «Издания» — «Журнал “Метрология и приборостроение” — Метрология и приборостроение № 4 — 2016».

10 НОЯБРЯ – ВСЕМИРНЫЙ ДЕНЬ КАЧЕСТВА

На протяжении уже более 25 лет во второй четверг ноября по инициативе Европейской организации по качеству при поддержке ООН отмечается Всемирный день качества.

С середины 90-х годов XX века в его рамках ежегодно проводится Европейская неделя качества.

В 2016 году Всемирный день качества отмечался 10 ноября. Европейская неделя качества проходила с 7 по 13 ноября под девизом «Качество для достижения результатов».

Каждое государство, организация и человек могут трактовать данный девиз, оценивая реальную ситуацию, возможности и стратегии развития.

В любой сфере деятельности, будь то научные разработки, производство продукции или оказание услуг, важен результат и его востребованность рынком. А формула его достижения всегда основана на высоком качестве всех составляющих процесса – технологий, управления, компетенции.

В нашей стране создана и поддерживается на современном уровне многоплановая инфраструктура качества, являющаяся неотъемлемым элементом государственной экономической политики. Она включает такие направления деятельности, как техническое нормирование и стандартизация, метрология, оценка соответствия и аккредитация, а также поддержку конкурсного движения за качество и деловое совершенство. Их развитие на инновационной основе предоставляет реальному сектору экономики большие возможности для повышения уровня конкурентоспособности, открывая доступ к перспективным техническим решениям.

Приняты и начнут действовать с 30 июля 2017 года новые законы Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» и «Об оценке соответствия техническим требованиям и аккредитации органов по оценке соответствия». Они учитывают нормы Договора о Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС) в области технического регулирования, оценки соответствия и аккредитации, накопленную правоприменительную практику, поддерживают развитие отечественных производителей и бизнес-сообщества.

Новая редакция закона «О техническом нормировании и стандартизации», в отличие от действующего, определяет юридическую силу всех технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации в контексте их обязательности. Нововведением является установление добровольности применения технических кодексов установившейся практики (ТКП), за исключением трех случаев: наличия ссылки на них в нормативных правовых актах, технических регламентах; заявления субъекта хозяйствования о соблюдении ТКП; при принятии субъектом решения об обязательном соблюдении ТКП для подчиненных ему организаций.

Что касается закона «Об оценке соответствия техническим требованиям и аккредитации орга-

нов по оценке соответствия», то он существенно расширяет круг документов, на соответствие которым может проводиться оценка соответствия. Кроме технических регламентов и государственных стандартов, это могут быть технические условия, международные, межгосударственные и другие региональные стандарты, а также внешнеторговые договоры. Это позволит расширить правовое поле для добровольной сертификации, содействия экспортным поставкам.

Итогом работы в рамках ЕАЭС является утверждение 39 технических регламентов Таможенного союза (ЕАЭС), 35 из которых уже вступили в силу. Принятые в этом году 4 технических регламента, касающиеся сжиженных углеводородных газов для использования их в качестве топлива, рыбы и рыбной продукции, аттракционов и ограничения применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники, начнут действовать в 2017 – 2018 годах. Непосредственно Республикой Беларусь разработаны 8 технических регламентов.

В настоящее время завершены процедуры внутригосударственного согласования по 6 проектам технических регламентов (по безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий, минеральных удобрений, химической продукции, лакокрасочных материалов, синтетических моющих средств и товаров бытовой химии, алкогольной продукции).

На стадии внутригосударственного согласования находится 5 проектов технических регламентов (устанавливающие требования к энергетической эффективности энергопотребляющих устройств, оборудованию для детских игровых площадок, средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения, углям и продуктам их переработки, упакованной питьевой воде).

7 проектов технических регламентов прошли стадию публичного обсуждения: по безопасности кормов и кормовых добавок, мяса птицы, нефти, газа горючего природного, магистральных трубопроводов для транспортирования жидких и газообразных углеводородов, продукции, предназначенной для защиты населения при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, а также продукции, предназначенной для гражданской обороны.

На различных стадиях разработки и принятия также находятся проекты изменений в 22 технических регламента, основанные на практике их применения.

Действующая сегодня в республике нормативная техническая база охватывает практически все отрасли экономики и социальную сферу.

В 2016 году в республике принято более 1000 государственных стандартов (СТБ и ГОСТ). Наибольшее количество – в машиностроении, электротехнике, радиоэлектронике и связи, химии и нефтехимии, строительной индустрии, продовольственном секторе.

Уровень гармонизации принятых государственных стандартов с международными и европейскими требованиями превышает 50 %. Стандарты такого высокого уровня являются мощной поддержкой отечественной промышленности и бизнеса в формировании стратегии создания новых видов продукции, соответствующей современным требованиям и обеспечивающей конкурентоспособность на глобальном уровне.

Доверие торговых партнеров республики и международное признание во многом обеспечивается выполнением требований международных стандартов и правил в области аккредитации, подтверждения соответствия и испытаний. В настоящее время в Национальной системе аккредитации внедрены все международные стандарты, необходимые для присоединения к Многосторонним соглашениям международных организаций по аккредитации о взаимном признании протоколов испытаний и сертификатов, выдаваемых в республике. Это позволит минимизировать практику повторных испытаний и процедур при экспортных поставках отечественной продукции и снизить затраты изготовителей.

