

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Е. Н. АРХИПОВА — д. т. н., заслуженный энергетик России, генеральный директор АО «Тренажеры электрических станций и сетей» (Москва, Россия)

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

В. В. КУЛИЧИХИН — д. т. н., заместитель директора Департамента «Технические обучающие системы в энергетических технологиях» TEST UNESCO, академик Академии промышленной экологии РФ, член-корреспондент Академии военных наук МО РФ, постоянный представитель РФ в Международной сети европейских технических университетов NESEFF, член Союза журналистов Москвы (Москва, Россия)

РЕДАКТОРЫ РАЗДЕЛОВ

А. Я. ШЕЛГИНСКИЙ — д. т. н., профессор кафедры «Промышленные теплоэнергетические системы», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (Москва, Россия) — раздел «Генерация электроэнергии и тепла»

Н. Д. ЧИЧИРОВА — действительный член Российской академии естественных наук, д. х. н., профессор, зав. кафедрой «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Казань, Россия) — раздел «Эксплуатация электрических станций»

В. СТРИЛКОВСКИ — доктор философии, профессор, научный сотрудник Кембриджской бизнес-школы Кембриджского университета (Англия) — раздел «Электрогенерация зарубежных стран»

И. Г. АХМЕТОВА — д. т. н., проректор по научной работе, зав. кафедрой Экономики и организации производства ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Казань, Россия) — раздел «Цифровые технологии и экономика»

Н. Н. ШВЕЦ — д. э. н., профессор, зав. кафедрой «Мировая электроэнергетика» МГИМО МИД России — раздел «Энергетические аспекты международных отношений»

А. И. ТАДЖИБАЕВ — Заслуженный энергетик Российской Федерации, действительный член Академии электротехнических наук, д. т. н., зав. кафедрой «Диагностика и управление техническим состоянием энергетического оборудования» ФГАОУ ДПО «ПЭИПК» (Санкт-Петербург, Россия) — раздел «Техническая диагностика и неразрушающий контроль в энергетике»

А. Е. УЖАНОВ — к. с. н., доцент кафедры «Мировая электроэнергетика» Международного института энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России, член-корреспондент Академии военных наук (Москва, Россия) — раздел «Социология в энергетике»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. Н. ВИВЧАР — к. г. н., Начальник инженерного управления ПАО «Мосэнерго» (Москва, Россия)

А. В. ВОЛКОВ — д. т. н., доцент, заведующий кафедрой Гидромеханики и гидравлических машин, Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Москва, Россия)

Е. П. ГРАБЧАК — Заместитель министра Министерства энергетики Российской Федерации (Москва, Россия)

Х. С. ДРАГАНЧЕВ — профессор Технического университета (Варна, Болгария)

А. А. ЖАРКОВСКИЙ — д.т.н., профессор, профессор Высшей школы энергетического машиностроения Института энергетики, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (Санкт-Петербург, Россия)

А. М. ЗАГРЕБАЕВ — д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Кибернетика» / Институт интеллектуальных кибернетических систем, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва, Россия)

И. Ш. ЗАГРЕТДИНОВ — к. т. н., генеральный директор АО «Институт Теплоэлектропроект», (Москва, Россия)

М. Г. ЗИГАНШИН — д.т.н., доцент, профессор кафедры «Атомные и тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Казань, Россия)

З. ЗИМОН — д. т. н., профессор, заведующий кафедрой Бранденбургского Технического Университета (Котбус-Зенфенберг, Германия)

И. М. ИБРАГИМОВ — д. т. н., ведущий научный сотрудник Акустического института имени академика Н. Н. Андреева (Москва, Россия)

М. С. ИВАНИЦКИЙ — д.т.н., доцент, профессор кафедры «Энергетика» филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Волжском (Волжский, Россия)

Н. Б. КАРНИЦКИЙ — д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» Белорусского национального технического университета (г. Минск, Беларусь)

С. А. КРОПАЧЕВ — д. и. н., ректор Энергетического института повышения квалификации АО «Мособлэнерго» (Москва, Россия)

В. И. ЛЕБЕДЕВ — д. т. н., профессор, заместитель директора института ядерной энергетики ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (Санкт-Петербург, Россия)

