



№1-2022

ISSN 1999-9429

# ИЗВЕСТИЯ ЮФУ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Перспективы применения робототехнических комплексов
- Системы управления и моделирования
- Системы энергетики, приводная и датчиковая аппаратура
- Связь, навигация и наведение
- Техническое зрение

# ИЗВЕСТИЯ ЮФУ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ IZVESTIYA SFedU. ENGINEERING SCIENCES

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ № ФС77-28889 от 12.07.2007

Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций

Научно-технический и прикладной журнал

Издается с 1995 года, до середины 2007 года под названием «Известия ТРТУ»

Подписной индекс 41970

№ 1 (225). 2022 г.

Тематический выпуск

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ

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».

### Редакционный совет

Курейчик В.В. (и.о. гл. редактора); Курейчик В.М. (зам. гл. редактора);  
Бородянский И.М. (ученый секретарь); Абрамов С.М.; Агеев О.А.; Бабенко Л.К.;  
Веселов Г.Е.; Гонкальвес Ж.; Каляев И.А.; Колесников А.А.; Коноплев Б.Г.;  
Левин И.И.; Макаревич О.Б.; Маркович И.И.; Микрин Е.А.; Никитов С.А.;  
Обуховец В.А.; Осипов Г.С.; Панатов Г.С.; Панич А.Е.; Петров В.В.; Петровский А.Б.;  
Пшихопов В.Х.; Редько В.Г.; Румянцев К.Е.; Саламах М.; Солдатов А.В.;  
Стемпковский А.Л.; Сухинов А.И.; Сысоев В.В.; Тарасов С.П.; Фрадков А.Л.;  
Хашемпур М.; Чаплыгин Ю.А.; Чердниченко Д.И.; Четверушкин Б.Н.; Чичков Б.Н.

Учредитель Южный федеральный университет.

Издатель Южный федеральный университет.

Ответственный за выпуск Косенко Е.Ю.

Технический редактор Ярошевич Н.В.

Оригинал-макет выполнен Ярошевич Н.В.

Дата выхода в свет 13.05.2022 г. Формат 70×108  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.

Офсетная печать. Усл. печ. л. – 26,1. Уч.-изд. л. – 21,7.

Заказ № 8508. Тираж 250 экз.

Адрес издателя: 344091, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1. Тел. 8(863)2478051.

Адрес типографии: Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ. 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел (863) 247-80-51.

Адрес редакции: 347922, г. Таганрог, ул. Чехова, 22, ЮФУ, тел. +7 (928) 909-57-82, e-mail: [iborodyanskiy@sfedu.ru](mailto:iborodyanskiy@sfedu.ru), <http://izv-ti.tti.sfedu.ru/>.

16+

Цена свободная

ISSN 1999-9429 (Print)

ISSN 2311-3103 (Online)

© Южный федеральный университет, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

<b>И.И. Маркович, А.И. Паньчев, Е.Е. Завтур</b> ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В ПАССИВНОЙ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РЛС, СОЗДАННОЙ НА БАЗЕ ГРУППИРОВКИ БЛА.....	6
<b>Н.А. Соколов, Д.А. Рябухин</b> К ПРОБЛЕМЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ. ОПЫТ КАРАБАХА.....	17
<b>Н.А. Соколов, А.В. Рычков</b> МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОРСКИХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ.....	29
<b>С.М. Соколов</b> ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В СОЗДАНИИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С ПОВЫШЕННОЙ СТЕПЕНЬЮ АВТОНОМНОСТИ .....	42
<b>А.И. Наговицин, Б.Б. Молоткова, Д.У. Азимов</b> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА НАЗНАЧЕНИЕМ РАДИОЧАСТОТ НА ОСНОВЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАДИОСВЯЗИ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	59
<b>П.А. Гессен, А.И. Лизин, В.А. Павлова, В.А. Тупиков</b> МОДУЛЬ КОРРЕКТИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ.....	71
<b>З.В. Нагоев, В.М. Шуганов, А.У. Заммоев, К.Ч. Бжихатлов, З.З. Иванов</b> РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «УМНОЕ ПОЛЕ» .....	81
<b>И.А. Пшенокова, К.Ч. Бжихатлов, А.А. Унагасов, М.А. Абазоков</b> МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ СБОРА ДАННЫХ С МЕТЕОСТАНЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ .....	91
<b>И.С. Тренёв</b> СТАБИЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРА ВДОЛЬ ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ С ПОМОЩЬЮ СУБОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ С $N_2/N_{\infty}$ -КРИТЕРИЕМ .....	101