Одним из опорных элементов инфраструктуры качества является метрологическая деятельность, поскольку от достоверности, единства, точности и сопоставимости результатов измерений во многом зависит качество продукции, четкость управления технологическими процессами, точность учета различных видов ресурсов и, в конечном итоге, доверие потребителей на внутреннем и внешних рынках.

В республике реализуется Государственная научно-техническая программа «Эталоны Беларуси» на 2016 – 2020 годы, которая предусматривает разработку более 20 эталонов для развития атомной энергетики и связанных с ней технологий, сферы информационных технологий, отраслей промышленности, строительства и сельского хозяйства, геодезии, защиты от чрезвычайных ситуаций и др., а также модернизацию 6 имеющихся. Создаваемые эталоны соответствуют установленным перспективным направлениям научно-технического развития страны.

Сейчас действует 53 эталона. В 2016 году ведется работа по созданию 6 эталонов, 1 эталонной установки и модернизации 2 эталонов.

Договоренность о взаимном признании национальных эталонов, сертификатов калибровки и измерений, подписанная белорусской стороной,

обеспечивает возможности для их международного признания.

Отмечая деятельность метрологической службы республики, необходимо подчеркнуть и ее важную роль в проведении согласованной технической политики по обеспечению единства измерений в ЕАЭС.

За последнее десятилетие в республике проделана большая работа по применению системного подхода к управлению различными аспектами деятельности организаций.

Наибольшее применение в республике, как видно, получили системы менеджмента качества, управления охраной труда, менеджмента безопасности пищевых продуктов и экологического менеджмента.

В настоящее время сертифицированы:

- системы менеджмента качества в соответствии с требованиями СТБ ISO 9001 в 3232 организациях;
- системы управления качеством и безопасностью пищевых продуктов в соответствии с требованиями СТБ 1470 в 348 организациях;
- системы менеджмента безопасности пищевых продуктов в соответствии с требованиями СТБ ИСО 22000 в 50 организациях;
- системы управления охраной окружающей среды в соответствии с требованиями СТБ ISO 14001 в 309 организациях;
- системы управления охраной труда в соответствии с требованиями СТБ 18001 в 1079 организациях;
- системы менеджмента качества в соответствии с требованиями СТБ ISO/TS 16949 в 20 организациях автомобилестроения;
- системы управления качеством в соответствии с требованиями СТБ ISO 13485 в 9 организациях по выпуску медицинской техники;
- системы энергетического менеджмента в соответствии с требованиями СТБ ISO 50001 в 4 организациях;
- системы менеджмента информационной безопасности в соответствии с требованиями ISO/IEC 27001 в 1 организации.

С 1 марта 2016 года в республике действует новая версия государственного стандарта на системы менеджмента качества СТБ ISO 9001-2015, идентичного международному стандарту. Основной акцент для обеспечения выпуска качественной и конкурентоспособной продукции в современных требованиях стандарта сделан на концепцию анализа рисков по всем направлениям деятельности организации, усиление роли лидерства и построение в организации системы знаний и внедрения инноваций.

Организации республики должны постепенно осуществить переход на новый уровень менеджмента качества до 15 сентября 2018 года. Этот срок установлен для всех государств, которые входят в Международную организацию по стандартизации (ISO). В настоящее время уже три компании страны из Минска

(ООО «ЛегерИнвест»), Гомеля (Республиканское специализированное УП «Полесье») и Витебска (СЗАО «АПЛИСЕНС») – имеют сертификат соответствия требованиям СТБ ISO 9001-2015.

Новый импульс распространению передовых технологий менеджмента для развития на отечественных предприятиях современной культуры производства должна придать реализация «Комплекса мер на 2016 – 2020 годы по стимулированию внедрения в экономику страны передовых методик и современных международных систем управления качеством», принятого в рамках выполнения поручения Президента Республики Беларусь А. Г. Лукашенко, данного при обращении с Посланием к белорусскому народу и Национальному собранию Республики Беларусь, и утвержденного Премьер-министром Республики Беларусь А. В. Кобяковым.

Стратегической целью этого документа является повышение качества выпускаемой продукции, конкурентоспособности организаций и устойчивости экономики страны за счет внедрения в организациях различных форм собственности современных систем менеджмента и передовых техник качества и эффективного менеджмента.

Комплекс мер предусматривает целый ряд мероприятий по направлениям:

- повышение безопасности и качества продукции методами технического нормирования и стандартизации;
- совершенствование законодательной и нормативно-правовой базы в области качества и эффективного менеджмента;
- научные исследования и разработка передовых подходов к менеджменту для приоритетных отраслей экономики;
- внедрение стандартизированных техник качества и эффективного менеджмента и лучших мировых практик;
- стандартизация техник качества и эффективного менеджмента;

– компетентность в области качества и эффективного менеджмента;

– мотивация эффективного менеджмента и пропаганда идей качества и делового совершенства;

– совершенствование отраслевого и регионального планирования и достижения качества.

Для стимулирования деятельности организаций по повышению качества и конкурентоспособности продукции, работ и услуг, внедрению современных методов управления качеством развивается республиканское конкурсное движение в области качества.

В 2016 году объявлены и проводятся конкурсы:

- на соискание Премии Правительства Республики Беларусь за достижения в области качества;
- на соискание Премии СНГ за достижения в области качества продукции и услуг;
- «Лучшие товары Республики Беларусь»;
- «Лучший менеджер по качеству»;
- «Лучшая дипломная и научно-исследовательская работа студентов в области менеджмента и контроля качества».

