



# Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Ежемесячный журнал

1'2020

## Учредитель:

Федеральное государственное  
автономное образовательное  
учреждение высшего  
образования  
«Санкт-Петербургский  
государственный  
электротехнический  
университет „ЛЭТИ“  
им. В. И. Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)  
197376, Санкт-Петербург,  
ул. Проф. Попова, 5  
Тел.: (812) 346-44-87  
Факс.: (812) 346-27-58

## Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС2-8390  
от 04.12.2006 г. выдано  
Управлением Федеральной  
службы по надзору  
за соблюдением  
законодательства в сфере  
массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия  
по Северо-Западному  
федеральному округу

## Редакционный совет:

**Кутузов В. М.**, д-р техн. наук, профессор – председатель  
**Гайворонский Д. В.**,  
канд. техн. наук, доцент – заместитель председателя  
**Соломонов А. В.**,  
д-р физ.-мат. наук, профессор – главный редактор  
**Кострин Д. К.**,  
канд. техн. наук, доцент – ответственный секретарь

**Аббакумов К. Е.**, д-р техн. наук, профессор  
**Алексеев В. В.**, д-р техн. наук, профессор  
**Белов М. П.**, д-р техн. наук, профессор  
**Вендик О. Г.**, д-р техн. наук, профессор  
**Герасимов И. В.**, д-р техн. наук, профессор  
**Гусаров В. В.**, д-р хим. наук, чл.-кор. РАН  
**Зубков В. И.**, д-р физ.-мат. наук, профессор  
**Имаев Д. Х.**, д-р техн. наук, профессор  
**Корляков А. В.**, д-р техн. наук, профессор  
**Куприянов М. С.**, д-р техн. наук, профессор  
**Лысенко Н. В.**, д-р техн. наук, профессор  
**Молдовян Н. А.**, д-р техн. наук, профессор  
**Пронин М. В.**, д-р техн. наук, профессор  
**Путов В. В.**, д-р техн. наук, профессор  
**Советов Б. Я.**, д-р техн. наук, профессор  
**Степанов О. А.**, д-р техн. наук, профессор  
**Ухов А. А.**, д-р техн. наук, профессор  
**Фажми Ш. С.**, д-р техн. наук, профессор  
**Филатов Ю. В.**, д-р техн. наук, профессор  
**Шестопалов М. Ю.**, д-р техн. наук, профессор  
**Юлдашев З. М.**, д-р техн. наук, профессор

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС  
ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ КАТАЛОГУ  
«ПРЕССА РОССИИ». ТОМ 1  
«ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ» 45821**

Подписка производится  
в любом почтовом отделении России

*Журнал включен в Перечень рецензируемых  
научных изданий, в которых должны быть  
опубликованы основные научные результаты  
диссертаций на соискание ученой степени  
кандидата наук, на соискание ученой  
степени доктора наук, в соответствии  
с требованиями приказа Минобрнауки  
России от 25 июля 2014 г. № 793*

## Редакция:

197376, Санкт-Петербург,  
ул. Проф. Попова, 5  
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»  
Тел.: (812) 234-02-23  
E-mail: izvestiya-leti@yandex.ru  
www.izv.eltech.ru



# Izvestiya SPbGETU «LETI»

*Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University Journal*

**1'2020**

*Monthly journal*

## ***Editorial Board of the Journal:***

**Kutuzov V. M.**, D. Sc. in Engineering, Prof. – chairman

**Gaivoronskii D. V.**,

Ph. D. in Engineering, Associate Prof. – deputy chairman

**Solomonov A. V.**,

D. Sc. in Physical and Mathematical Sciences, Prof. – editor in chief

**Kostrin D. K.**,

Ph. D. in Engineering, Associate Prof. – executive secretary

**Abbakumov K. E.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Alekseev V. V.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Belov M. P.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Vendik O. G.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Gerasimov I. V.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Gusarov V. V.**, D. Sc. in Chemistry, Corresponding Member  
of Russian Academy of Sciences

**Zubkov V. I.**, D. Sc. in Physical and Mathematical Sciences, Prof.

**Imaev D. H.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Korlyakov A. V.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Kuprianov M. S.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Lysenko N. V.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Moldovyan N. A.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Pronin M. V.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Putov V. V.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Sovetov B. Ya.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Stepanov O. A.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Uhov A. A.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Fahmi S. S.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Filatov Yu. V.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Shestopalov M. Yu.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

**Yuldashev Z. M.**, D. Sc. in Engineering, Prof.

## **Founder:**

Saint Petersburg Electrotechnical  
University (ETU)

Journal is registered  
in Federal Service for Media Law  
Compliance and Cultural Heritage  
in the North-West Federal Region  
(ПИ № ФС2 – 8390 of 04.12.2006)

*On the resolution of the Higher Attestation Committee  
under the Russian Federation Ministry of Education  
the Journal is included in the «List of Periodical  
and Scientific and Technical Publications Issued  
in the Russian Federation where the Doctoral  
Theses Key Results shall be published*