### РАЗДЕЛ II. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

<b>А.И. Савельев, В.В. Лебедева, И.В. Лебедев, К.В. Камынин,</b> <b>Л.Д. Кузнецов, А.Л. Ронжин</b> УПРАВЛЕНИЕ ГРУППОЙ БЛА ПРИ ОТРАБОТКЕ КРИЗИСНЫХ ПОЛЕТНЫХ СИТУАЦИЙ В РЕШЕНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ.....	110
<b>В.Х. Пшихопов, М.Ю. Медведев</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО АЛГОРИТМОВ ДВИЖЕНИЯ СТРОЕМ БЛА МУЛЬТИКОПТЕРНОГО ТИПА.....	121
<b>А.А. Медельцев, П.А. Шаповалов, М.В. Воронов, А.И. Полухина,</b> <b>П.Н. Сигалева, А.В. Фролов</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА ВНУТРИ ГЕРМЕТИЧНОГО КОРПУСА БИНС В МУЛЬТИФИЗИЧНОЙ ПОСТАНОВКЕ В ANSYS CFX И SYSTEM COUPLING.....	140
<b>Д.И. Мальшев, Л.А. Рыбак, А.С. Писаренко, В.В. Черкасов</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СИНГУЛЯРНОСТЕЙ НА РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ И ГЕОМЕТРИЮ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ПЛАТФОРМЫ ГОФА-СТЮАРТА .....	152

<b>А.В. Логунов, А.Л. Береснев</b> ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	162
<b>А.А. Ткаченко, Д.Д. Девяткин</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОНОМНОСТИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ДВУХКОЛЕСНОГО РОБОТА .....	172

### **РАЗДЕЛ III. СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ, ПРИВОДНАЯ И ДАТЧИКОВАЯ АППАРАТУРА**

<b>А.Ю. Баранин, Е.А. Дудоров, А.В. Лагутин</b> ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКТА СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АВТОНОМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ.....	183
<b>А.А. Кабанов, А.В. Зуев, А.Н. Жирабок, В.Ф. Филаретов, В.А. Крамарь</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРИВОДАХ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ .....	192
<b>Р.А. Жигалов, С.А. Матюнин, А.А. Иголкин</b> БЕСКОНТАКТНЫЙ ФЕРРОЗОНДОВЫЙ ДАТЧИК ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ КЛАПАНА .....	204

### **РАЗДЕЛ IV. СВЯЗЬ, НАВИГАЦИЯ И НАВЕДЕНИЕ**

<b>И.А. Шипов</b> РЕАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ.....	218
<b>А.А. Черкасова, А.Ю. Шатилов, Т.А. Мухамедзянов</b> ПОДДЕРЖКА ПЕТЕЛЬ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ФАЗОЙ В ПРИЕМНИКЕ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРЕНИЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	226

### **РАЗДЕЛ V. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ**

<b>Н.А. Бочаров, А.В. Глухов, Н.Б. Парамонов</b> ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ COM-EXPRESS НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ ЭЛЬБРУС ДЛЯ БОРТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	238
<b>А.Ю. Гагарина, П.А. Гессен, А.И. Лизин, В.А. Павлова, М.В. Созинова, В.А. Тупиков</b> КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ С ОБУЧЕНИЕМ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ .....	247
<b>Р.А. Горбачев, М.Н. Зарипов, Д.Л. Шишков</b> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ И ПРЕДСКАЗАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЯХ.....	256
<b>В.П. Носков, А.Н. Курьянов</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ ДЕСКРИПТОРОВ В РЕШЕНИИ SLAM-ЗАДАЧИ .....	268
<b>К.А. Суминов, Н.А. Бочаров</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИМЕНИМОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРОВ РЯДА ЭЛЬБРУС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ.....	279
<b>А.Е. Щелкунов, В.В. Ковалев, И.В. Сидько, Н.Е. Сергеев</b> УСКОРЕНИЕ ПРЯМОГО ПРОХОДА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СНС НА ОГРАНИЧЕННОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ РЕСУРСЕ.....	289