В настоящее время проводится оценка деятельности 28 организаций-претендентов на звание лауреата конкурса на соискание Премии Правительства Республики Беларусь за достижения в области качества в 2016 г. Наибольшее количество претендентов сосредоточено в номинациях «производство продовольственной и сельскохозяйственной продукции» и «производство продукции производственно-технического назначения».

В конкурсе «Лучшие товары Республики Беларусь» на второй – республиканский – этап областными конкурсными комиссиями представлены заявки более чем от 140 организаций.

Важно отметить, что в этом году данный конкурс проводится с целым рядом изменений, в числе которых – возможность потребителям оставить свои отзывы в отношении финалистов и качества их продукции и услуг, заявленных на конкурс.

Пресс-служба Госстандарта

Наши достижения

В 2015 году были завершены международные сличения по теме КОOMET 563/RU/12 (COOMET.L-S17) «Сличение эталонов единицы длины в области измерения отклонений от круглости». В настоящее время заключительный отчет о сличениях опубликован в международном журнале «Метрология». После прохождения международной экспертизы в базе данных KCDB опубликованы две новые строки с наилучшими измерительными возможностями Белорусского государственного института метрологии в области отклонений от круглости.

На сегодняшний день в области измерений геометрических величин БелГИМ опубликовано 16 строк СМС-данных. Всего по разным видам измерений НМИ Беларуси опубликовано 236 строк СМС-данных о калибровочных и измерительных возможностях (по состоянию на 01.12.2016).

18-е ЗАСЕДАНИЕ ДИРЕКТОРОВ НАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИНСТИТУТОВ



24, 25 октября 2016 года в Международном бюро мер и весов (МБМВ) (Париж, Франция) проходило 18-е заседание директоров национальных метрологических институтов и представителей стран-участниц Метрической конвенции.

В состав делегации от Республики Беларусь входили директор БелГИМ В. Л. Гуревич и ведущий специалист БелГИМ Н. А. Жагора.

Госстандарт Республики Беларусь и Белорусский государственный институт метрологии активно участвуют в процессе формирования надежной технической базы для беспрепятственного сотрудничества в области международной торговли и другой экономической деятельности.

Делегаты приняли участие в обсуждении круга вопросов, касающихся хода реализации Договора о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов измерений и калибровок, выдаваемых национальными метрологическими институтами (CIPM MRA), включая необ-

ходимость внесения поправок в этот документ с учетом устойчивого роста объема информации и процессов взаимодействия, ознакомились с финансовыми отчетами о деятельности Международного бюро мер и весов (МБМВ) и Международного комитета мер и весов (МКМВ), посетили лаборатории МБМВ.

Участники заседания обсудили пути и возможности модернизации процесса реализации Договора в условиях устойчивого роста количества сличений и калибровочных возможностей, поступающих в базу данных МБМВ.

В качестве отдельной темы дискуссии был выделен вопрос об инициативах и достижениях национальных метрологических институтов как факторе влияния на формирование национальной политики в области метрологии и об использовании этого опыта в процессе дальнейшего развития международной инфраструктуры обеспечения качества измерений.

15-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЗМ И 51-е ЗАСЕДАНИЕ МКЗМ



С 17 по 21 октября 2016 года в Страсбурге (Франция) проходили 15-я Международная конференция Международной организации законодательной метрологии и 51-е заседание Международного комитета законодательной метрологии (МОЗМ/МКЗМ – OIML/CIML).

Представители Белорусского государственного института метрологии Госстандарта приняли участие в данных мероприятиях (Госстандарт является членом МОЗМ с 1994 года). Участие в обсуждении Рекомендаций и Документов МОЗМ и голосовании за их принятие направлено на устранение технических барьеров в торговле средствами измерений, а также гармонизацию подходов к метрологическому контролю средств измерений, применяемых в сфере законодательной метрологии.

В мероприятиях участвовали представители 51 страны-члена МОЗМ (всего более 100), 16 ассоциированных членов (всего более 30) и 8 пред-

ставителей 6 международных организаций (BIPM, CECIP, CECOD, GSO, IEC, ILAC).

Были приняты следующие основные решения:

- утвердить новые редакции документов системы сертификатов МОЗМ, направленной на добровольную сертификацию средств измерений на соответствие рекомендациям МОЗМ, устанавливающим их метрологические характеристики;
- одобрить к утверждению рекомендации, касающиеся средств измерений протеина и влаги в зерне, количества содержимого фасованной продукции и др.
- одобрить новые проекты, касающиеся измерений объема, массы, электрических величин, сжиженного углеводородного топлива для транспортных средств, сахариметрии и т. д.

Следует отметить, что специалисты Республики Беларусь участвуют в пяти технических комитетах МОЗМ, а также в заседаниях рабочих органов МОЗМ.



44-е ЗАСЕДАНИЕ НТКМетр

20, 21 сентября 2016 г. в Иркутске (Российская Федерация) прошло 44-е заседание Научно-технической комиссии по метрологии (НТКМетр) Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). В его работе приняли участие представители национальных органов по стандартизации, метрологии и сертификации шести стран – Армении, Беларуси, Казахстана, Киргизии, Российской Федерации, Узбекистана – и Бюро по стандартам. Республику Беларусь представляла делегация в составе и. о. начальника Управления метрологии Госстандарта Ю. В. Задрейко, директора БелГИМ В. Л. Гуревича, первого заместителя директора БелГИМ В.П. Лобко, заместителя директора БГЦА В. А. Шарамкова, начальника отдела БГЦА С. П. Мамаю.

