



№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, <http://izv-tn.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

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

РАЗДЕЛ II. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

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

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

РАЗДЕЛ III. СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ, ПРИВОДНАЯ И ДАТЧИКОВАЯ АППАРАТУРА

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

РАЗДЕЛ IV. СВЯЗЬ, НАВИГАЦИЯ И НАВЕДЕНИЕ

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

РАЗДЕЛ V. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ

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

CONTENT

SECTION I. PROSPECTS FOR THE USE OF ROBOTIC SYSTEMS

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

SECTION II. CONTROL AND SIMULATION SYSTEMS

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

SECTION III. ENERGY SYSTEMS, DRIVE AND SENSOR EQUIPMENT

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

SECTION IV. COMMUNICATION, NAVIGATION AND GUIDANCE

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

SECTION V. TECHNICAL VISION

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