## CONTENT

### SECTION I. PROSPECTS FOR THE USE OF ROBOTIC SYSTEMS

<b>I.I. Markovich, A.I. Panychev, E.E. Zaytur</b> DIGITAL SIGNAL PROCESSING IN A PASSIVE MULTI-POSITION RADAR, CREATED ON THE BASIS OF THE UAV GROUPING .....	6
<b>N.A. Sokolov, D.A. Ryabulkin</b> TO THE PROBLEM OF COUNTERING UNMANNED AERIAL VEHICLES IN CONDITIONS OF LIMITED RESOURCES. THE KARABAKH EXPERIENCE...	17
<b>N.A. Sokolov, A.V. Rychkov</b> MAGNETOMETRIC SENSOR SYSTEMS FOR MARINE MOBILE ROBOTS .....	30
<b>S.M. Sokolov</b> AN ONTOLOGICAL APPROACH TO THE CREATION OF ROBOTIC COMPLEXES WITH AN INCREASED DEGREE OF AUTONOMY .....	43
<b>A.I. Nagovitsyn, B.B. Molotkova, D.U. Azimov</b> AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE ASSIGNMENT OF RADIO FREQUENCIES BASED ON A RISK-BASED APPROACH IN THE PLANNING OF RADIO COMMUNICATIONS IN THE UNITS OF MILITARY ROBOTIC COMPLEXES .....	60
<b>P.A. Gessen, A.I. Lizin, V.A. Pavlova, V.A. Tupikov</b> MODULE FOR ADJUSTING PARAMETERS OF ALGORITHMS FOR AUTOMATIC DETECTION AND TRACKING OF OBJECTS FOR OPTOELECTRONIC SYSTEMS .....	71
<b>Z.V. Nagoev, V.M. Shuganov, A.U. Zammoev, K.Ch. Bzhikhatlov, Z.Z. Ivanov</b> DEVELOPMENT OF INTELLIGENT INTEGRATED SYSTEM FOR "SMART" AGRICULTURAL PRODUCTION .....	82
<b>I.A. Pshenokova, K.Ch. Bzhikhatlov, A.A. Unagasov, M.A. Abazokov</b> MULTI-AGENT ALGORITHM FOR COLLECTING DATA FROM WEATHER STATION FOR FORECASTING PRODUCTIVITY AND CROPS CONDITION .....	92
<b>I.S. Trenev</b> MOVEMENT STABILIZATION OF THE QUADCOPTER ALONG A GIVEN TRAJECTORY USING A SUBOPTIMAL CONTROL LAW WITH $H_2/H_\infty$ -CRITERION .....	102

