



№1-2023

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 (231). 2023 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. (гл. редактор); Кравченко Ю.А. (зам. гл. редактора); Курейчик В.М. (зам. гл. редактора); Бородянский И.М. (ученый секретарь); Абрамов С.М.; Агеев О.А.; Бабенко Л.К.; Боженюк А.В.; Веселов Г.Е.; Гайдук А.Р.; Горбанёва О.И.; Каляев И.А.; Коноплев Б.Г.; Касьянов А.О.; Левин И.И.; Куповых Г.В.; Лысенко И.Е.; Малюков С.П.; Медведев М.Ю.; Мельник Э.В.; Никитов С.А.; Обуховец В.А.; Панич А.Е.; Петров В.В.; Пшихопов В.Х.; Редько В.Г.; Румянцев К.Е.; Семенихина Д.В.; Сергеев Н.Е.; Стемпковский А.Л.; Сухинов А.И.; Тополов В.Ю.; Турулин И.И.; Угольницкий Г.А.; Усов А.Б.; Федосов В.П.; Целых А.Н.; Юханов Ю.В.

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 31.03. 2023 г. Формат 70×108 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.

Офсетная печать. Усл. печ. л. – 26,2. Уч.-изд. л. – 20,9.

Заказ № . Тираж 250 экз.

Адрес издателя: 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел. 8(863)243-41-66.

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. 8(863)243-41-66.

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

16+

Цена свободная

ISSN 1999-9429 (Print)

ISSN 2311-3103 (Online)

© Южный федеральный университет. 2023

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В.К. Абросимов, А.Н. Седов ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КОЛЛЕКТИВНОЙ МИССИИ МНОГОАГЕНТНОЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ ГРУППОЙ	6
П.П. Чернусь, П.П. Чернусь, А.А. Яковлев, Р.В. Сахабуднинов, А.С. Голосный СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА	19
И.А. Шипов, Е.В. Ветошкин ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСИРОВАННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО ОБЪЕКТА	31
В.В. Ланцов, К.В. Ланцов, А.В. Корякин, Л.А. Мартынова МЕТОД И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА ОТ МАЛОРАЗМЕРНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	41
Г.П. Виноградов ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ В СОЕДИНЕНИЯХ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ	53
С.М. Соколов СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТЕПЕНИ АВТОНОМНОСТИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	65
А.Ю. Баранник, Е.В. Павлов, А.В. Лагутина, В.И. Ершов ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К РОБОТОТЕХНИЧЕСКОМУ КОМПЛЕКСУ МНОГОРЕЖИМНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ	77
Е.Ю. Пушкарева, И.В. Пискулин МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ РТК ВН В РЕЖИМЕ АВТОНОМНОГО НАВЕДЕНИЯ	88
К.Ч. Бжхатлов, И.А. Пшенокова, А.У. Заммоев, Л.Б. Кокова АВТОНОМНЫЙ РОБОТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ РАСКОПОК	100

РАЗДЕЛ II. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Р. Гайдук, В.Х. Пшихопов, М.Ю. Медведев, В.Г. Гисцов, А.Э.А. Кабалап СИНТЕЗ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НЕАФФИННЫМИ ОБЪЕКТАМИ	110
А.А. Зеленский КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ РОССИИ	123
Л.А. Рыбак, А.А. Волошкин, К.В. Чуев, Д.И. Мальшев, В.М. Скитова МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ С ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ВИРТУАЛЬНЫХ 3D МОДЕЛЕЙ РЕАЛЬНОЙ МЕСТНОСТИ	134

С.Ю. Курочкин, А.А. Тачков, Е.И. Борисенков ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	146
С.А. Дубовик, А.А. Кабанов АСИМПТОТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ СУПЕРВИЗОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ.....	155
И.В. Бычков, А.В. Давыдов, М.Ю. Кензин, Н.В. Нагул, А.А. Толстихин ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЙ И УПРАВЛЕНИЕ ГРУППОЙ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОТЫ ИНФОРМАЦИИ	170
И.В. Образцов, В.П. Шкодырев ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ (ОБЗОР).....	184

