

# ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА 2017

№ 9 сентябрь

Ежемесячный  
научно-технический  
журнал  
основан в 1939 г.

Издаётся  
с приложением  
«Метрология»

## УЧРЕДИТЕЛИ

Федеральное агентство  
по техническому регулированию  
и метрологии

ФГУП «Всероссийский  
научно-исследовательский  
институт метрологии  
им. Д. И. Менделеева»

ФГУП «Всероссийский  
научно-исследовательский  
институт оптико-физических  
измерений»

ФГУП «Всероссийский  
научно-исследовательский  
институт физико-технических и  
радиотехнических измерений»

ФГУП «Всероссийский  
научно-исследовательский  
институт метрологической  
службы»

ФГУП «Уральский  
научно-исследовательский  
институт метрологии»

ФГУП «Всероссийский  
научно-технический центр  
информации о стандартизации,  
метрологии и оценке соответствия»

Метрологическая академия

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИИ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

- А. Б. Бушует. Численная оценка информационно-энергетических схем измерительных устройств ..... 3

### НАНОМЕТРОЛОГИЯ

- В. В. Семёнов, Ю. Г. Асцатуров, Ю. Б. Ханжонков. Метод измерения спектра размеров взвешенных наночастиц ..... 7
- Н. А. Иелиев, В. А. Колпаков, С. В. Кричевский, Н. Л. Казанский. Определение концентрации органических загрязнений на поверхности диоксида кремния методом трибометрии ..... 12

### ИЗМЕРЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

- А. Г. Назиев, В. В. Садыков, Г. А. Назиев. Проблема апертурной задержки в цифровых системах измерения и её аналитическое решение методом матричной экспоненты ..... 16

### ЛИНЕЙНЫЕ И УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- Л. А. Варжицкий. Методика калибровки оптоэлектронного сенсора для контроля диаметра пружин растяжения ..... 21

### ОПТИКО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- А. С. Ильин, А. А. Ковалёв, А. А. Либерман, А. С. Микрюков, С. А. Москалюк, М. В. Улановский. Термоэлектрический приёмник оптического излучения с коррекцией зонной характеристики ..... 26

### ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ

- О. В. Колмогоров, А. Н. Щипунов, Д. В. Прохоров, С. С. Донченко, С. Г. Буге, А. Н. Малимон, Р. И. Балаев, Д. М. Фёдорова. Система передачи эталонных сигналов частоты и времени измерительным средствам наземного комплекса ГЛОНАСС по оптическому кабелю ..... 29

### МЕХАНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- В. А. Мирская, Д. А. Назаревич, Н. В. Ибатов. Методика измерения давления на экспериментальной установке для исследования комплекса теплофизических свойств жидкостей и газов ..... 33
- Д. В. Кратиров, Н. И. Михеев, В. М. Молочников, И. И. Саушин, А. Р. Тухватуллин, В. А. Фафулин. Радиусные сопла для бескавитационного истечения воды при высоких перепадах давления ..... 37

### ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- К. С. Егоров, В. И. Крылов, Л. В. Степанова, А. Э. Федоренко. Расчёт максимальных углов наклона кривой температуры для однопоточного нестационарного метода получения тепловых характеристик поверхностей теплообмена ..... 40

### ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- О. А. Емельянов, А. П. Плотников. Определение зависимости ёмкости сегнетокерамических конденсаторов от напряжения методом импульсного разряда ..... 44
- Д. А. Сандуляк, А. А. Сандуляк, Д. О. Киселёв, А. В. Сандуляк, М. Н. Полисмакова, М. А. Кононов, В. А. Ершова. Определение магнитной восприимчивости феррочастиц по данным восприимчивости их дисперсных образцов ..... 48

### РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- А. В. Горевой, А. В. Лирник. Измерение спектра фазовых шумов гармонических сигналов сверхвысокой частоты кросс-спектральным методом ..... 53
- В. Г. Максименко. Шум электродного датчика в потоке жидкости ..... 57

### АКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- О. В. Бочарова, И. Е. Анджинович, А. В. Семенов, В. В. Калинин. Возможности биспектрального подхода к обработке сигнала ..... 62

### ИЗМЕРЕНИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

- В. Е. Привалов, В. Г. Шеманин. Оценка погрешности лидарных измерений концентрации радионуклидов в атмосфере ..... 65

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- К. С. Чакеева, Г. С. Муханова, М. Б. Тышканбаева, А. У. Калижанова, А. Сейдахметов. Прибор для определения гранулометрического состава зерна с помощью седиментометрического анализа ..... 69

Главный редактор  
**С. С. Голубев**

## Редакционная коллегия:

**В. И. Белоцерковский**  
**С. И. Донченко**  
**И. В. Емельянова**  
(зам. гл. редактора)  
**Л. К. Исаев**  
**А. Д. Козлов**  
**Е. П. Кривцов**  
**В. Н. Крутиков**  
**А. Ю. Кузин**  
**С. В. Медведевских**  
**А. И. Механников**  
**В. В. Окрепилов**  
**В. Н. Храменков**  
**И. А. Шайко**  
**В. В. Швыдун**