Повестка дня содержала вопросы по совершенствованию деятельности МГС в области метрологии на основе действующих соглашений между странами-участницами, а также ряд других актуальных тем. В частности, рассматривались вопросы о ходе реализации Программы по разработке аттестованных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов по конкретным тематическим направлениям на период 2016 – 2018 гг.; Программы создания эталонов единицы длины нового поколения в диапазоне 10^{-9} – 10^{-6} м в период 2016 – 2018 гг. и др. Особое внимание было уделено вопросу разработки и пересмотра основополагающих нормативных документов ГСИ по стандартным образцам.



18-е ЗАСЕДАНИЕ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОМИССИИ ПО МЕТРОЛОГИИ МГС

В рамках 44-го заседания НТКМетр состоялось 18-е заседание рабочей группы по неразрушающему контролю. В его работе приняли участие 17 представителей от национальных органов по стандартизации, метрологии и сертификации 6 стран – Беларуси, Казахстана, Киргизии, России, Узбекистана, Украины.

Участники заседания обменялись опытом работ, проводимых национальными органами в области неразрушающего контроля.

В ходе обсуждения была скорректирована Программа работ по стандартизации, метроло-

гии и оценке соответствия в области неразрушающего контроля.

Большое внимание было уделено обсуждению проектов межгосударственных стандартов в данной области.

В частности, в настоящее время Белорусским государственным институтом метрологии разрабатывается проект межгосударственного стандарта «Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы и средства проверки».

БелГИМ – ПРОВАЙДЕР ПРОВЕРКИ КВАЛИФИКАЦИИ



В настоящее время испытательным, поверочным и калибровочным лабораториям для соответствия международным и национальным требованиям к компетентности (СТБ ИСО/МЭК 17025), признания результатов измерений и испытаний, создания и поддержания положительного имиджа необходимо демонстрировать и подтверждать качество своих измерений. Одним из способов оценки качества и сопоставимости результатов измерений, полученных в разных лабораториях, является постоянное участие в проверках квалификации.

С целью осуществления деятельности, регламентированной ISO/IES 17043, Белорусский государственный институт метрологии Постановлением Госстандарта № 7 от 23.02.2011 назначен провайдером проверки квалификации поверочных, калибровочных и испытательных лабораторий. Качественная реализация проверки квалификации лабораторий требует наличия соответствующей технической базы и высокой квалификации провайдера. Возможности БелГИМ как Национального метрологического института позволяют качественно и в соответствии с международными требованиями организовывать проверки квалификации в различных областях измерений. В целом, с момента назначения БелГИМ провайдером разработано 48 программ проверки квалификации в области испытаний, 25 программ – в области поверки средств измерений, 15 программ – в области калибровки средств измерений.

Сейчас особую актуальность приобретают вопросы измерения характеристик оптического волокна. Волоконно-оптическая связь находит все более широкое применение во всех областях – от компьютеров и бортовых космических, самолетных и корабельных систем до систем передачи информации на большие расстояния. Уже сегодня по оптическому волокну в наши квартиры приходят сразу три сервиса: телефонная связь, телевидение и интернет.

Провайдером БелГИМ в 2011 году была разработана программа проверки квалификации BelGIM-PT-T-8-2011 «Измерение характеристик оптического волокна». На сегодняшний день уже реализовано 7 туров программы, в которых приняли участие 88 лабораторий.

Одной из главных целей проверки квалификации является обучение персонала лабораторий.

Здесь очень важны не только организация и проведение программы, но и установление и поддержание обратной связи с участниками, совместное обсуждение полученных результатов. У БелГИМ сложилась многолетняя практика проведения семинаров-совещаний в данной области.

Так, 27 сентября 2016 года был проведен семинар «О совершенствовании работы лабораторий, измеряющих характеристики оптического волокна».

В семинаре приняли участие 65 представителей лабораторий – участниц, специалисты отдела радиоэлектронных измерений БелГИМ, являющегося координатором данной программы, технические эксперты и эксперт по статистике.

В соответствии с программой работы семинара с докладами выступили: ведущий специалист республики в области измерений характеристик оптического волокна Е. А. Савыгин, руководитель испытательного центра – начальник производственной лаборатории ОАО «Белсвязьстрой» А. И. Кретов, ведущий инженер, представитель отдела-координатора БелГИМ Г. Г. Слонимская и ведущий инженер отдела радиоэлектронных измерений БелГИМ, технический эксперт программы С. М. Ромбак.

Участники семинара обсудили особенности измерений затухания неразъемных соединений и возможные методические и инструментальные ошибки, а также результаты проведения программы проверки квалификации. Подытоживая работу, организаторы совместно с участниками семинара аналитически оценили возможные риски получения недостоверных результатов измерений, обозначили в ближайшей перспективе необходимость повышения качества измерений характеристик оптического волокна, в том числе и посредством проверок квалификации, поскольку они позволяют определить соответствие установленным требованиям к точности измерений.

Галина Григорьевна Слонимская, ведущий инженер отдела законодательной и теоретической метрологии БелГИМ;

Светлана Алексеевна Миранович-Качур, начальник сектора отдела законодательной и теоретической метрологии БелГИМ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

7 октября 2016 года БелГИМ провел семинар «Актуальные вопросы деятельности испытательных лабораторий», основными темами которого были: вопросы аттестации испытательного оборудования в соответствии с СТБ 8015-2016 и участие лабораторий в проверках квалификации как способ обеспечения качества результатов испытаний.

