



**РОССИЙСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА.  
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА  
В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИКИ,  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**РОССИЙСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА.  
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА  
В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИКИ,  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Тезисы докладов конференции  
(08-09 декабря 2016 г., Магнитогорск)

Сборник научных статей

Краснодар  
2017

УДК 004.8  
ББК 32.813  
Р 76

**Российская робототехника. Формирование профессионального сообщества в области развития робототехники, искусственного интеллекта: Тезисы докладов конференции.** 08-09 декабря 2016 г.: Сборник научных статей / Отв. ред. М.Ю. Санкин. [Электронный ресурс] – Электрон. текст. дан. (1 Mb) – Краснодар, 2017.

Режим доступа: <http://apriori-journal.ru/pic/russianrobotics.pdf>, свободный.

ISBN 978-5-905897-64-1 (online: pdf)

В данном издании представлены материалы, подготовленные участниками конференции «Российская робототехника. Формирование профессионального сообщества в области развития робототехники, искусственного интеллекта», состоявшейся 08-09 декабря 2016 года на базе научно-производственного объединения «Андроидная техника», г. Магнитогорск.

Тематика статей разнообразна и включает в себя широкий круг обсуждаемых в настоящее время вопросов. Конференция выступила уникальной интеллектуальной площадкой, которая объединила ведущих ученых и исследователей в сфере робототехники и мехатроники. Профессиональный обмен мнениями позволил авторам осветить многие актуальные вопросы современного развития робототехники: перспективы, тенденции в России, искусственный интеллект и гуманитарные технологии.

Сборник научных статей предназначен для студентов, аспирантов, преподавателей вузов, специалистов, а также читателей, интересующихся робототехникой.

ISBN 978-5-905897-64-1 (online: pdf)

© АО НПО «Андроидная техника», 2017  
© Коллектив авторов, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

**Алейников А.Ю., Афонин А.Н.**

Разработка алгоритма выполнения отдельных операций  
для робота укладчика облицовочного кирпича ..... 6

**Афонин А.Н., Ситникова М.А., Алейников А.Ю., Гладышев А.Р.**

Перспективный робот для обучения детей математике..... 10

**Богданов А.А., Кутлубаев И.М., Новосельцев Н.В.,**

**Сапрыкин О.А., Толстель О.В.**

Разработка систем робота для космического использования ..... 13

**Бровкова М.Б., Пчелинцева С.В., Храмов А.Е.**

Как подготовить специалистов по направлению  
«мехатроника и робототехника»? Из опыта саратовского  
государственного технического университета ..... 23

**Деваев В.М., Сиразетдинов Р.Т., Фадеев А.Ю.,**

**Файзрахманов М.Ф., Хисамутдинов Р.Э.**

Робототехнический комплекс для реабилитации кисти и пальцев ..... 28

**Дивин А.Г., Муромцев Д.Ю., Мищенко С.В.,**

**Громов Ю.Ю., Пономарев С.В.**

Система компьютерного зрения роботизированных  
комплексов для теплового контроля качества  
объектов растительного происхождения..... 33

**Захаров М.В.**

Практические методы полунаторного  
моделирования элементов мехатронных систем ..... 38

**Кошева Д.П., Ефремова И.О.**

Постановка проблемных ситуаций на занятиях  
по образовательной робототехнике ..... 43

**Матюнин С.А., Бабаев О.Г., Данилов А.В., Степанов М.В.**

Анализ возможностей реализации сенсоров  
тактильного усилия для антропоморфных роботов..... 47

<b>Петрова И.Э.</b>	
Робот оно в терапии аутистических расстройств .....	52
<b>Салмина В.А., Гафуров С.А., Соколовский А.В.</b>	
Технологии и разработки в области подводной робототехники самарского университета .....	56
<b>Сиразетдинов Р.Т., Деваев В.М., Кацевман Е.М., Камалов А.Р., Никитина Д.В.</b>	
Программное обеспечение для образовательной робототехники .....	61
<b>Ульянов С.В., Решетников А.Г.</b>	
Квантовые вычисления в интеллектуальном управлении.....	65

# РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫПОЛНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ РОБОТА УКЛАДЧИКА ОБЛИЦОВОЧНОГО КИРПИЧА \*

**Алейников Андрей Юрьевич**

старший преподаватель  
Белгородский государственный национальный исследовательский  
университет  
г. Белгород