**Журнал переводится  
на английский язык  
под названием  
«Measurement Techniques»  
издательством Springer  
[www.springer.com/11018](http://www.springer.com/11018)**

Корректор М. В. Бучная  
Компьютерная вёрстка М. В. Фокина

Сдано в набор 25.08.2017.  
Подписано в печать 04.10.2017.  
Формат 60х90<sup>1/8</sup>. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. п.л. 9,0. Уч.-изд. л. 11,5. Тир. 320 экз. Зак 17-33/ж.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-21572  
от 15.07.2005.  
Адрес редакции: 119361 Москва, ул. Озёрная, 46,  
ФГУП «ВНИИМС»  
Тел.: 8 (495) 781-48-70  
e-mail: izmt@vniims.ru;  
www.izmt.ru  
Редакция не несёт ответственности за содержание реклам-  
ных материалов. Точка зрения редакции может не совпадать  
с мнением авторов.

ООО «Типография Миттель Пресс»  
[www.mittelpress.ru](http://www.mittelpress.ru), 8 (495) 647-01-89

© Измерительная техника, 2017

## CONTENTS

### GENERAL PROBLEMS OF METROLOGY AND MEASUREMENT TECHNIQUES

**A. B. Bushuev.** Numerical estimation of information and energy block diagrams of measuring devices..... 3

### NANOMETROLOGY

**V. V. Semenov, Yu. G. Astsaturov, Yu. B. Khanzhonkov.** The method of measuring the spectrum of suspended nanoparticle size ..... 7  
**N. A. Ivliev, V. A. Kolpakov, S. V. Krichevsky, N. L. Kazansky.** Determination of organic contaminants concentration on silicon dioxide surface by tribometric method ..... 12

### MEASUREMENTS IN INFORMATION TECHNOLOGIES

**A. G. Nagiev, V. V. Sadikhov, G. A. Nagiev.** On the problem of aperture delay in digital measurement systems and its analytical solution on the basis of the matrix exponent method..... 16

### LINEAR AND ANGULAR MEASUREMENTS

**L. A. Varzhitskii.** Method for calibrating the optoelectronic sensor to control the diameter of the tension springs..... 21

### OPTICOPHYSICAL MEASUREMENTS

**A. S. Ilin, A. A. Kovalev, A. A. Liberman, A. S. Mikryukov, S. A. Moskalyuk, M. V. Ulanovsky.** Thermoelectric optical radiation meter with zone characteristic correction..... 26

### TIME AND FREQUENCY MEASUREMENTS

**O. V. Kolmogorov, A. N. Shchipunov, D. V. Prokhorov, S. S. Donchenko, S. G. Buev, A. N. Malimon, R. I. Balaev, D. M. Fedorova.** Transmission system of reference frequency and time signals for the measurement systems of GLONASS ground complex via optical fiber cable..... 29

### MECHANICAL MEASUREMENTS

**V. A. Mirskaya, D. A. Nazarevich, N. V. Ibravov.** Measuring pressure procedure on experimental installation for study the complex of liquids and gases thermal properties..... 33  
**D. V. Kratirov, N. I. Mikheev, V. M. Molochnikov, I. I. Saushin, A. R. Tukhvatullin, V. A. Fafurin.** Nozzles with radius inlet shape for cavitation-free water outflow at large pressure drops ..... 37

### TERMOPHYSICAL MEASUREMENTS

**K. S. Egorov, V. I. Krylov, L. V. Stepanova, A. E. Fedorenko.** Calculation of temperature curve maximum slope for single-Blow method obtaining heat characteristic of heat transfer surfaces ..... 40

### ELECTROMAGNETIC MEASUREMENTS

**O. A. Emelyanov, A. P. Plotnikov.** Measurement of the voltage-dependent capacitance of ferroelectric ceramic capacitors by pulsed discharging method ..... 44  
**D. A. Sandulyak, A. A. Sandulyak, D. O. Kiselev, A. V. Sandulyak, M. N. Polismakova, M. A. Kononov, V. A. Ershova.** Determination of ferroparticle magnetic susceptibility by data on magnetic susceptibility of its disperse samples ..... 48

### RADIO MEASUREMENTS

**A. V. Gorevoy, A. V. Lirnik.** Cross-spectral measurement of phase noise spectrum of microwave harmonic signals 53  
**V. G. Maksimenko.** Noise of the electrode sensor in the liquid stream ..... 57

### ACOUSTIC MEASUREMENTS

**O. V. Bocharova, I. E. Andzhikovich, A. V. Sedov, V. V. Kalinchuk.** The possibilities of bispectral approach to signal processing..... 62

### IONIZING RADIATION MEASUREMENTS

**V. E. Privalov, V. G. Shemanin.** Error estimation of the radionuclides concentration in the atmosphere lidar measurements ..... 65

### PHYSICO-CHEMICAL MEASUREMENTS

**K. S. Chakeyeva, G. S. Mukhanova, M. B. Tyshkanbayeva, A. U. Kalizhanova, A. Seidakhmetov.** Design of the sedimentometric device to determine the grain-size composition ..... 69