

УЧРЕДИТЕЛИ

ФГБУ науки
Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН,
НП "Национальная технологическая палата",
ООО "Сенсидат-Плюс" (издатель)

Гл. редактор **Ф. Ф. Пашенко**
Зам. гл. редактора **А. Ф. Каперко**
Отв. секретарь **Г. М. Баранова**
Выпускающий редактор **С. В. Суханова**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.В. Андришин, д. т. н., проф.,
Э.К. Аракелян, д. т. н., проф.,
Г. М. Баранова,
С. Н. Васильев, акад. РАН,
Г. И. Джанджава, д. т. н., проф.,
Е. Л. Ерёмин, д. т. н., проф.,
А. Н. Житков, к. т. н., доц.,
А. А. Ищенко, к. э. н.,
С. И. Касаткин, д. т. н., проф.,
А. М. Касимов, д. т. н.,
А. Ф. Каперко, д. т. н., проф.,
Б. В. Лункин, к. т. н.,
В. П. Мешалкин, акад. РАН,
В. П. Морозов, д. т. н.,
Д. А. Новиков, акад. РАН,
Ф. Ф. Пашенко, д. т. н., проф.,
А. Ф. Пашенко, к. т. н.,
Г. А. Пикина, д. т. н., проф.,
Б. И. Подлепецкий, к. т. н., доц.,
В. В. Поляков
Н. Л. Прохоров, д. т. н., проф.,
А. Ф. Резчиков, чл.-корр. РАН,
О. С. Сироткин, чл.-корр. РАН,
Кукджин Чун, д. т. н., проф.,
М.В. Ульянов, д. т. н., проф.,
В. А. Шахнов, чл.-корр. РАН,
М. С. Шкабардия, д. т. н., проф.,
И. Б. Ядыкин, д. т. н., проф.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ РЕДСОВЕТЫ

(руководители)

Санкт-Петербург

В. Г. Кнорринг, д. т. н., проф. — (812) 297-60-01

Нижний Новгород

С. М. Никулин, д. т. н., проф. — (831) 436-78-40

Екатеринбург

С. В. Поршнев, д. т. н., проф. — (343) 375-97-79

Новосибирск

[Ю. В. Чугуй], д. т. н., проф. — (383-3) 33-73-60

Красноярск

В. Г. Патюков, д. т. н., проф. — (391-2) 912-279

Бийск

Ю. А. Галенко, д. т. н., проф. — (3854) 43-25-69

Пенза

М. А. Шербаков, д. т. н., проф. — (841-2) 56-37-08

Рязань

С. Н. Кириллов, д. т. н., проф. — (491-2) 92-04-55

Ульяновск

Н. Г. Ярушкина, д. т. н., проф. — (842-2) 43-03-22

Ижевск

В. А. Алексеев, д. т. н., проф. — (341-2) 21-29-33

Оренбург

М. Г. Кучеренко, д. т. н., проф. — (353-2) 77-34-19

Тула

В. Я. Распопов, д. т. н., проф. — (487-2) 35-19-59

Воронеж

В. К. Битюков, д. т. н., проф. — (473-2) 55-36-94

Курск

В. С. Титов, д. т. н., проф. — (471-2) 58-71-12

Тамбов

С. В. Мищенко, д. т. н., проф. — (475-2) 72-10-19

Липецк

[Ю. И. Кудинов], д. т. н., проф. — (4742) 32-80-53

Астрахань

И. Ю. Петрова, д. т. н., проф. — (851-2) 25-73-11

Минск

И. С. Манах, к. ф.-м. н. — (417) 278-13-13

Уфа

А. И. Гулин, д. т. н., проф. — (347-2) 43-14-70

ДАТЧИКИ и СИСТЕМЫ

№ 3 (268)