М. Ю. ЛЬВОВ — д. т. н., советник генерального директора АО «Объединенная энергетическая компания» (Москва, Россия)

Н. Я. о. МАМЕДОВ — к. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство инженерных систем и сооружений», Азербайджанский Архитектурно-строительный Университет (Баку, Азербайджан)

М. Е. МАРЧЕНКО — к. т. н., генеральный директор ООО «Энив» (Москва, Россия)

В. Е. МЕССЕРЛЕ — д. т. н., профессор, главный научный сотрудник НИИ экспериментальной и теоретической физики Казахского Национального Университета им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан)

С. В. МИЩЕРЯКОВ — д. э. н., к. т. н., Генеральный директор Некоммерческого Партнерства «Корпоративный образовательный и научный центр Единой энергетической системы» (Москва, Россия)

Д. МОРВА — доктор, профессор Будапештского политехнического университета (Будапешт, Венгрия)

Л. П. МУЗЫКА — к. т. н., доцент, директор ООО «Ресурс-персонал» (Омск, Россия)

А. Н. НАЗАРЫЧЕВ — д. т. н., профессор, ректор ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» (Санкт-Петербург, Россия)

В. А. НЕПОМНЯЩИЙ — академик Российской академии естественных наук, д. э. н., профессор, к. т. н. (Санкт-Петербург, Россия)

М. Е. ОРЛОВ — к. т. н., доцент, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция им. В. И. Шарапова» Ульяновского государственного технического университета (г. Ульяновск, Россия)

М. М. ПЧЕЛИН — Государственный советник РФ 1-го класса в отставке, лауреат премии Совета Министров СССР (Москва, Россия)

Ю. А. РАДИН д.т.н., главный специалист в службе вибродиагностики и наладки инженерного управления ПАО «Мосэнерго» (Москва, Россия)

С. М. СЕНДЕРОВ — д. т. н., с.н.с., заместитель директора, заведующий отделом энергетической безопасности ФГБУН Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН (Иркутск, Россия)

К. ФРАНА — д. т. н., профессор, заместитель декана факультета «Машиностроение» Технического университета (г. Либерец, Чехия)

М. И. ЧИЧИНСКИЙ — к. т. н., Генеральный инспектор — начальник Департамента технического надзора и аудита ПАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ПАО «ФСК ЕЭС») (Москва, Россия)

В. И. ЩЕРБА — д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Гидромеханика и транспортные машины» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет» (Омск, Россия)

Учредитель и издатель: Научно-производственное объединение «Энергобезопасность».

Периодичность издания четыре раза в год. Выходит с 2008 года.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия. Свидетельство ПИ № ФС77-31974 от 14 мая 2008 г.

Журнал включен в новый перечень ВАК Министерства науки и высшего образования РФ рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней — категория 1 (K1), а также в базы данных: РИНЦ, ВИНТИ, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory.

Журнал ассоциирован при Международном центре обучающих систем ЮНЕСКО и Международной кафедре-сети ЮНЕСКО «TVET».

Подписные индексы: 45024 — Объединенный каталог и интернет-каталог «Пресса России», Е45024 — Интернет-каталог «Книга-сервис».

Художественный редактор: Маланин Д. Б. Технический редактор: Кутыко Н. Е.
Подписано в печать 29.12.2022 г. Отпечатано в ООО «Код-Полиграф», 125009, Россия, Москва, пр. Девичье Поля, д. 4.

Почтовый адрес редакции: 117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125 Ж, корп. 6, ООО «НПО «Энергобезопасность»

Телефон: +7 495 665-76-00, +7 495 382-79-74; e-mail: sigma08@sigma08.ru; www.sigma08.ru

© ООО «НПО «Энергобезопасность», «Надежность и безопасность энергетики»