**Афонин Андрей Николаевич**

ведущий научный сотрудник  
Белгородский государственный национальный исследовательский  
университет  
г. Белгород

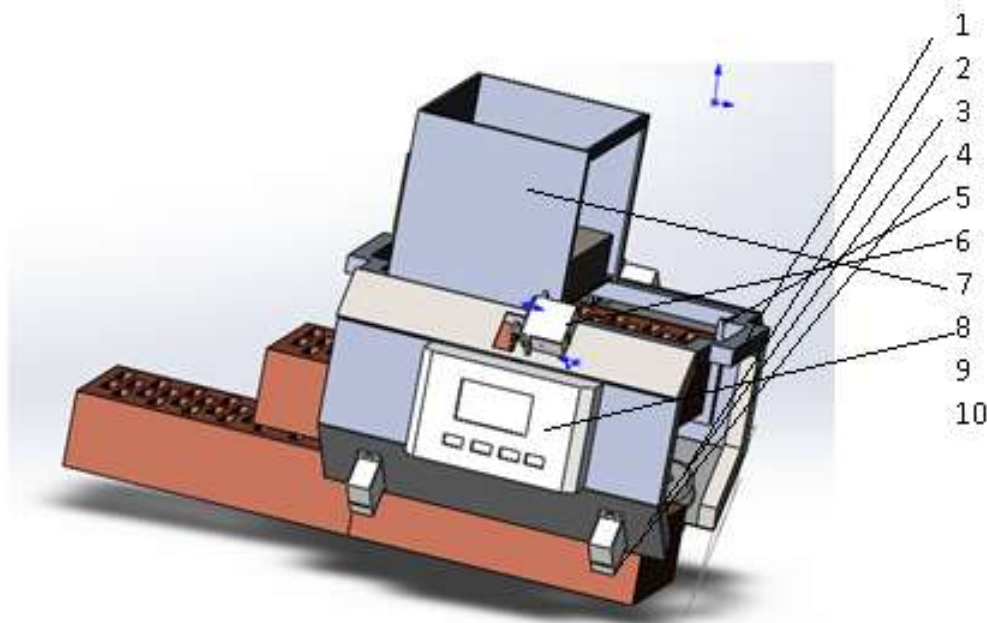
**Введение.** Строительное оборудование является одним из наиболее востребованных на российском рынке. Использование роботизированных систем для облицовки строений кирпичом является новым, но достаточно перспективным направлением в области строительства и ЖКХ. Преимуществами подхода являются сокращение трудозатрат, увеличение качества и скорости работ, сокращение издержек.

**Устройство и принцип действия.** Основой установки является рама 1, с закрепленным на ней механизмом перемещения системы вдоль уложенного кирпичного ряда, колесного типа 2 и панелями 3 (рис. 1).

Каждое из четырех колес приводится в движение отдельным сервоприводом 4. Для захвата и удерживания кирпича предназначена каретка 5 (2 штуки) с независимым управлением, которая одновременно выполняет функции рамки (прутка) для формования кладочного раствора. Детальная конструкция приведена на рисунке 2.

---

\* Работа выполнена в рамках проекта № 2014/420-723 (Разработка конструкции, технологии изготовления и программного обеспечения мобильного робототехнического устройства).



**Рис. 1. 3D модель конструкции робота**

**Алгоритм функционирования.** Функционирование робота-укладчика облицовочного кирпича состоит из трех стадий: стадия подготовки к работе; стадия укладки с периодической загрузкой раствора; стадия консервации и технического обслуживания. Кроме того, предусмотрены два режима работы: ручной и полуавтоматический.

Стадия подготовки к работе заключается в установке робота в исходное положение на предварительно уложенные два ряда облицовочного кирпича с последующей загрузкой кладочного раствора в бункер.

Стадия укладки облицовочного кирпича выполняется циклически и состоит из нескольких этапов:

- перемещение платформы к месту нахождения кирпича на паллете (обратный ход)
- захват кирпича с паллеты, находящейся у одного из углов посредством системы из двух кареток;
- перемещение платформы с кирпичом к месту укладки (прямой ход);
- нанесения продольного шва заданной толщины;
- нанесение поперечного шва заданной толщины;

- высвобождение кирпича;
- коррекция положения кирпича посредством системы вибротрамбовки.