МАЙ—
ИЮНЬ
2023

СОДЕРЖАНИЕ

*Представляет Национальный Исследовательский Ядерный
Университет "МИФИ"*

- [Першенков В. С.], Жуков А. И. Модернизированная физическая модель для прогнозирования радиационных эффектов в элементах ИМС 4
- Барбашов В. М., Трушкин Н. С. Моделирование функциональных отказов БИС для обеспечения информационной безопасности систем при воздействии радиации 7
- Родин А. С., Жуков А. С., Фелицын В. А., Бакеренков А. С., [Першенков В. С.], Матейко А. А., Цыганков С. А. Чувствительность эксплуатационных характеристик микроконтроллера к ионизирующему излучению 12
- Краснюк А., Марьина Е., Имаметдинов Э. Алгоритмы тестирования гетерогенных измерительных систем на этапе проектирования 17
- Бочаров Ю. И., Бутузов В. А., Симаков А. Б., Звягин А. А., Ковшаров И. Д. Интегральный источник опорного напряжения для микросистем на кристалле 22
- Воронов Ю. А., Куренков А. В. Фотодиодный датчик угла поворота 29
- Палагута К. А., Воронов Ю. А., Груненок Н. В., Пикалов Е. В. Оценка возможности применения теневого оптического датчика в системах управления испытаний лопаток газотурбинного двигателя 33
- Александрова Д. А., Беляков В. В., Матвеев Н. В., Несмачная Л. В. Система измерения концентрации углеводородных газов на основе кондуктометрических датчиков 36
- Этрекова М. О., Подлепецкий Б. И., Литвинов А. В., Смотаев Н. Н., Облов К. Ю., Афанасьев А. В., Ильин В. А. МДП-конденсаторные датчики водорода на основе SiC 40
- Подлепецкий Б. И., Смотаев Н. Н., Этрекова М. О., Литвинов А. В. Влияние конструктивно-технологических параметров на характеристики МДП-конденсаторных датчиков концентрации газов 46
- Шалтаева Ю. Р., Громов Е. А., Головин А. В., [Першенков В. С.], Несмачная Л. В., Матвеев Н. В., Жуков А. И., Родин А. С., Матейко А. А. Двухполярный трансимпедансный усилитель тока для спектрометра ионной подвижности 54
- Воронов Ю. А., Веселов Д. С., Матейко А. А. Влияние состава травителей на структурно-топологические параметры датчиков на основе МЭМС-технологий 60
- Курбанова Д. М., Баберкина Е. П., Гришин С. С., Александрова Д. А., Коваленко А. Е., Беляков В. В., Шалтаева Ю. Р., Головин А. В. Исследование следовых количеств предельных одноатомных спиртов методом спектрометрии ионной подвижности 64
- Александрова Д. А., Баберкина Е. П., Гришин С. С., Курбанова Д. М., Коваленко А. Е., Шалтаева Ю. Р., Головин А. В. Исследование следовых количеств гетероциклических соединений азота на ионно-дрейфовом детекторе "КЕРБЕР" 70
- Груненок Н. В., Воронов Ю. А., Палагута К. А., Пикалов Е. В. Система расширения функциональных возможностей датчиков для помощи слабовидящим людям 74

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых изданий ВАК и в RSCI на базе Web of Science

Подписные индексы: П3132 в каталоге Почты России; 40874 в каталоге "Пресса России"

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 65, к. 383. Тел./факс: (495) 198-17-20 доб. 11-60
www.datsys.ru. E-mail: datsys@mail.ru

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены ООО "Авансдсел солюшнз"

Отпечатано в типографии ООО "Авансдсел Солюшнз", www.aov.ru. Заказ ds323. Подписано в печать 10.08.2023.
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций 26.12.2013.
ПИ № ФС 77-56548. ISSN 1992-7185

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). На сайте Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru) доступны полные тексты статей.