EDITOR-IN-CHIEF

Elena N. ARKHIPOVA — Dr. of Tech. Sc., Honored Power Engineer of Russia, General Director, JSC «Simulators of power plants and networks» (Moscow, Russia)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Vladimir V. KULICHIKHIN — Dr. of Tech. Sc., Deputy Director of the Department «Technical educational systems in energy technologies» TEST UNESCO, Full Member of the Russian Federation Academy of Industrial Ecology, Associate Member of the Academy of Military Sciences of the Russian Federation Defense Ministry, Permanent Representative of the Russian Federation at the NESEFF International Network of European Engineering Universities, member of the Union of Journalists of Moscow (Moscow, Russia)

SECTION EDITORS

Aleksandr Y. SHELGINSKY — Dr. of Tech. Sc., Professor of Heat Power Industry Department, National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (Moscow, Russia) — section «Electric power and heat generation»

Nataliya D. CHICHIROVA — full member of the Russian Academy of Natural Sciences, Dr. of Chem. Sc., Professor, head of the Department of Thermal power plants of the «Kazan State Power Engineering University» (Kazan, Russia) — section «Operation of power plants»

Wadim STRIELKOWSKI — Ph.D., University of Cambridge, Judge Business School (Cambridge, England) — section «Power generation in foreign countries»

Irina G. AKHMETOVA — Dr. Eng., Vice-rector for research, head of the Department of Economics and Information Technologies, of the «Kazan State Power Engineering University» (Kazan, Russia) — section «Digital technologies and economy»

Nikolay N. SHVETS (PhD (Ec.)), Professor, Head of the World Electric Power Industry Department, MGIMO University of the Russian Federation Ministry of Foreign Affairs — section Energy Related Aspects of International Relations

Aleksey I. TADZHIBAYEV — Honoured Power Engineer of the Russian Federation, full member of the Academy of Electrical Engineering Sciences, Doctor of Engineering, Head of FSAEI of Advanced Professional Training «PEIPK» (St. Petersburg, Russia) — section «Technical Diagnostics and Non-Destructive Testing in Power Engineering»

Aleksandr Ye. UZHANOV — Cand. of Sociol. Sc., Associate Professor of World Power Industry Department, International Institute of Energy Policy and Diplomacy, MGIMO of the Russian Federation Foreign Ministry, Associate Member of the Academy of Military Sciences (Moscow, Russia) — «Sociology in Energy Industry»

EDITORIAL BOARD

Anton N. VIVCHAR — Cand. of Geogr., Head of Engineering Directorate, PJSC Mosenergo (Moscow, Russia)

Alexander V. VOLKOV — Dr. Eng., Associate Professor, Head of Department of Fluid Mechanics and Hydraulic Machines, National Research University MPEI (Moscow, Russia)

Hristo S. DRAGANCHEV — Professor of the Varna Technical University (Varna, Bulgaria)

Evgeny P. GRABCHAK — Deputy Minister of the Ministry of Energy of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Aleksandr A. ZHARKOVSKIY — Dr. Eng., Professor, Full Professor of Higher School of Power Engineering, Institute of Energy, «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University» (St. Petersburg, Russia)

Andrey M. ZAGREBAEV — Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Head of Department of Cybernetics/ Institute of Cyber Intelligence Systems, National Research Nuclear University MEPhI (Russian Federation, Moscow)

Ilyas Sh. ZAGRETDINOV — Cand. Sc. (Eng), Director of JSC «Institute Teploelectroproject» (Moscow, Russia)

Malik G. ZIGANSHIN — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Nuclear and Thermal Power Plants FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University» (Kazan, Russia)

Sylvio SIMON — Prof. Dr.-Ing., Brandenburg University of Technology (Cottbus-Senftenberg, Germany)

Ildar M. IBRAGIMOV — Dr. Eng., Leading Researcher of the Andreev Acoustic Institute (Moscow, Russia)

Maxim S. IVANITSKY — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Energy Branch of the FGBOU VO «National Research University «MPEI» in Volzhsky (Volzhsky, Russia)

Nikolay B. KARNITSKIY — Dr. of Tech. Sc., Professor, head of the department of thermal power plants, the Belarus National Technical University (Minsk, Belarus)

Sergey A. KROPACHEV — Dr. of Hist. Sc., Rector of the Energy Institute for Advanced Studies of JSC Mosoblenergo (Moscow, Russia)

Valery I. LEBEDEV — Dr. Eng., professor, Deputy Director of the Nuclear Power Institute of the «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University» (St. Petersburg, Russia)

