

ISSN 0368-1025



**ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ  
ТЕХНИКА**

**2016**

**ДЕКАБРЬ №12**



# ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

## 2016

### № 12 декабрь

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 «Российский  
научно-технический центр  
информации по стандартизации,  
метрологии и оценке соответствия»

Метрологическая академия

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИИ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

- С. С. Кукушкин, А. С. Супрун.** Методы обнаружения и исправления ошибок данных, основанные на нетрадиционном представлении результатов измерений образами-остатками . . . 3
- Р. В. Киртаев, А. Ю. Кузин, В. Г. Маслов, В. Б. Митюхляев, П. А. Тодуа, М. Н. Филиппов**  
Калибровка растровых электронных микроскопов в широком диапазоне увеличений . . . 7

### ЛИНЕЙНЫЕ И УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- Д. А. Мастеренко, В. И. Телешевский.** Особенности цифровой обработки измерительной информации при высокоточных линейных и угловых измерениях . . . 11
- Б. Н. Марков, А. А. Хохликов, С. Г. Конов.** Поиск оптимального расположения маркеров в пространстве при калибровке камеры фотограмметрической измерительной системы . . . 15
- В. М. Давыдочкин.** Измерение расстояния частотно-модулированным дальномером по спектру сигнала разностной частоты с учётом частотной дисперсии в антенно-волновом тракте . . . 19
- Е. С. Чернышов, Ен Ун Чье.** Магнитно-инерциальный метод определения относительного положения и ориентации объекта . . . 24

### ОПТИКО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- Ю. С. Бехтин, И. Н. Желбаков, А. С. Игнатов, П. Г. Круг, А. А. Лупачёв.** Метод измерения геометрического шума матричных фотоприемников интеллектуальной системы обнаружения препятствий на пути движения железнодорожного состава . . . 28

### ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ

- В. Н. Барышев, Д. С. Купалов, А. В. Новосёлов, М. С. Алейников, А. И. Бойко, В. Г. Пальчиков, И. Ю. Блинов.** Малогабаритный квантовый стандарт частоты на рубидиевой газовой ячейке с импульсной оптической накачкой и микроволновым возбуждением по схеме Рэмси . . . 33

### МЕХАНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- А. В. Григорьев, А. В. Затылкин, Н. К. Юрков.** Способ бесконтактного трёхкомпонентного измерения вибрации . . . 36

### ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- Х. Р. Ростами.** Высокочувствительный магнитометр для исследования эффекта захвата магнитного потока в высокотемпературных сверхпроводниках . . . 40
- Н. Д. Сёмкин, А. М. Телегин.** Расчёт силы тока в измерительной цепи детектора высокоскоростных микрочастиц . . . 45

### АКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- М. П. Козочкин, Ф. С. Сабиров.** Измерение пространственных вибраций для диагностики качества сборки шпиндельных узлов . . . 49
- А. К. Алимуратов.** Алгоритм измерения частоты основного тона речевых сигналов на основе комплементарной множественной декомпозиции на эмпирические моды . . . 53

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

- Г. П. Ерошенко, Н. К. Шаруев, Д. П. Евстафьев.** Методика обоснования идеализированной математической модели контроля влажности зерна дзелькометрическим методом . . . 58

Перечень статей, опубликованных в 2016 г. . . . 62

Алфавитный указатель . . . . 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. Механиков  
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 верстка *И. А. Остапенко*

Сдано в набор 28.11.2016. Подписано  
в печать 23.12.2016. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага  
офсетная. Печать офсетная. Усл. п. л. 9,0.  
Уч.-изд. л. 11,30. Тир. 300 экз. Зак. 2137.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-21572  
от 15.07.2005.  
Адрес редакции: 119361 Москва, ул. Озёрная, 46,  
ФГУП «ВНИИМС»  
Тел.: 8 (495) 781-48-70  
e-mail: [izmt@vniims.ru](mailto:izmt@vniims.ru); [izmt@yandex.ru](mailto:izmt@yandex.ru)  
[www.vniims.ru/izm-technika.html](http://www.vniims.ru/izm-technika.html)

Калужская типография стандартов,  
248021 Калуга, ул. Московская, 256.

© Измерительная техника, 2016

**GENERAL PROBLEMS OF METROLOGY AND MEASUREMENT TECHNIQUES**

- S. S. Kukushkin, A. S. Suprun.** Methods of detecting and correcting data errors based on presenting measurement results through images residues . . . . . 3  
**R. V. Kirtaev, A. Yu. Kuzin, V. G. Maslov, V. B. Mityukhlyayev, P. A. Todua, M. N. Filippov.** Calibration of scanning electron microscopes in the wide range of magnification . . . . . 7

**LINEAR AND ANGULAR MEASUREMENTS**

- D. A. Masterenko, V. I. Teleshevsky.** Features of digital processing of measuring information in the high-precision linear and angular measurements . . . . . 11  
**B. N. Markov, A. A. Khokholikov, S. G. Konov.** Determination of the optimal spatial marker position in the photogrammetric measurement system camera calibration process . . . . . 15  
**V. M. Davydochkin.** Measurement of distance using a frequency-modulated radar, by signal spectrum of differential frequency with accounting of frequency dispersion in the antenna-feeder tract . . . . . 19  
**E. S. Chernyshov, En Un Chye.** Magneto-inertial method for tracking of position and orientation of an object . . . . . 24

**OPTICOPHYSICAL MEASUREMENTS**

- Yu. S. Bekhtin, I. N. Zhelbakov, A. S. Ignatov, P. G. Krug, A. A. Lupachev.** Measurement method of geometric noise of photodetector arrays intellectual system of detection of obstacles in the path of movement of the train . . . . . 28

**TIME AND FREQUENCY MEASUREMENTS**

- V. N. Baryshev, D. S. Kupalov, A. V. Novoselov, M. S. Aleynikov, A. I. Boiko, V. G. Palchikov, I. Y. Blinov.** Rb cell compact quantum frequency standard with pulsed optical pumping and Ramsey type microwave excitation . . . . . 33

**MECHANICAL MEASUREMENTS**

- A. V. Grigorjev, A. V. Zatytkin, N. K. Yurkov.** A method of three-component non-contact vibration measurement . . . . . 36

**ELECTROMAGNETIC MEASUREMENTS**

- Kh. R. Rostami.** High-sensitivity magnetometer for investigating the trapping of a magnetic flux in high-temperature superconductors . . . . . 40  
**N. D. Syomkin, A. M. Telegin.** Calculation of current of the measuring circuit in a detector of high-speed micro-particles . . . . . 45

**ACOUSTIC MEASUREMENTS**

- M. P. Kozochkin, F. S. Sabirov.** Measuring the spatial vibrations to diagnose the quality of assembly of the of spindle units equipment . . . . . 49  
**A. K. Alimuradov.** An algorithm for measurement of speech signals pitch frequency based on the complementary ensemble empirical mode decomposition . . . . . 53

**PHYSICOCHEMICAL MEASUREMENTS**

- G. P. Yeroshenko, N. K. Sharuev, D. P. Evstafyev.** Justifying of an idealized mathematical model to control grain moisture with a dielcometric method . . . . . 58

TABLES OF CONTENTS . . . . . 62

AUTHOR INDEX NUMBER 1 — 12 . . . . . 69