В работе семинара приняли участие такие ведущие предприятия республики, как ОАО «Минский моторный завод», ОАО «Керамин», УП «Кока-кола Бевриджиз-Белоруссия», УП «Светоприбор» ООО «БелТИЗ», ОАО «Белэлектромонтажналадка», НИИ транспорта «Транстехника», СП «БЕЛТЮФ» и др.

Открывая семинар, директор БелГИМ В. Л. Гуревич отметил, что стандарт СТБ 8015-2016, касающийся вопросов метрологической аттестации испытательного оборудования, создавался на протяжении двадцати лет и в результате выстроился в определенную модель, которая и будет представлена на семинаре. Он подчеркнул, что говоря об аттестации испытательного оборудования, калибровке измерительных каналов и, в отдельных случаях, о калибровке испытательного оборудования, нужно понимать, что вся суть проблемы заключена в методике выполнения измерений, помогающей оценить влияние на результат измерений, найти подход к расчету оценки неопределенности. Далее В. Л. Гуревич отметил актуальность темы межлабораторных сличений, так как она охватывает основные составляющие качества измерений – точность и метрологическую прослеживаемость.

Начальник производственного отдела И. В. Войтек остановилась на общих положениях стандарта СТБ 8015-2016. Были освещены вопросы первичной, периодической и внеочередной аттестации испытательного оборудования, показаны особенности оформления результатов аттестации. Докладчик проанализировала основные аспекты построения методик аттестации испытательного оборудования.

Практическим примерам выполнения измерений, обработки результатов измерений при проведении аттестации испытательного оборудования был посвящен доклад инженера I категории производственно-исследовательского отдела измерений механических величин А. В. Подосецкого.

Во второй части семинара, посвященной участию лабораторий в проверках квалификации, ведущий инженер научно-исследовательского центра испытаний средств измерений и техники БелГИМ В. И. Найдёнова представила доклад о международных документах по проверкам квали-



фикации и практике применения проверок квалификации для обеспечения качества результатов испытаний.

О повышении эффективности подтверждения пригодности методов испытаний с использованием результатов проверки квалификации рассказал инженер II категории научно-исследовательского центра испытаний средств измерений и техники БелГИМ М. М. Крышнев.

Участники семинара обменялись мнениями по широкому кругу вопросов в области деятельности испытательных лабораторий с ведущими специалистами БелГИМ.

В БЕЛАРУСИ СОЗДАН ТК «НАНОТЕХНОЛОГИИ»

В Республике Беларусь была одобрена и начала действовать в 2003 году Государственная комплексная программа «Наноматериалы и нанотехнологии». Для успешного развития этой области требуется модернизация существующего и создание более современного, отвечающего новым задачам поверочного оборудования, а также разработка нормативных документов на методы и средства поверки средств измерений, применяемых в nanoиндустрии и других областях использования нанотехнологий.



17 ноября 2016 года в Белорусском государственном институте метрологии состоялось организационное совещание по созданию национального технического комитета по стандартизации «Нанотехнологии».

Инициатором данного мероприятия выступил Белорусский государственный институт метрологии, предложив взять на себя ведение секретариата ТК.

В работе заседания приняли участие ведущие специалисты и ученые Национальной академии наук Республики Беларусь, Белорусского государственного института метрологии, Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, Республиканского общественного объединения «Белорусская научно-промышленная ассоциация», Государственного научно-производственного объединения «Центр», Открытого акционерного общества «Оптоэлектронные системы», ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси», ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси», НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, БНТУ, ГНУ «Институт порошковой металлургии», ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», БГУ, ОАО «АГАТ-системы управления» — управляющая ком-

пания холдинга «Геоинформационные системы управления», ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», ГНУ «ФТИ НАН Беларуси».

Цель данного мероприятия — создание ТК «Нанотехнологии»; рассмотрение и одобрение проекта Положения о техническом комитете по стандартизации Республики Беларусь в области нанотехнологий; обсуждение структуры и кандидатур председателя технического комитета и ответственного секретаря технического комитета.

Открывая это значимое для республики совещание, директор БелГИМ В. Л. Гуревич выразил уверенность в том, что создание нового ТК будет несомненно способствовать консолидации научно-технического и интеллектуального потенциала в работах по повышению уровня стандартов, сокращению сроков их разработки.

Было принято решение создать технический комитет по стандартизации Республики Беларусь в области нанотехнологий и одобрить проект Положения о техническом комитете по стандартизации Республики Беларусь в области нанотехнологий. На должность председателя технического комитета предложена кандидатура С. А. Чижика, первого заместителя председателя Президиума НАН Беларуси, на должность ответственного секретаря — кандидатура В. Б. Макаревича, начальника производственно-исследовательского отдела геометрических величин БелГИМ.



Приказом Госстандарта от 19.12.2016 № 185 одобрено предложение Белорусского государственного института метрологии о создании ТК «Нанотехнологии» и о возложении на него функций по ведению секретариата ТК. Председателем ТК назначен С. А. Чижик, первый заместитель председателя Президиума НАН Беларуси.

9-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРИБОРОСТРОЕНИЕ-2016»

В ноябре этого года в очередной раз Международная научно-техническая конференция «Приборостроение» собрала в стенах Белорусского национального технического университета приборостроителей и метрологов из Беларуси, России, Украины, Узбекистана, Армении, Литвы, Латвии, Польши, Германии, Швеции, Норвегии, Австрии, Испании, в том числе представителей таких известных научных центров, как Московский государственный университет, МГТУ им. Н. Э. Баумана, Национальный университет Украины «Киевский политехнический институт», Варшавский технологический университет, Королевский технологический институт Швеции.