### SECTION II. CONTROL AND SIMULATION SYSTEMS

<b>A.I. Savelyev, V.V. Lebedeva, I.V. Lebedev, K.V. Kamynin, L.D. Kuznetsov, A.L. Ronzhin</b> UAV GROUP MANAGEMENT WHEN WORKING OUT OF CRISIS FLIGHT SITUATIONS IN SOLVING TRANSPORT PROBLEMS .....	110
<b>V.Kh. Pshikhopov, M.Yu. Medvedev</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF CENTRALIZED AND DECENTRALIZED ALGORITHMS FOR THE MOVEMENT OF MULTICOPTER-TYPE UAVS .....	121
<b>A.A. Medel'tsev, P.A. Shapovalov, M.V. Voronov, A.I. Polukhina, P.N. Sigaleva, A.V. Frolov</b> MULTIPHYSICS SIMULATION IN ANSYS CFX AND SYSTEM COUPLING OF HEAT TRANSFER INSIDE HERMETIC CASE OF STRAPDOWN INERTIAL NAVIGATION SYSTEM .....	140
<b>D.I. Malyshev, L.A. Rybak, A.S. Pisarenko, V.V. Cherkasov</b> ANALYSIS OF THE SINGULARITIES INFLUENCE ON THE FORWARD KINEMATICS SOLUTION AND THE GEOMETRY OF THE WORKSPACE OF THE GOUGH-STEWART PLATFORM .....	153
<b>A.V. Logunov, A.L. Beresnev</b> APPLICATION OF THE NEURAL NETWORK APPROACH TO DIAGNOSE THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF VEHICLES .....	163
<b>A.A. Tkachenko, D.D. Devyatkin</b> CONTROL SYSTEM DESIGN AND AUTONOMY FOR TWO-WHEELED MOBILE ROBOT .....	173

### SECTION III. ENERGY SYSTEMS, DRIVE AND SENSOR EQUIPMENT

<b>A.Yu. Barannik, E.A. Dudorov, A.V. Lagutina</b> JUSTIFICATION OF THE SET OF SPECIAL EQUIPMENT INTENDED FOR RESCUE OPERATIONS USING MULTIFUNCTIONAL AUTONOMOUS ROBOT PLATFORM.....	183
<b>A.A. Kabanov, A.V. Zuev, A.N. Zhirabok, V.F. Filaretov, V.A. Kramar</b> IDENTIFICATION OF FAULTS IN DRIVES BASED ON OPTIMAL CONTROL METHODS .....	193
<b>R.A. Zhigalov, S.A. Matyunin, A.A. Igolkin</b> NON-CONTACT FLUXGATE POSITION SENSOR FOR MONITORING THE STATE OF THE VALVE .....	205

### SECTION IV. COMMUNICATION, NAVIGATION AND GUIDANCE

<b>I.A. Shipov</b> THE METHOD OF SOLVING THE PROBLEM OF THE DISTRIBUTION OF GOALS IN THE GROUP OF UAVS BY NETWORK-CENTRIC CONTROL SYSTEM.....	218
<b>A.A. Cherkasova, A.Yu. Shatilov, T.A. Muhamedzyanov</b> PHASE TRACKING LOOPS SUPPORTING IN THE SATELLITE NAVIGATION RECEIVER USING INERTIAL NAVIGATION SYSTEM MEASUREMENTS .....	226

### SECTION V. TECHNICAL VISION

<b>N.A. Bocharov, A.V. Gluhov, N.B. Paramonov</b> COM-EXPRESS MODULES BASED ON ELBRUS MICROPROCESSORS FOR ONBOARD COMPUTING SYSTEMS.....	238
<b>A.Yu. Gagarina, P.A. Gessen, A.I. Lysine, V.A. Pavlova, M.V. Sozinova, V.A. Tupikov</b> CORRELATIONAL SUPPORT ALGORITHM WITH REAL-TIME LEARNING .....	248
<b>R.A. Gorbachev, M.N. Zaripov, D.L. Shishkov</b> AN INTELLIGENT SYSTEM OF TECHNICAL VISION FOR DETECTING OBSTACLES AND PREDICTING THE BEHAVIOR OF MOVING OBJECTS ON RAILWAY TRACKS .....	256
<b>V.P. Noskov, A.N. Kuryanov</b> THE APPLICATION OF COMPLEX DESCRIPTORS IN SOLVING A SLAM TASK .....	269
<b>K.A. Suminov, N.A. Bocharov</b> RESEARCH OF APPLICABILITY LIMITATIONS FOR ELBRUS MICROPROCESSORS FOR SOLVING TASKS OF TECHNICAL VISION .....	279
<b>A.E. Shchekunov, V.V. Kovalev, I.V. Sidko, N.E. Sergeev</b> ACCELERATION OF THE DIRECT PASSAGE IN THE IMPLEMENTATION OF CNN ON A LIMITED COMPUTING RESOURCE .....	289