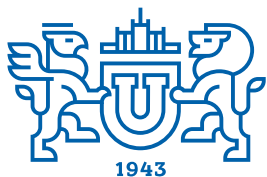


# ВЕСТНИК



**ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**2020  
Т. 20, № 3**

ISSN 1990-8512 (Print)  
ISSN 2409-1057 (Online)

**СЕРИЯ**

**«ЭНЕРГЕТИКА»**

**Решением ВАК России включен в Перечень рецензируемых научных изданий**

**Учредитель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»**

Журнал освещает актуальные теоретические и практические проблемы энергетики и электротехники, результаты научно-исследовательских работ, передовой опыт, определяющий направление и развитие научных исследований, публикует материалы научных конференций и совещаний.

Основной целью журнала является консолидация сообщества ученых и практиков, способствование в формировании и развитии наиболее перспективных направлений исследовательской практики, представление информации о научных исследованиях и достижениях.

**Редакционная коллегия:**

**Радионов А.А.**, д.т.н., проф. (*главный редактор*)  
**Шишков А.Н.**, к.т.н., доц. (*ответственный редактор*)  
**Функ Т.А.**, к.т.н., доц. (*ответственный секретарь*)

**Редакционный совет:**

**Абрамович Б.Н.**, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)  
**Агапитов Е.Б.**, д.т.н., доц. (Магнитогорск)  
**Алюков С.В.**, д.т.н., доц.  
**Беспалов В.Я.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Браславский И.Я.**, д.т.н., проф. (Екатеринбург)  
**Бродов Ю.М.**, д.т.н., проф. (Екатеринбург)  
**Бутырин П.А.**, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН (Москва)  
**Валеев Р.Г.**, к.т.н., доц.  
**Воронин С.Г.**, д.т.н., проф.  
**Ганджа С.А.**, д.т.н., проф.  
**Гладышев С.П.**, д.т.н., проф. (Дирборн, США)  
**Гольдштейн М.Е.**, к.т.н., проф.  
**Гордон Я.**, Ph.D. (Миссиссога, Канада)  
**Григорьев М.А.**, д.т.н., доц.  
**Домрачев В.Г.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Дудкин М.М.**, д.т.н., доц.  
**Исмагилов Ф.Р.**, д.т.н., проф. (Уфа)  
**Карандаев А.С.**, д.т.н., проф.  
**Кирпичникова И.М.**, д.т.н., проф.  
**Кодкин В.Л.**, д.т.н., проф.  
**Козярук А.Е.**, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)  
**Колганов А.Р.**, д.т.н., проф. (Иваново)  
**Корнилов Г.П.**, д.т.н., проф. (Магнитогорск)  
**Куликова Л.В.**, д.т.н., проф., чл.-корр. САН ВШ (Барнаул)  
**Лятхер В.М.**, д.т.н., проф. (Кливленд, США)  
**Мещеряков В.Н.**, д.т.н., проф. (Липецк)  
**Пятибратов Г.Я.**, д.т.н., проф. (Новочеркасск)  
**Резник Л.Ф.**, Ph.D. (Ришон-ле-Цион, Израиль)  
**Сарваров А.С.**, д.т.н., проф. (Магнитогорск)  
**Тума И.**, д.т.н., проф. (Прага, Чешская Республика)  
**Торопов Е.В.**, д.т.н., проф. (Екатеринбург)  
**Усынин Ю.С.**, д.т.н., проф.  
**Фёдоров О.В.**, д.т.н., проф. (Нижний Новгород)  
**Хохлов Ю.И.**, д.т.н., проф.  
**Хусаинов Ш.Н.**, д.т.н., проф.  
**Шевырёв Ю.В.**, д.т.н., доц. (Москва)



# BULLETIN

OF THE SOUTH URAL  
STATE UNIVERSITY

SERIES

2020

Vol. 20, no. 3

## “POWER ENGINEERING”

ISSN 1990-8512 (Print)  
ISSN 2409-1057 (Online)

---

Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta.  
Seriya “Energetika”

---

### South Ural State University

The journal covers urgent theoretical and practical problems of power engineering, results of research work, accumulated experience setting directions and development of scientific research in power engineering, publishes materials of scientific conferences and meetings, information on scientific work in higher educational institutions.

The main goal of the journal is consolidation of scientific and industrial communities, promotion and development of the most promising areas of research practice, presentation information on scientific research and achievements.