Mikhail Yu. LVOV — Dr. of Tech. Sc., Adviser to the General Director of United Energy Company JSC (Moscow, Russia)

Nurmammad Y. MAMMADOV — professor, head of Department «Construction of engineering systems and facilities», Azerbaijan University of Architecture and Construction (Baku, Azerbaijan)

Mikhail E. MARCHENKO — Cand. of Tech. Sc., Director, «Eniv», LLC (Moscow, Russia)

Vladimir E. MESSERLE — Dr. of Tech. Sc., Professor, Head Research Fellow of the Research institute of experimental and theoretical physics, the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan)

Sergey V. MISHCHERYAKOV — Dr. of Econ. Sc., Cand. of Tech. Sc., Director General of the Non-profit Partnership «Corporate Training and Scientific Center of the Unified Energy System» (Moscow, Russia)

George MORVA — Sc. Dr., Professor, the Budapest Polytechnic University (Budapest, Hungary)

Leonid P. MUZYKA — Cand. of Tech. Sc., Director, «Resurs-Personal», LLC (Omsk, Russia)

Aleksandr N. NAZARYCHEV — Dr. of Tech. Sc., Professor, Rector of the «Petersburg power engineering institute of professional development» (St. Petersburg, Russia)

Vladimir A. NEPOMNYASHCHIY — Academician of the RANS, Dr. of Econ. Sc., Professor, Cand. of Tech. Sc. (St. Petersburg, Russia)

Mikhail Ye. ORLOV — Cand. of Eng. Sc., Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation named after V. I. Sharapov of the Ulyanovsk State Technical University (Ulyanovsk, Russia)

Mikhail M. PCHELIN — Class I State Councilor of the RF (retired), awardee of the Prize of the Council of Ministers of the USSR (Moscow, Russia)

Yuri A. RADIN — Dr. Eng., Chief Specialist, Vibration Diagnostics and Adjustment Service, Engineering Department, Mosenergo PJSC (Moscow, Russia)

Sergey M. SENDEROV — Dr. Eng., Vice-director for research, head of Energy Security Department of the Melentiev Energy Systems Institute SB RAS (Irkutsk, Russia)

Karel FRANA — Prof. Dr. — Ing. habil, Technical University of Liberec (Liberec, Czech Republic)

Mikhail I. CHICHINSKIY — Cand. of Tech. Sc., Inspector General/Head of the Department of technical supervision and audit, PJSC «Federal Grid Company of the Unified Energy System» (Moscow, Russia)

Victor E. SHERBA — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Hydromechanics and Transport Machines» FGAOU VO «Omsk State Technical University» (Omsk, Russia)

Founder and publisher: Scientific and Production Association «Energobezопасnost».

Frequency of the edition four times a year. Published since 2008.

The journal is registered in the Federal Service for Supervision in the Sphere of Mass Communication, Communications and the Protection of Cultural Heritage. Certificate ПИ № ФЧ77-31974 dated May 14, 2008.

The journal is included into the SCADT's List of major reviewed scientific journals and publications, which shall publish the key scientific findings of theses for academic degrees of Doctor and Candidate of Sciences — category 1 (Cat 1). The Journal is included in the following databases: RINC, VINITI, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory.

The journal is associated with the UNESCO International Center of Training Systems and the UNESCO International Chair Network «TVET».

Artistic editor: Malanin D. B. Technical Editor: Kutko N. E. Signed in the press on December 29, 2022.

Printed in LLC «Code-Poligraf», Proyezd Devich'yego Polya, 4, Moscow, 119121, Russia.

Mailing address of the editorial office: NPO «Energobezопасnost» Build. 6, 125 «Zh» Varshavskoye Shosse, Moscow, 117587.