РАЗДЕЛ III. СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ, ПРИВОДНАЯ И ДАТЧИКОВАЯ АППАРАТУРА

А.В. Васильев, И.В. Шардыко, В.М. Копылов МОДУЛЬНЫЙ ШАРНИР С ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ ДЛЯ МАНИПУЛЯТОРОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	198
Р.А. Жигалов, С.А. Матюнин, А.А. Иголкин БЕСКОНТАКТНЫЙ ФЕРРОЗОНДОВЫЙ ДАТЧИК ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ КЛАПАНА	215

РАЗДЕЛ IV. СВЯЗЬ, НАВИГАЦИЯ И НАВЕДЕНИЕ

Д.А. Юхимец, А.С. Губанков НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ ПО АКУСТИЧЕСКОМУ КАНАЛУ ОТ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ.....	227
В.А. Головской ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ КОГНИТИВНОЙ РАДИОСИСТЕМЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	241
П.А. Шаповалов, Ю.В. Михайлов, А.В. Фролов, Д.О. Савватеев МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ НЕСУЩИХ СИСТЕМ БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	252
А.М. Грузликов, В.Г. Караулов, Д.А. Мухин, Н.А. Шалаев РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ АЛГОРИТМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПО ДАННЫМ ОТ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ МАЯКОВ	265

РАЗДЕЛ V. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ

Н.А. Бочаров ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К УНИФИКАЦИИ БОРТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ	275
Н.В. Колесов, Е.В. Лукоянов, В.С. Тюльников, Р.Л. Крючков МАСШТАБИРУЕМАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В БОРТОВОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ АНПА	288

CONTENT

SECTION I. PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF ROBOTIC COMPLEXES

V.K. Abrosimov, A.N. Sedov EFFICIENCY OF THE COLLECTIVE MISSION BY A MULTIGENT HETEROGENEOUS GROUP	6
P.P. Chernus, P.P. Chernus, A.A. Yakovlev, R.V. Sakhabudinov, A.S. Golosiy SYNTHESIS OF A DIGITAL REGULATOR OF A HYDRAULIC SYSTEM FOR STABILIZING AN UNDERWATER OBJECT	20
L.A. Shipov, E.V. Vetoshkin HARDWARE-IN-THE-LOOP SIMULATION OF AN INTERCONNECTED INERTIAL NAVIGATION SYSTEM OF A GROUND OBJECT	32
V.V. Lantsov, K.V. Lantsov, A.V. Koryakin, L.A. Martynova THE METHOD AND MATHEMATICAL MODEL FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM FOR PROTECTING A MOVING OBJECT FROM A SMALL-SIZED ROBOTIC COMPLEX.....	41
G.P. Vinogradov KNOWLEDGE-BASED INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ARMED FORCES	54
S.M. Sokolov COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DEGREE OF ROBOTICS COMPLEX AUTONOMY	66
A.Yu. Barannik, E.V. Pavlov, A.V. Lagutina, V.I. Ershov SUBSTANTIATION OF TECHNICAL REQUIREMENTS FOR ROBOTIC COMPLEX OF MULTI-MODE FIRE EXTINGUISHING.....	77
E.Y. Pushkareva, I.V. Piskulin METHODOLOGY FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF THE TRACKING SYSTEM OF THE RTK VN MOTION CONTROL IN THE AUTONOMOUS GUIDANCE MODE	89
K.Ch. Bzhikhatlov, L.A. Pshenokova, A.U. Zammoev AUTONOMOUS ROBOT FOR MONITORING GROUND ARCHAEOLOGICAL SITES.....	100