## Содержание

**ФИЗИКА**

<i>Хмельницкий И. К., Айвазян В. М., Алексеев Н. И., Бройко А. П., Калёнов В. Е., Тестов Д. О.</i> Получение и исследование пленок PEDOT в качестве электродов ионных электроактивных актюаторов.....	5
<i>Симаков И. Г., Гулгенов Ч. Ж., Базарова С. Б.</i> Акустоэлектрический метод определения диэлектрических характеристик жидкости в граничном слое .....	11
<i>Вагин А. В., Инюкина А. М.</i> Уменьшение коэффициента отражения звуковой волны от слоистой среды при нормальном падении .....	16

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

<i>Куракина Н. И., Михайлова А. А.</i> Картографическое моделирование снежного покрова в технологии геоинформационных систем .....	23
<i>Гурин А. В., Пазников А. А.</i> Реализация в модели акторов децентрализованной атомарной рассылки без процедуры выбора лидера .....	28
<i>Мельник В. С.</i> Многопоточная маршрутизация в автоматизированной системе учета конечных узлов распределенного кластера .....	38
<i>Герасимов И. В., Кузьмин С. А., Сафьянников Н. М., Рудинский А. В.</i> Сложнофункциональные блоки вычислительной перцепции в классе вычислительно-преобразовательных цепей .....	43
<i>Назаренко Н. А., Падерно П. И.</i> Оценка логической сложности и стереотипности циклических структур в алгоритмах деятельности оператора.....	52
<i>Пантелеев М. Г., Салимов А. Ф.</i> Анализ алгоритмов навигации интеллектуального агента в виртуальном футболе .....	60

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

<i>Белов М. П., Чыюнг Д. Д., Лань Н. В.</i> Разработка математической модели и управление методом разделения закона управления для экзоскелета.....	71
<i>Татаринцев Н. И., Карасев Д. С.</i> Применение энергосберегающего режима в частотно-регулируемом асинхронном электроприводе .....	77
<i>Нтавухоракомейе Н., Ндайрагиже Л.</i> Проектирование и разработка экономически эффективного контроллера заряда автономной солнечной электростанции .....	82

**Сведения об авторах**..... 89

**Правила представления рукописей авторами** ..... 93

Редактор  
Н. В. Лукина  
Комп. верстка  
И. С. Беляевой

Подписано в печать 27.01.20.  
Формат 60 × 84 1/8.  
Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Гарнитура «Times New Roman».  
Уч.-изд. л. 12,22. Печ. л. 11,75.  
Тираж 300 экз. (1-й завод 1–120 экз.)  
Заказ 2.

**Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
197376, Санкт-Петербург,  
ул. Проф. Попова, 5  
Тел. / факс: (812) 346-28-56

# Contents

## PHYSICS

<i>Khmel'nitsky I. K., Ayvazyan V. M., Alekseev N. I., Broyko A. P., Kalyonov V. E., Testov D. O.</i> Preparation and investigation of PEDOT films as electrodes of ionic electroactive actuators.....	5
<i>Simakov I. G., Gulgenov Ch. Zh., Bazarova S. B.</i> Acoustoelectric method for determining the dielectric characteristics of a fluid in the boundary layer.....	11
<i>Vagin A. V., Inyukina A. M.</i> Decrease in the reflection coefficient of a sound wave from a layered medium during normal incidence.....	16

## INFORMATICS, COMPUTER TECHNOLOGIES AND CONTROL

<i>Kurakina N. I., Mikhaylova A. A.</i> Cartographic modelling of snow cover in geographic information system technology.....	23
<i>Gurin A. V., Paznikov A. A.</i> Algorithm for choosing local neighbourhoods of decentralized schedulers in geographically distributed computer systems.....	28
<i>Melnik V. S.</i> Multi-thread routing in the automated system of account of finite nodes of the distributed cluster....	38
<i>Gerasimov I. V., Kuzmin S. A., Safyannikov N. M., Rudinsky A. V.</i> Complex-functional blocks of computational perception in the class of computational-transformative circuits.....	43
<i>Nazarenko N. A., Paderno P. I.</i> Evaluation of logic complexity and stereotypity of cyclic structures in operator activity algorithms.....	52
<i>Panteleyev M. G., Salimov A. F.</i> Analysis of intelligent agent's navigation algorithms in a virtual football.....	60

## ELECTRICAL ENGINEERING

<i>Belov M. P., Truong D. D., Lanh N. V.</i> Development of a mathematical model and control by the method of separation of the control law for the exoskeleton.....	71
<i>Tatarintsev N. I., Karasyov D. S.</i> Energy-saving mode application in the variable-frequency induction electric drive.....	77
<i>Ntawuhorakomeye N., Ndayragije L.</i> Design and development of a cost-effective controller for autonomous solar power plant.....	82
<i>Information about the authors</i> .....	89
<i>Rules of Presentation and Preparation of Manuscripts Offered for Journal Publication</i> .....	93

Editor  
N. V. Lukina  
DTP Professional  
I. S. Belyaeva

Editorial address:  
Saint Petersburg Electrotechnical  
University (ETU),  
5, Prof. Popov Str., 197376,  
St. Petersburg, Russia  
Tel.: +7 (812) 234-02-23  
E-mail: izvestiya-leti@yandex.ru  
www.izv.eltech.ru