FOUNDERS

V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences,
Russian Academy of Sciences,
Non-commercial partnership
“National technological house”,
LLC “Sensidat-Plus” (publisher)

Editor-in-Chief **Pashchenko F. F.**
Deputy Editor-in-Chief **Kaperko A. F.**
Executive Secretary **Baranova G. M.**
Managing editor **Sukhanova S. V.**

EDITORIAL BOARD

Andryushin A.V., D.Sc. (Tech.), Prof.,
Arakelyan E. K., D.Sc. (Tech.), Prof.,
Baranova G. M.,
Vasilyev S. N., Acad., RAS,
Dzhandzhgava G. I., D. Sc. (Tech.), Prof.,
Eremine E. L., D. Sc. (Tech.), Prof.,
Zhitkov A. N., Ph. D. (Tech.), Assoc. Prof.,
Ishchenko A. A., Ph. D.,
Kasatkin S. I., D. Sc. (Tech.), Prof.,
Kasimov A. M., D. Sc. (Tech.),
Kaperko A. F., D. Sc. (Tech.), Prof.,
Lunkin B. V., Ph. D. (Tech.),
Meshalkin V. P., Acad., RAS,
Morozov V. P., D. Sc. (Tech.),
Novikov D. A., Acad., RAS,
Pashchenko, F. F., D. Sc. (Tech.), Prof.,
Pashchenko, A. F., Ph. D. (Tech.),
Pikina G. A., D. Sc. (Tech.), Prof.,
Podlepetskiy B. I., Ph. D. (Tech.),
Polyakov V. V.,
Prokhorov N. L., D. Sc. (Tech.), Prof.,
Chun Kukjin, D. Sc. (Tech.), Prof.,
Rezhnikov A. F., Corr. mem., RAS,
Sirotkin O. S., Corr. mem., RAS,
Ulyanov M.V., D.Sc. (Tech.), Prof.,
Shakhnov V. A., Corr. mem., RAS,
Shkabardnya M. S., D. Sc. (Tech.), Prof.,
Yadykin I. B., D. Sc. (Tech.), Prof.

REGIONAL EDITORIAL COUNCILS

(leaders)

Saint-Petersburg

Knorrin, V. G., D. Sc. (Tech.), Prof. — (812) 297-60-01

Nizhny Novgorod

Nikulin, S. M., D. Sc. (Tech.), Prof. — (831) 436-78-40

Ekaterinburg

Porshnev, S. V., D. Sc. (Tech.), Prof. — (343) 375-97-79

Novosibirsk

Chuguy, Yu. V., D. Sc. (Tech.) — (383-3) 33-73-60

Krasnoyarsk

Patyukov, V. G., D. Sc. (Tech.), Prof. — (391-2) 912-279

Biysk

Galenko, Yu. A., Dr. Sci. (Tech.) — (3854) 43-25-69

Penza

Shcherbakov, M. A., D. Sc. (Tech.), Prof. —

(841-2) 56-37-08

Ryazan

Kirillov, S. N., D. Sc. (Tech.), Prof. — (491-2) 92-04-55

Ulyanovsk

Yarushina, N. G., D. Sc. (Tech.), Prof. —

(842-2) 43-03-22

Izhevsk

Alekseev, V. A., Dr. D. Sc. (Tech.), Prof. —

(341-2) 21-29-33

Orenburg

Kucherenko, M. G., D. Sc. (Phys.-Math.), Prof. —

(353-2) 77-34-19

Tula

Raspopov, V. Ya., D. Sc. (Tech.), Prof. —

(487-2) 35-19-59

Voronezh

Bitukov, V. K., D. Sc. (Tech.), Prof. — (473-2) 55-36-94

Lipetsk

Kudinov, Yu. I., D. Sc. (Tech.), Prof. —

(4742) 32-80-53

Kursk

Titov, V. S., D. Sc. (Tech.), Prof. — (471-2) 58-71-12

Tambov

Mishchenko, S. V., D. Sc. (Tech.), Prof. —

(475-2) 72-10-19

Astrakhan

Petrova, I. Yu., D. Sc. (Tech.), Prof. — (851-2) 25-73-11

Minsk

Manak, I. S., Ph. D. (Phys.-Math.), Assoc. Prof. —

(417) 278-13-13

Ufa

Gulin, A. I., D. Sc. (Tech.), Prof. — (347-2) 43-14-70

SENSORS and SYSTEMS

№ 3 (268)