Tel: +7 495 665-76-00, +7 495 382-79-74; e-mail: sigma08@sigma08.ru; www.sigma08.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

Архипова Е. Н., Архипова Т. Н., Данилов С. В., Иванов А. Н. Разработка тренажера для персонала гидроэлектростанции	220
Наумов И. В. О функционировании филиала МРСК «Сибири» ПАО Россети АО «Читаэнергосбыт»	231

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Золин М. В., Пазушкина О. В., Морозов Д. С. Оценка экономичности решений по повышению эффективности атмосферной деаэрации в котельных установках	240
Залялова А. Р., Ахметова И. Г., Ахметов Т. Р., Бакиров К. Р. Затраты на ремонт в структуре тарифа на тепловую энергию	247

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ, РАСЧЕТЫ

Высогорец С. П., Нестеренко Д. М., Лопатин В. В., Редькин С. М. Развитие критериев влажности изоляции как следствие технологического прогресса в системе сервиса маслонаполненных трансформаторов	253
Гужов С. В., Тороп Д. В. Расчёт изменения индекса технического состояния объекта при применении устройства искажения показателей качества электроэнергии на объектах массового строительства города Москвы	263
Романов А. С., Лаптев М. А., Матвеев Ю. В., Окунев Е. И., Рощенко Г. А., Юдин Р. О. Исследование напряженно деформированного состояния лопатки турбины, закрученной по закону потенциального вихря, методом конечных элементов	270
Султанов М. М., Стрижиченко А. В., Янченко С. А. Анализ влияния уровней несинусоидальности напряжений в электросетях многоквартирных домов на надежность и эффективность работы трансформаторов	278
Султанов М. М., Шамигулов П. В., Милитонян Ш. М., Лихачёв А. И., Брунков П. Н., Соколов Р. В., Левин А. А. Разработка новых методов оценки технического состояния линий электропередач с применением цифровой обработки изображений	284

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Замалиева А. Т., Зиганшин М. Г. Совершенствование подготовки топлива в городской энергетической системе для устойчивого функционирования энергоисточников	293
Прокопенко А. Н., Коструба А. В. Реконструкция гидротурбин Нижне-Свирской ГЭС на базе пропеллерных рабочих колес с переменной частотой вращения	300

ХРОНИКА, ПУБЛИКАЦИИ	309
---------------------------	-----

CONTENTS

GENERAL ISSUES OF RELIABILITY AND SAFETY OF ENERGY

Arkhipova Ye. N., Arkhipova T. N., Danilov S. V., Ivanov A. N. Development of a simulator for hydraulic power plant personnel	220
Naumov I. V. On functioning of Siberian IDGC branch of PJSC Rosseti - JSC Chitaenergосbyт	231

ECONOMIC PROBLEMS IN THE ENERGY SECTOR

Zolin M. V., Pazushkina O. V., Morozov D. S. Evaluation of the cost-effectiveness of solutions to improve the efficiency of atmospheric deaeration in boiler plants	240
Zalyalova A. R., Akhmetova I. G., Akhmetov T. R., Bakirov K. R. Repair costs in the structure of the heat tariff	247

DESIGN, RESEARCH, CALCULATIONS

Vysogorets S. P., Nesterenko D. M., Lopatin V. V., Redkin S. M. Development of insulation moisture level criteria as a result of technological progress in the maintenance system of oil-filled transformers	253
Guzhov S. V., Torop D. V. Calculation of the change in the technical condition index of a facility when using a device distorting power quality indicators at mass construction sites in Moscow	263
Romanov A. S., Laptev M. A., Matveev Y. V., Okunev E. I., Roschenko G. A., Yudin R. O. Investigation of the stress-strain state of a turbine blade twisted according to the potential vortex law by the finite element method	270
Sultanov M. M., Strijichenko A. V., Yanchenko S. A. Analysis of the impact of non-sinusoidal voltage levels in the power grid of apartment buildings on the reliability and efficiency of transformers	278
Sultanov M. M., Shamigulov P. V., Militonyan S. M., Likhachev A. I., Brunkov P. N., Sokolov R. V., Levin A. A. Development of new methods for assessing the technical condition of power lines using digital image processing	284

OPERATIONAL PRECTICE

Zamalieva A. T., Ziganshin M. G. Improving fuel preparation in the urban energy system for the sustainable operation of energy sources	293
Prokopenko A. N., Kost ruba A. V. Reconstruction of Nizhne-Svirska ya HPP hydroturbines using propeller blade runners with variable rotation speed	300