Стадия консервации и технического обслуживания заключается в проведении операций по очистке конструкции робота от раствора, смазки шарнирных и иных подвижных механизмов и общая проверка технического состояния исполнительных узлов и датчиков.

За работу устройства отвечает микроконтроллерная система управления, которая в соответствии с программой обеспечивает выполнение всех необходимых операций в соответствии со стадиями функционирования.

В ручном режиме, управление всеми исполнительными узлами и функциями, в том числе, связанными с перемещением платформы, захватом кирпича, укладкой, коррекцией положения кирпича и прочее осуществляются посредством беспроводного пульта дистанционного управления.

В полуавтоматическом режиме, все операции, кроме установки кирпича на паллету и загрузки раствора в бункер осуществляются без участия человека.

Рассмотрим выполнение отдельных операций в полуавтоматическом режиме для стадии укладки.

При осуществлении прямого и обратного хода, посредством лазерного дальномера в горизонтальной плоскости контролируются расстояния соответственно до ранее уложенного кирпича и кирпича, подлежащего укладке, расположенного на паллете.

В первом случае, учет расстояния необходим для того, чтобы выполнить нанесение кладочного раствора только лишь под один кирпич, подлежащий укладке (с целью исключения высыхания раствора и следовательно для увеличения прочности кладки).



Таким образом, нанесение раствора начинает производиться лишь по достижении платформой расстояния до уже уложенного кирпича, равного сумме длины кирпича и поперечного шва.

Во втором случае, учет расстояния необходим для выполнения стыковки платформы с кирпичом, подлежащим укладке, когда установке, передвигаясь с постоянной скоростью необходимо выполнить остановку и расположить захватные каретки точно напротив кирпича, подлежащего укладке.

Изменение направления перемещения платформы по кирпичной кладке сопровождается также изменением положения лазерного дальномера посредством специализированного поворотного устройства.

Процесс захвата кирпича с паллеты выполняется при помощи системы кареток, управляемых двумя сервоприводами. Угол поворота каждого задается посредством широтно-модулированного сигнала. При этом предложенное решение позволяет не только осуществить захват кирпича с паллеты, но и в случае необходимости, предварительно выровнять его в горизонтальной плоскости посредством использования вертикальных элементов кареток, в данном случае располагаемых в области тела самого кирпича, и прикладывающих момент силы на него.

**Заключение.** Предложен алгоритм выполнения отдельных операций для робота укладчика облицовочного кирпича, для разрабатываемой конструкции. Он обладает невысокими требованиями к вычислительным ресурсам микроконтроллерного устройства управления. Предложенное решение по захвату кирпича позволяет исключить влияние в определенных пределах некорректного расположения на паллете. Предложенное решение по осуществлению прямого и обратного хода с учетом расстояний позволяет исключить потребность в дорогостоящих датчиках и следовательно уменьшить себестоимость изделия.

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РОБОТ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ДЕТЕЙ МАТЕМАТИКЕ**

**Афонин Андрей Николаевич**

ведущий научный сотрудник

Белгородский государственный национальный исследовательский  
университет  
г. Белгород

**Ситникова Мария Александровна**

доцент

Белгородский государственный национальный исследовательский  
университет  
г. Белгород

**Алейников Андрей Юрьевич**

старший преподаватель

Белгородский государственный национальный исследовательский  
университет  
г. Белгород

**Гладышев Андрей Романович**

магистрант

Белгородский государственный национальный исследовательский  
университет  
г. Белгород

Обучение детей различным предметам с использованием роботов является одним из перспективных направлений в педагогике [1, 2 и др.]. Игровое взаимодействие ребенка с роботом значительно повышает эффективность обучения. Известен успешный опыт обучения детей с помощью роботов различным предметам, в том числе математике [3 и др.]. Однако, данные опыты ограничивались применением сравнительно небольших по размерам роботов-игрушек, что снижало эффективность метода. Представляется перспективным использовать для обучения детей математике программно-аппаратный робототехнический комплекс на основе полноразмерного мобильного антропоморфного робота.

Преимуществом подобного робота является то, что он будет восприниматься ребенком как равноценный партнер-соперник, что усилит мотивацию ребенка к обучению. В частности подобный робот может быть использован для обучения детей математике с использованием числовой линии.