MAY—
JUNE
2023

CONTENT

National Research Nuclear University MEPhI presents

- Pershenkov V. S., Zhukov A. I.** Modernized physical model for prediction of radiation effects in elements of integrated circuits 4
- Barbashov V. M., Trushkin N. S.** Modeling of LSI functional failures to ensure information security system when exposed to radiation 7
- Rodin A. S., Bakerenkov A. S., Pershenkov V. S., et al.** Sensitivity of the electrical characteristics of microcontrollers to ionizing radiation 12
- Krasnyuk A. A., Marina E. V., Imametdinov E. F.** Algorithms for testing heterogeneous measuring systems at the design stage 17
- Bocharov Yu. I., Butuzov V. A., Simakov A. B., et al.** Integrated voltage reference for microsystems on a chip 22
- Voronov Yu. A., Kurenkov A. V.** Photodiode angle sensor 29
- Palaguta K. A., Voronov Yu. A., Grunenkova N. V., Pikalov E. V.** Evaluation of the possibility of using a shadow optical sensor in control systems for testing gas turbine engine blades ... 33
- Matveev N. V., Aleksandrova D. A., Belyakov V. V., Nesmachnaya L. V.** Hydrocarbon gas concentration measurement system based on conductometric sensors 36
- Etrekova M. O., Podlepetskiy B. I., Litvinov A. V., et al.** MOS-capacitor hydrogen sensors based on SiC 40
- Podlepetskiy B. I., Samotaev N. N., Etrekova M. O., Litvinov A. V.** Influence of design and technological parameters on the characteristics of MIS-capacitance gas concentration sensors 46
- Shaltaeva Yu. S., Gromov E. A., Golovin A. V., et al.** Development of a bipolar ion transient current amplifier for an ion mobility spectrometer 54
- Veselov D. S., Voronov Yu. A., Sukhoroslova Yu. V.** Effect of anisotropic etchants on structural and topological parameters of sensors based on MEMS technology 60
- Kurbanova J. M., Baberkina E. P., Grishin S. S., et al.** Investigation of trace amounts of monobasic saturated alcohols by the ion mobility spectrometry method 64
- Aleksandrova D. A., Baberkina E. P., Grishin S. S., et al.** Investigation of trace amounts of nitrogen-containing heterocyclic compounds by the ion-mobility spectrometer 70
- Grunenkova N. V., Voronov Yu. A., Palaguta K. A., Pikalov E. V.** Device for expansion functionality of assistance to visually impaired people 74

The journal is included into the list of the leading reviewed by Higher Attestation Commission's periodicals, publishing basic results of doctoral and candidate dissertations (2015) and into RSCI based on Web of Science (2015).

Subscription codes: П3132 in the Russian post catalogue; 40874 in the catalogue “The Press of Russia”

EDITORIAL ADDRESS: 65 Profsoyuznaya st., office 383, Moscow, 117997. Tel./fax: (495) 198-17-20 * 11-60
www.datsys.ru. E-mail: datsys@mail.ru

The layout and the electronic version are prepared by LLC “Advanced Solutions”.

Printed by Agency LLC “Advanced Solutions”, www.aov.ru. Order ds323. Signed for press on 10.08.2023.

The journal is reregistered in the Federal service for supervision in the sphere of communication and mass communications 26.12.2013. PI № FS 77-56548. ISSN 1992-7185

The journal is included into the Russian Science Citation Index (RSCI in Web of Science). On the website of the Scientific electronic library (www.elibrary.ru) articles' full-texts are available.