В центре обсуждаемых тем нынешней конференции – аддитивные и нанотехнологии, роботизированные системы, проблемы неразрушающего контроля, метрологическое обеспечение измерений, вопросы современной фотометрии, совершенствование правовой базы в области обеспечения единства измерений Республики Беларусь.



Организаторы конференции – Белорусский национальный технический университет, Белорусский государственный институт метрологии, институт прикладной физики НАН Беларуси при поддержке Министерства образования Республики Беларусь, Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь, Национальной академии наук Беларуси.

Конференция открылась пленарным заседанием, на котором с приветственным словом выступили проректор по научной работе БНТУ А. М. Маляревич, заместитель председателя Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь В. Б. Татарицкий, первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси С. А. Чижик.

Выступая с приветственной речью, первый заместитель председателя Госстандарта В. Б. Татарицкий отметил, что в нашей республике приборостроение является одной из самых инновационных, прогрессивных, экспортно ориентированных отраслей и от уровня его развития во многом зависит уровень развития национальной



экономики. Он обозначил важную роль стандартизации и метрология в развитии и техническом переоснащении приборостроительной отрасли. В. Б. Татарицкий акцентировал внимание на совершенствующейся эталонной базе страны, которая сегодня включает 53 эталона. Согласно программе «Эталоны Беларуси» на 2016–2020 годы планируется создать и модернизировать более 20 эталонов в области атомной энергетики и связанных с ней технологий, в сфере информационных технологий, электронной диверсификации, защиты информации, создания новых материалов, контроля топливных энергоресурсов, строительства и сельского хозяйства. Он подчеркнул, что все создаваемые эталоны соответствуют перспективным направлениям научно-технического развития страны, потребностям предприятий и будут способствовать переходу на 6-й, 7-й уклад технологического уровня нашей продукции. Отмечая особую значимость мероприятия и важность продолжения дальнейшего диалога по наиболее актуальным вопросам развития отрасли, В. Б. Татарицкий подчеркнул, что в данном форуме наряду с из-

вестными учеными, специалистами промышленного сектора принимает самое активное участие студенческая молодежь, креативная и целеустремленная, нацеленная на приверженность идеям качества, совершенствования и движения вперед.

Научную часть пленарного заседания открыл первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси, академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор С. А. Чижик. Давая оценку перспективам промышленного развития страны, он выделил такие направления, как интеллектуализация машин и механизмов, электрификация машин, индивидуализация, снижение логистической составляющей. За их развитием стоят новые перспективные технологии и новые производства. С. А. Чижик подчеркнул, что приборостроение лежит в основе каждого из этих направлений. Отечественное приборостроение имеет наработки и заслуженный авторитет в области оптимизированной электроники, точной механики, сфере высоких технологий и др. Свой доклад «Технологии «снизу – вверх» в масштабных интерпретациях» он посвятил аддитивным технологиям и производствам, которые характеризуются наличием гибкого программного продукта, возможностью быстро меняться, работать с минимальными отходами, минимальными энергозатратами, отсутствием или минимизацией логистического фактора. Такие производства стремительно набирают силу во всем мире и постепенно начинают развиваться в Беларуси. Докладчик сообщил, что 3D-принтеры создаются в Белорусском национальном техническом университете, небольшие производства с применением аддитивных технологий уже существуют в Институте тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, Институте порошковой металлургии, в Физико-техническом институте НАН Беларуси и др. Ученые НАН Беларуси ставят перед собой задачу оценивать свойства материала на наномасштабном уровне. Уже разработан ряд методик, позволяющих с помощью атомно-силового

микроскопа локально оценить модуль упругости материала.

Об актуальных проблемах применения наземных робототехнических систем рассказал директор УП «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО», академик НАН Беларуси, д. физ.-мат. н., профессор А. П. Шкадаревич. Он представил разработки Научно-технического центра «ЛЭМТ» БелОМО в области оптоэлектронных систем для роботизированных комплексов различного назначения.

Вопросам совершенствования сферы законодательной метрологии был посвящен доклад к. т. н., директора БелГИМ В. Л. Гуревича. Докладчик обозначил главные вызовы, связанные с модернизацией основных элементов системы обеспечения единства измерений. Это связано с подготовкой новой редакции закона Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений», необходимостью совершенствования ТНПА с учетом существующих изменений и опыта Европейского Союза, модернизацией технической базы и повышением квалификации кадров.

В. Л. Гуревич акцентировал внимание на таком важном вопросе, как механизм прогнозирования потребностей государства, бизнеса в общих измерениях и системах мониторинга, анализа и структур применяемых средств измерений. Наличие такой системы позволит более точно прогнозировать необходимость создания национальных эталонов для передачи единицы величины, отвечая потребностям промышленности. Докладчик обозначил важность государственного метрологического надзора, без которой сфера законодательной метрологии не сможет эффективно развиваться. Он сообщил, что задачи обеспечения единства измерений нашли отражение в разработанной в этом году концепции развития Государственной метрологической службы до 2020 года, основная цель которой – формирование и развитие нового законодательства, эталонной базы, решение критических для ГМС вопросов.





Докладчик проанализировал основные аспекты, которые претерпят существенные изменения в новой версии закона «Об обеспечении единства измерений», проект которой должен появиться уже в следующем году. Это понятийный аппарат, сферы законодательной метрологии, вопросы прослеживаемости, требования к метрологическому контролю эталонов, вопросы стандартных образцов, референтных методик измерений, уполномочивание поверочных лабораторий, проведение метрологической экспертизы, проблемы фасованных товаров и др.