Программно-аппаратный робототехнический комплекс для преподавания математики будет иметь ряд особенностей по сравнению с известными роботами-ассистентами, связанными с высокой динамикой процесса обучения, особенностями взаимодействия робота с ребенком и т.д. Мобильный антропоморфный робот для обучения детей математике должен обладать следующими функциями:

- перемещаться в аудитории с различной скоростью, задаваемой преподавателем или выбираемой по программе. Максимальная скорость робота должна превышать 5,37 м/с (максимальная скорость бега детей 10-11 лет);
- останавливаться с точностью, задаваемой оператором или программой. Максимальная погрешность позиционирования не должна превышать 10 см;
- быть безопасным в обращении (избегать столкновения с людьми и другими предметами);
- иметь интерфейс взаимодействия с ребенком, возможность выражения определенных «эмоций»;
- иметь привлекательный дизайн, вызывающий у ребенка интерес к соревнованию с роботом;
- иметь техническую возможность расширения функций, дистанционное обновление программного обеспечения;
- иметь возможность как ручного дистанционного управления оператором по Wi-Fi, Bluetooth или аналогичному беспроводному интерфейсу, так и автономной работы.

Для повышения маневренности робот может быть оснащен омниколесами [4].

Применение данного робота позволит повысить эффективность преподавания математики детям младшего школьного возраста.

### **Литература**

1. Mubin O., Stevens C.J., Shahid S., Al Mahmud A. and Jian-Jie Dong. A review of the applicability of robots in education // *Technology for Education and Learning*. 2013.
2. Беляева И.Г. Сферы применения робототехники: педагогика и математика // *Современное технологическое обучение: от компьютера к роботу*. Сб. тр. V Всерос. конф. СПб., 2015.
3. Highfield K. Robotic Toys as a Catalyst for Mathematical Problem Solving // *Australian Primary Mathematics Classroom*. 2010. V. 15. № 2. P. 22-27
4. Афонин А.Н., Алейников А.Ю., Бондарева Е.Н. Упрощенный расчет кинематики движения мобильного робота с тремя омниколесами // *Научные ведомости БелГУ*. 2014. № 19 (190). Вып. 36. С. 180-184.

# **РАЗРАБОТКА СИСТЕМ РОБОТА ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ\***

**Богданов Алексей Анатольевич**  
АО «НПО «Андроидная техника»  
г. Москва

**Кутлубаев Ильдар Мухаметович**  
доктор технических наук, профессор  
Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.Н. Носова  
г. Магнитогорск

**Новосельцев Николай Владимирович**  
Балтийский федеральный университет им. И. Канта  
г. Калининград

**Сапрыкин Олег Алексеевич**  
кандидат технических наук  
ФГУП "Центральный научно-исследовательский институт  
машиностроения  
г. Королёв

**Толстель Олег Владимирович**  
кандидат технических наук  
Балтийский федеральный университет им. И. Канта  
г. Калининград

## **Введение**

Использование роботов для манипуляционных операций на космических объектах позволит расширить перечень таких операций и диапазон использования этих объектов. Для этих целей разрабатываются и изготавливаются системы робота антропоморфного типа (РАТ). В настоящий момент разработаны требования к конструктивным и техническим

---

\* Данная работа выполняется за счёт средств субсидии федерального бюджета по теме «Разработка основных функциональных и мехатронных систем роботов для космического и напланетного использования», уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57815X0141.

характеристикам системы терморегулирования РАТ, разработана структурно-функциональная схема системы управления РАТ, разработаны требования к конструктивным и техническим характеристикам манипуляционной системы РАТ, проводятся расчёты тепловых режимов в различных условиях его функционирования в открытом космосе, разрабатывается программа и методика тепловакуумных испытаний.

### **Объект исследования**

Внешний вид (3-D модель) макета РАТ частично представлена ниже, на Рис. 1.



**Рис. 1. 3-D модель макета РАТ**

По результатам разработанной конструкторской документации, манипуляционная система РАТ обеспечивает пространственное положение, ориентацию и позиционирование захвата в зоне обслуживания, совпадающее с присущими человеку. Масса манипуляционной системы не превышает 80 кг, размеры при максимальной группировке звеньев составляют не более 350 x 610 x 1170 мм. Поперечные размеры звеньев

манипуляторов не превышают 150 мм x 150 мм. Также манипуляционная система РАТ отвечает следующим требованиям:

- количество степеней свободы на каждый манипулятор без учёта степеней подвижности захватов – не менее 6;
- скорость приводных узлов – до 30 град./с;
- грузоподъемность – не менее 5 кг;
- точность позиционирования рабочего органа манипулятора – не менее 10 мм.
- количество структурных групп захвата – не менее 5.
- количество звеньев в структурной группе – не менее 3.
- количество степеней подвижности структурной группы – не менее 3.
- время сжатия кистевого захвата – не более 4 с.