#### Editorial Board:

**Radionov A.A.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof. (*editor-in-chief*), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Shishkov A.N.**, Cand. of Sci. (Eng.), Ass. Prof. (*executive editor*), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Funk T.A.**, Cand. of Sci. (Eng.), Ass. Prof. (*executive secretary*), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

#### Editorial Council:

**Abramovich B.N.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., St. Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russian Federation  
**Agapitov E.B.**, Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation  
**Aliukov S.V.**, Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Bespalov V.Ya.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russian Federation  
**Braslavskii I.Ya.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ural Power Engineering Institute, Ekaterinburg, Russian Federation  
**Brodov Yu.M.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ural Power Engineering Institute, Ekaterinburg, Russian Federation  
**Butyrin P.A.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russian Federation  
**Valeev R.G.**, Cand. of Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Voronin S.G.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Gandzha S.A.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Gladyshev S.P.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Michigan-Dearborn University, Dearborn, United States of America  
**Goldshteyn M.E.**, Cand. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Gordon Ya.**, Ph.D., HATCH, Mississauga, Ontario, Canada  
**Grigorev M.A.**, Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Domrachev V.G.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., State Institute of Information Technologies and Telecommunications, Moscow, Russian Federation  
**Dudkin M.M.**, Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Ismagilov F.R.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation  
**Karandaev A.S.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Kirpichnikova I.M.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Kodkin V.L.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Kozyaruk A.E.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., National Mineral Resources University, Saint-Petersburg, Russian Federation  
**Kolezanov A.R.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ivanovo Power Engineering Institute, Ivanovo, Russian Federation  
**Kornilov G.P.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation  
**Kulikova L.V.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Corresponding Member of the Siberian Academy of Sciences of the Higher School, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation  
**Lyatkher V.M.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., New Energitics Inc., Cleveland, United States of America  
**Meshcheryakov V.N.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation  
**Pyatibratov G.Ya.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Platov South-Russian State Polytechnic University (Novocherkassk Polytechnic Institute), Novocherkassk, Russian Federation  
**Reznik L.**, Ph.D., Payton Group International, Rishon LeZion, Israel;  
**Sarvarov A.S.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation  
**Tuma J.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Charles University, Prague, Czech Republic  
**Toropov E.V.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., LLC Research and Production Company “UralTermoComplex”, Ekaterinburg, Russian Federation  
**Usynin Yu.S.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Fedorov O.V.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation  
**Khokhlov Yu.I.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Khusainov Sh.N.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation  
**Shevryev Yu.V.**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS), Moscow, Russian Federation

## СОДЕРЖАНИЕ

### Теплоэнергетика

ОСИНЦЕВ К.В., АЛАБУГИН А.А., АЛЕКСЕЕВА М.С. Многокритериальное моделирование процессов и конструкции камеры смешения пароструйного эжектора конденсационной турбины .....	5
КАГРАМАНОВ Ю.А., ТУПОНОГОВ В.Г., РЫЖКОВ А.Ф., ЖИЖИНА У.В., НАЗАРОВА В.В. Оценка концентрации оксидов азота на выходе из камеры сгорания модельной газовой турбины .....	17
ЗЕНКОВ А.В., ГВОЗДЯКОВ Д.В., ГУБИН В.Е. Влияние жидких горючих компонент на вязкость водоугольного топлива .....	26

### Электроэнергетика

БУХАРОВ Д.С. О двух методах вычисления трапециевидной характеристики устройства АЛАР на основе равномерных данных .....	33
БАЙ Ю.Д., ШМОЙЛОВ А.В., РУБАН Н.Ю., УФА Р.А., РУДНИК В.Е., КИЕВЕЦ А.В. Получение законов распределения вероятностей параметров установившегося режима электроэнергетических систем .....	41
НИКОЛАЕВ А.А., ТУЛУПОВ П.Г., ИВЕКЕЕВ В.С. Сравнительный анализ современных систем управления электрическим режимом дуговых сталеплавильных печей и установок ковш-печь .....	52

### Альтернативные источники энергии

НОВЫХ А.В., МЕНДЕЗ ПЕРЕЗ Х.А., ГОНЗАЛЕЗ-ДИАЗ Б., СВИРИДЕНКО И.И., ГОГОЛЕВ Г.В., ТИМОФЕЕВ В.А. Снижение потерь гибридной электростанции балансировкой нагрузки в сети со стороны генерации и потребления .....	65
МЕХТИЕВ А.Д., ЮГАЙ В.В., НЕШИНА Е.Г., АЛЬКИНА А.Д. Альтернативный источник энергии для автономных потребителей на основе низкотемпературного двигателя Стирлинга .....	78