Представляет Национальный Исследовательский Ядерный Университет "МИФИ"

National Research Nuclear University MEPhI presents



Национальному Исследовательскому Ядерному Университету Московскому инженерно-физическому институту (НИЯУ МИФИ) в 2022 году исполнилось 80 лет. В 1942 году перед Московским механическим институтом боеприпасов была поставлена задача выпуска инженеров-исследователей, сочетающих в себе инженерную подготовку с глубокими знаниями математики и теоретической физики. С целью подготовки кадров для ядерной промышленности и науки в 1946 году в институте был создан инженерно-физический факультет, а в 1953 году весь институт стал называться Московским инженерно-физическим институтом — МИФИ. В создании и развитии МИФИ принимали участие академики И. В. Курчатов, Я. Б. Зельдович, А. И. Лейпунский, лауреаты Нобелевской премии академики Н. Н. Семенов, И. Е. Тамм, И. М. Франк, П. А. Черенков, А. Д. Сахаров, Н. Г. Басов. Поскольку МИФИ изначально был сформирован как исследовательский университет, взаимодействующий с ядерными центрами, институтами и предприятиями Росатома, в 2008 году на базе МИФИ был создан Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". Цель создания НИЯУ МИФИ — кадровое и научно-инновационное обеспечение развития атомной отрасли и других высокотехнологичных секторов экономики России.

Сегодня НИЯУ МИФИ вышел на новый уровень своего развития. Научно-исследовательская деятельность НИЯУ МИФИ осуществляется по приоритетным направлениям развития науки и техники. К числу важнейших из них относятся ядерная физика и энергетика, фундаментальные проблемы науки, прикладные проблемы: нанофизика и нанотехнологии, микро- и наноэлектроника, информационно-коммуникационные системы, системы искусственного интеллекта, приборы и системы медицинского назначения.

С первых лет в МИФИ проводились разработки специализированных приборов и уникальных систем прежде всего для развития ядерной техники и физических экспериментов. Более 70 лет назад основаны кафедры автоматики, электротехники, электроники и электрофизических установок, в 1965 году — кафедра электронных измерительных систем и первая в СССР кафедра микро- и наноэлектроники. Эти кафедры в составе факультета "Автоматика и Электроника" готовили кадры и проводили исследования в области создания датчиков, приборов и систем на основе современной элементной базы на протяжении более 50 лет. Участвуя в создании и эксплуатации ядерных установок, ускорителей заряженных частиц, источников ионизирующих и других излучений, МИФИ получил возможность экспериментально исследовать действие радиации на элементы и компоненты электронной аппаратуры, а также на биологические объекты. Разработанная при участии сотрудников НИЯУ МИФИ "Базовая технология прогнозирования, оценки и контроля радиационной стойкости изделий микроэлектроники" в 2009 году удостоена премии Правительства РФ.

Датчики на основе микро- и нанотехнологий разрабатываются и исследуются в МИФИ с 1970-х годов. В последние годы важным направлением являются разработки портативных приборов и систем для оценки малых концентраций взрывчатых и наркотических веществ, а также токсичных и взрывоопасных газов.

Спецвыпуски журнала "Датчики и Системы", посвященные значимым событиям деятельности НИИ, производственных объединений и ВУЗов стали традиционными мероприятиями, представляющими научно-технические достижения организаций. К сожалению, в последние три года вследствие ограничений людских контактов из-за пандемии COVID-19 сократились экспериментальные исследования, требующие коллаборации специалистов разных кафедр и внешних организаций. Многие научные симпозиумы и конференции были либо отменены, либо перенесены и проведены дистанционно (он-лайн). Несмотря на перечисленные трудности ученые и инженеры находят возможности проводить НИР, создавать новейшие электронные приборы и системы для нужд нашей страны.

В данном выпуске журнала представлены статьи сотрудников, аспирантов и студентов НИЯУ МИФИ, часть из которых подготовлена совместно с коллегами из отраслевых НИИ. Статьи посвящены разработкам новых методов и средств измерений малых концентраций газов, взрывчатых и наркотических веществ, исследованиям элементно-компонентной базы датчиков, приборов и систем, а также влиянию ионизирующей радиации на элементы интегральных микросхем.