В. Л. Гуревич выразил уверенность в том, что такие прогрессивные преобразования повысят качество измерений и качество услуг, оказываемых как Национальным метрологическим институтом, так и центрами стандартизации, метрологии и сертификации. И в целом позитивно скажутся на развитии промышленности,

экономики и приборостроения в республике.

Далее с докладом «Применение методов индентирования для неразрушающего контроля физико-механических характеристик конструкционных материалов» выступил заведующий лабораторией Института прикладной физики НАН Беларуси, д. т. н. А. П. Крень. Он представил графоаналитический метод, позволяющий без привлечения дополнительного оборудования, по результатам анализа диаграммы выделить свойства материала, определяющие ход деформирования, и осуществить объективный выбор модели деформирования, оптимальной для расчета физико-механических характеристик. Докладчик отметил, что применение динамического индентирования для контроля параметров разрушения позволило создать серию приборов, нашедших широкое применение в промышленности при контроле различных материалов, изготовленных по аддитивным технологиям.

Заключительный доклад пленарного заседания «Методы и средства фотостимулированной зондовой электрометрии для контроля параметров полупроводниковых пластин» д. т. н., профессора кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии» БНТУ А. Л. Жарина был посвящен актуальной проблеме развития методов контроля приповерхностных слоев материалов, применяемых в технологии полупроводниковых интегральных схем, 3D-приборов. Автор представил совместную разработку БНТУ и НПО «Интеграл» – установку фотостимулированной сканирующей зондовой электрометрии, а также методы зондовой электрометрии, обеспечивающие бесконтактное неразрушающее определение верхних атомных слоев на полупроводниковых пластинах.

Далее работа конференции продолжалась в формате четы-

рех тематических секций: «Измерительные системы и приборы, технические средства безопасности», «Методы исследований и метрологическое обеспечение измерений», «Физические, физико-математические, материаловедческие и технологические основы приборостроения», «Управление производством и подготовка специалистов для приборостроительной отрасли».

В работе секции «Методы исследований и метрологическое обеспечение измерений», возглавляемой зав. кафедрой «Стандартизация, метрология и информационные системы» БНТУ, д. т. н., профессором П. С. Серенковым и главным специалистом по метрологии и стандартизации БелГИМ, д. т. н. Н. А. Жагорой активное участие приняли специалисты БелГИМ.

С докладом «Нейронные сети в распределенных электроэнергетических системах» выступил инженер научно-исследовательского отдела измерений электрических величин БелГИМ В. С. Янченко. Он представил инновационные концепции в области энергетической инфраструктуры, которые позволят существенно снизить издержки, связанные с производством и потреблением электроэнергии, и, следовательно, значительно повысить конкурентоспособность продукции.

Проблемам проверки квалификации поверочных и калибровочных лабораторий был посвящен доклад начальника сектора отдела законодательной и теоретической метрологии БелГИМ С. А. Миранович-Качур «Проверка квалификации поверочных и калибровочных лабораторий как инструмент контроля качества измерений». Она отметила, что проверки квалификации играют важную роль при контроле и подтверждении качества измерений поверочных и калибровочных лабораторий, для обеспечения единообразия выполнения измерений и сопоставимости результатов измерений



одной и той же величины. Докладчик проанализировала такие важные аспекты при проведении программ проверки квалификации в поверочных и калибровочных лабораториях, как обеспечение метрологической прослеживаемости измерений приписанного значения, подготовка и исследование образца для проверки квалификации, оценивание функционирования участников по критерию соответствия назначению, выбор и оценивание характеристик функционирования. Проверки квалификации позволяют решить сразу несколько метрологических задач: подтверждение метрологической прослеживаемости измерений, соответствие установленным требованиям по точности измерений; подтверждение заявленной участниками неопределенности измерения.

Анализу метрологического обеспечения газоаналитических измерений был посвящен доклад ведущего инженера отдела физико-химических и оптических измерений БелГИМ В. Н. Ананьина. Он отметил, что достоверность и прослеживаемость к единицам SI результатов измерений содержания компонентов в газовых средах обеспечивается в Республике Беларусь национальной системой единства газоаналитических измерений, фундаментом которой является комплекс национальных эталонов. С помощью национальных эталонов разрабатываются и создаются государственные

стандартные образцы состава газа, предназначенные для выполнения работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений в системе мониторинга атмосферного воздуха, воздуха рабочей зоны, в энергетике, на транспорте, в жилищно-коммунальном хозяйстве, санитарии и медицине, нефтехимической, газоперерабатывающей и газотранспортной отраслях промышленности республики. Докладчик подчеркнул, что эквивалентность и достоверность результатов измерений подтверждаются участием в международных сличениях, результаты которых зарегистрированы в международной базе данных KCDB Международного бюро мер и весов.

Вопросы совершенствования национальной эталонной базы, эффективности метрологического обеспечения, калибровки высокоточных калибраторов по напряжению постоянного тока с помощью национального эталона единицы напряжения – вольты были освещены в стендовых докладах специалистов БелГИМ А. С. Волинца, А. В. Галыго, М. М. Крышнева, Е. А. Казаковой, Д. В. Сентемовой.

В ходе конференции участники ознакомились с полученными новыми научно-техническими результатами в области метрологии и приборостроения, обменялись мнением по широкому кругу вопросов.