SECTION II. CONTROL AND SIMULATION SYSTEMS

A.R. Gaiduk, V.Kh. Pshikhopov, M.Yu. Medvedev, V.G. Gistsov, A.E.A. Kalaban DESIGN OF HYBRID CONTROL SYSTEM FOR NONAFFINE OBJECTS.....	111
A.A. Zelensky THE CONCEPT OF BUILDING COMPETITIVE HIGH-SPEED CONTROL SYSTEMS FOR MACHINE TOOLS AND INDUSTRIAL ROBOTS UNDER THE TECHNOLOGICAL LIMITATIONS OF THE RUSSIA ELECTRONIC COMPONENT BASE	124
L.A. Rybak, A.A. Voloshkin, K.V. Chuev, D.I. Malyshev, V.M. Skitova METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF DESIGNING A SIMULATOR COMPLEX FOR TRAINING DRIVERS OF VEHICLES AND SPECIAL EQUIPMENT WITH AN INTEGRATED SYSTEM OF VIRTUAL 3D MODELS OF REAL TERRAIN.....	135
S.Yu. Kurochkin, A.A. Tachkov, E.I. Borisenkov PARAMETRIC SYNTHESIS OF A MULTI-ROBOT FORMATION CONTROLLER USING THE STATISTICAL SIMULATION MODELLING	147

S.A. Dubovik, A.A. Kabanov ASYMPTOTIC METHODS IN PROBLEMS OF SUPERVISORY CONTROL OF AUTONOMOUS UNDERWATER ROBOTS	155
I.V. Bychkov, A.V. Davydov, M.Yu. Kenzin, N.V. Nagul, A.A. Tolstikhin INTELLIGENT STRATEGY PLANNING AND CONTROL OF A GROUP OF MOBILE ROBOTS UNDER CONDITIONS OF INCOMPLETE INFORMATION.....	171
I.V. Obraztsov, V.P. Shkodyrev PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN INTELLIGENT SURVIVABILITY SYSTEM (REVIEW).....	185
SECTION III. ENERGY SYSTEMS, DRIVE AND SENSOR EQUIPMENT	
A.V. Vasiliev, I.V. Shardyko, V.M. Kopylov VARIABLE RIGIDITY MODULAR JOINT FOR MANIPULATORS OF ROBOTIC SYSTEM.....	199
R.A. Zhigalov, S.A. Matyunin, A.A. Igolkin NON-CONTACT FLUXGATE POSITION SENSOR FOR MONITORING THE STATE OF THE VALVE	215
SECTION IV. COMMUNICATION, NAVIGATION AND GUIDANCE	
D.A. Yukhimets, A.S. Gubankov NAVIGATION SYSTEM OF AN AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE BASED ON DATA TRANSMITTED VIA AN ACOUSTIC CHANNEL FROM A HYDROACOUSTIC STATION.....	227
V.A. Golovskoy THE FUNCTIONAL MODEL OF THE RESOURCE MANAGEMENT SUBSYSTEM OF THE COGNITIVE RADIO SYSTEM OF THE ROBOTIC COMPLEX	241
P.A. Shapovalov, Yu.V. Mikhaylov, A.V. Frolov, D.O. Savvateev METHODOLOGICAL BASES AND PRACTICAL ASPECTS OF OPTIMIZATION TASKS OF THE BEARING STRUCTURES OF THE STRAPDOWN INERTIAL NAVIGATION SYSTEMS.....	252
A.M. Gruzlikov, V.G. Karaulov, D.A. Mukhin, N.A. Shalaev RESULTS OF TESTING THE POSITIONING ALGORITHM AND DETERMINING THE ORIENTATION OF THE UNDERWATER VEHICLE BASED ON DATA FROM HYDRO-ACOUSTIC BEACONS.....	266
SECTION V. TECHNICAL VISION	
N.A. Bocharov STUDY OF APPROACHES TO THE UNIFICATION OF ON-BOARD COMPUTERS.....	275
N.V. Kolesov, E.V. Lukoyanov, V.S. Tyulnikov, R.L. Kryuchkov SCALABLE DATA PROCESSING IN AUV ONBOARD DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEM	288