### Преобразовательная техника

ЮДИНЦЕВ А.Г., ТКАЧЕНКО А.А., ЛЯПУНОВ Д.Ю. Синтез повышающего преобразователя для имитатора нагрузок систем электроснабжения автономных объектов .....	88
---	----

### Устройства аналоговой и цифровой электроники

БРЯКИН И.В., БОЧКАРЕВ И.В., КОРЯКИН С.В. Адаптер-трансивер для ВЧ-аппаратуры PLC-технологий .....	97
---	----

### Электромеханические системы

ВОРОНИН С.Г., КЛИНАЧЕВ Н.В., ДАВЛАТОВ А.М., ПАУКОВ Д.В. Сравнительная оценка схем соединения обмоток синхронных генераторов в составе источников постоянного тока .....	110
ГОМБЕРГ Б.Н., СОГРИН А.И., КАЗАНЦЕВА Т.А. Магнитные системы бесконтактных регулируемых синхронных генераторов с основным магнитоэлектрическим возбуждением .....	119
ЮШКОВ И.С. Моделирование режима упора асинхронизированного вентильного двигателя с питанием от инвертора напряжения .....	132
ГАСИЯРОВ В.Р., БАСКОВ С.Н., ГАСИЯРОВА О.А., ЛОГИНОВ Б.М. Разработка цифрового наблюдателя углового зазора в шпиндельных соединениях главной линии прокатной клетки .....	137

# CONTENTS

## Heat-Power Engineering

OSINTSEV K.V., ALABUGIN A.A., ALEKSEEVA M.S. Multi-Criteria Modeling of Processes in a Vaporjet Condensation Turbine Ejector Mixing Chamber and Its Design .....	5
KAGRAMANOV Yu.A., TUPONOGOV V.G., RYZHKOV A.F., ZHIZHINA U.V., NAZAROVA V.V. Evaluating the Concentration of Nitrogen Oxides at the Model Gas Turbine Combustion Chamber Outlet .....	17
ZENKOV A.V., GVOZDYAKOV D.V., GUBIN V.E. Effect of Liquid Combustible Components on Coal-Water Fuel Viscosity .....	26

## Electric Power Engineering

BUKHAROV D.S. On Two Methods to Compute the Trapezoidal Characteristic of Automatics for Elimination of Asynchronous Operation Based on Equal-Step Data .....	33
BAY J.D., SHMOILOV A.V., RUBAN N.Yu., UFA R.A., RUDNIK V.E., KIEVETS A.V. Obtaining Probability Distribution Laws of Power System Steady-State Mode Parameters .....	41
NIKOLAEV A.A., TULUPOV P.G., IVEKEEV V.S. The Comparative Analysis of Modern Electric Modes Control Systems in Electric Arc and Ladle Furnaces .....	52

## Alternative Sources of Energy

NOVYKH A.V., MÉNDEZ PÉREZ Ju.A., GONZÁLEZ-DÍAZ B., SVIRIDENKO I.I., GOGOLEV G.V., TIMOFEEV V.A. Reducing Hybrid Power Plant Power Losses by Balancing the Load in the Network on the Generation and Consumption Side .....	65
MEKHTIYEV A.D., YUGAY V.V., NESHINA E.G., ALKINA A.D. Alternative Low Temperature Stirling Engine Based Source of Energy for Autonomous Consumers .....	78

## Converting Technology

YUDINTSEV A.G., TKACHENKO A.A., LYAPUNOV D.Yu. Synthesis of a Boost Converter for a Load Simulator of Autonomous Objects Power Supply Systems .....	88
---	----

## Analog and Digital Electronic Device

BRYAKIN I.V., BOCHKAREV I.V., KORYAKIN S.V. Adapter-Transceiver for HF Equipment PLC Technology .....	97
---	----

## Electromechanical Systems

VORONIN S.G., KLIMACHEV N.V., DAVLATOV A.M., PAUKOV D.V. Comparative Assessment of Synchronous Generators Windings as a Part of DC Source Connection Schemes .....	110
GOMBERG B.N., SOGRIN A.I., KAZANCEVA T.A. Magnetic Systems of Contactless Regulated Synchronous Generators with Basic Magnetoelectric Excitation .....	119
YUSHKOV I.S. Stop Mode Simulation for an Asynchronized Vent Motor Fed by a Voltage Inverter .....	132
GASIYAROV V.R., BASKOV S.N., GASIYAROVA O.A., LOGINOV B.M. Development of a Digital Angular Clearance Observer in Spindle Connections of the Main Rolling Cabinet .....	137