Рабочей группой, созданной согласно решению заседания НТК по метрологии Госстандарта № 10-2015 от 29.09.2015, подготовлен проект государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расхода (объема и массы) воды.

Приглашаем всех заинтересованных специалистов к обсуждению проекта. Ознакомиться с проектом можно на сайте БелГИМ www.belgim.by в разделе Метрология → В помощь метрологу → Разное. Замечания и предложения можно направить на адрес: bardonov@belgim.by.

НМИ БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ ПОДПИСАЛИ СОГЛАШЕНИЕ О ПРИЗНАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ



16 декабря 2016 года в Гомельском ЦСМС обсуждался проект Соглашения между национальными метрологическими институтами Беларуси (БелГИМ) и Украины (Институт метрологии, г. Харьков, Всеукраинский государственный научно-производственный центр стандартизации, метрологии, сертификации и защиты прав потребителей, г. Киев) о признании результатов испытаний средств измерений в целях утверждения типа или оценки соответствия. Главная цель заседания – реализация решений Протокола четвертого заседания Межправительственной белорусско-украинской смешанной комиссии по вопросам торгово-экономического сотрудничества.

Соглашение предполагает признание результатов испытаний средств измерений при наличии в НМИ систем менеджмента в соответствии с ISO/IEC 17025 и/или ISO/IEC 17065, а также заявления о соблюдении требований OIML D30. При этом основным из условий признания является

наличие метрологической прослеживаемости при испытаниях, которая должна поддерживаться в рамках Системы качества, признанной Форумом Качества KOOMET. Работы по признанию осуществляются непосредственно с изготовителем средств измерений в рамках отдельных договоров, в которых указываются как сроки, так и стоимость работ по экспертизе. Если предоставленные протоколы испытаний не охватывают все требования ТНПА и/или НПА (НД), действующие в стране импортере, то НМИ проводит дополнительные испытания. Признание протоколов испытаний будет способствовать упрощению процедуры внесения средств измерений в Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь и процедуры подтверждения соответствия в Украине. Данный механизм распространяется исключительно на средства измерений, произведенные предприятиями Республики Беларусь и Украины.

9-я Международная научно-техническая конференция «ПРИБОРОСТРОЕНИЕ-2016»

**состоялась в ноябре этого года
в Белорусском национальном
техническом университете**

Этот международный научный форум собрал приборостроителей и метрологов из Беларуси, России, Украины, Узбекистана, Армении, Литвы, Латвии, Польши, Германии, Швеции, Норвегии, Австрии, Испании и др. для решения актуальных вопросов в одной из самых важных отраслей экономики – приборостроении.

В центре обсуждаемых тем нынешней конференции – аддитивные и нанотехнологии, роботизированные системы, проблемы неразрушающего контроля, совершенствование правовой базы в области обеспечения единства измерений Республики Беларусь.

На открытии пленарного заседания с приветственным словом выступил первый заместитель председателя Госстандарта В.Б. Татаричий. Он отметил, что в нашей республике приборостроение является одной из самых инновационных, прогрессивных, экспортно ориентированных отраслей и от уровня его развития во многом зависит уровень развития национальной экономики. В.Б. Татаричий обозначил важную роль стандартизации и метрологии в развитии и техническом перевооружении приборостроительной отрасли и подчеркнул, что конференция «Приборостроение» укрепляет свои позиции и значимость и направлена на активизацию совместных усилий для повышения конкурентоспособности и безопасности приборостроительной продукции.

Вопросам совершенствования сферы законодательной метрологии был посвящен доклад к. т. н., директора БелГИМ В.Л. Гуревича. Докладчик обозначил главные вызовы, связанные с модернизацией основных элементов системы обеспечения единства измерений. Это связано с подготовкой новой редакции закона Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений», необходимостью совершенствования ТНПА с учетом существующих изменений и опыта Европейского Союза, модернизацией технической базы и повышением квалификации кадров. В.Л. Гуревич выразил уверенность в том, что такие прогрессивные преобразования повысят качество измерений и качество услуг, оказываемых как Национальным метрологическим институтом, так и центрами стандартизации, метрологии и сертификации. И в целом позитивно скажутся на развитии промышленности, экономики и приборостроения в республике.

В секции «Методы исследования и метрологическое обеспечение измерений» активное участие приняли специалисты БелГИМ – Н.А. Жагора, В.Н. Ананьин, А.С. Волюнец, А.В. Галыго, С.А. Миранович-Качур, А.М. Мирончик, М.В. Мохнач, М.М. Крышнев, Е.А. Казакова, С.А. Пастухова, Д.В. Сентемова, В.С. Янченко, М.А. Ярмолович.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

МЕТРОЛОГИЯ И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

Вниманию специалистов организаций!

В соответствии с решением ВАК от 15 ноября 2007 г. №23/10 журнал включен в Перечень научных изданий с правом публиковать результаты диссертационных исследований по научным направлениям: “метрология”, “диагностика” и “приборостроение” (технические науки)

Научные статьи аспирантов последнего года обучения публикуются в первую очередь



Оформить подписку на журнал можно в почтовых отделениях связи

Подписные индексы:

00641 – для индивидуальных подписчиков;

006412 – для организаций

Приобрести журнал, в том числе и предыдущие номера, вы можете, прислав заявки в БелГИМ по адресу: 220053, г. Минск, Старовиленский тракт, 93, БелГИМ, ОНТИ и НД
Контактный телефон (017) 233 65 76