Скорость углового перемещения по степеням свободы:

- корпус-плечо (плечевой сустав) – не менее 0,5 рад/с.
- плечо-предплечье (локтевой сустав) – не менее 0,6 рад/с.
- предплечье-кисть (запястный сустав) – не менее 0,4 рад/с.

Момент, развиваемый по степеням свободы:

- Корпус-плечо (плечевой сустав) – не менее 50 Н·м.
- Плечо-предплечье (локтевой сустав) – не менее 40 Н·м.
- Предплечье-кисть (запястный сустав) – не менее 5 Н·м.

Суммарное усилие, развиваемое кистевым захватом – не менее 100 Н.

Параметры манипулятора:

Длины звеньев

- Плечо                    294 мм
- Предплечье        224 мм
- Кисть                    64 мм

Углы поворота по степеням свободы:

- Качание плеча 1 [0°, 90°] (Качание в профильной плоскости)

- Качание плеча 2  $[-10^\circ, 110^\circ]$  (Качание во фронтальной плоскости)
- Ротация плеча 3  $[-45^\circ, 45^\circ]$
- Сгиб локтя  $[0^\circ, 130^\circ]$
- Ротация предплечья  $[-60^\circ, 60^\circ]$
- Качание кисти 1  $[-30^\circ, 30^\circ]$
- Качание кисти 2  $[-15^\circ, 15^\circ]$

Система управления РАТ обеспечивает управление манипуляционной системой РАТ. В качестве рабочего диапазона движений оператора в вертикальной плоскости принят сектор  $140^\circ$ , в горизонтальной –  $120^\circ$ , максимальный радиус зоны обслуживания составляет 690 мм.

В структуру системы управления РАТ входят:

- Устройство регистрации управляющих сигналов – устройство копирующего типа (УКТ) с энкодерами, фиксирующими углы поворота в каждой кинематической паре (для регистрации движений кисти необходимо использовать акселерометр и гироскоп для получения трех углов поворота запястного сочленения);
- Устройство преобразования управляющих сигналов – ПК оператора, к которому подключено УКТ;
- Устройство формирования и выдачи управляющих воздействий – совокупность системной платы, плат моторных драйверов и других необходимых устройств;
- Система видеорегистрации рабочей зоны робота;
- Комплекс визуального представления оператору рабочей зоны робота;
- Система передачи информации РАТ – оператор (оператор – РАТ).

Структурно-функциональная схема системы управления макета РАТ включает: системную плату, плату электропитания, платы моторных драйверов, плату управления хватным устройством, датчики системы обратной связи, систему видеовизуализации (видеокамеру) и обеспечи-



вадет управление в копирующем режиме движениями звеньев манипулятора и захвата. При этом:

- Время запаздывания сигнала управления и данных обратной связи – не более 100 мс.
- Пропускная способность канала связи (на расстояниях не более 35 м) – не менее 10000 Кбит/с;
- Количество потерянных пакетов при передаче данных (на расстояниях не более 35 м) – не более 12 %.
- Максимальная величина рассогласования углов поворота кинематических пар манипуляционной системы РАТ и движений, выполняемых оператором в УКТ – не более 4,5°.

Для задания угловых скоростей и угловых ускорений для звеньев манипулятора используется непрерывное дифференцирование с фильтрацией. Операция дифференцирования выполняется с фильтрацией первого порядка по передаточной функции.

Основные компоненты системы управления РАТ (печатные платы с электронными компонентами) разрабатываются для работы в условиях присутствия ионизирующих излучений с суммарной поглощенной дозой не менее 100 крэд и высокоэнергетичных частиц космического пространства (для энергий не выше 1МэВ). Используются алгоритмы с защитой от сбоев, вызванных ионизирующим излучением и высокоэнергетичными частицами космического пространства.

Для обеспечения теплового режима при работе РАТ в условиях открытого космоса создаётся система терморегулирования РАТ, основывающаяся на тепловыделениях двигателей манипулятора, дополнительных нагревателях, термодатчиках, радиационных поверхностях с заданными значениями степени черноты и коэффициента поглощения солнечного излучения. Часть поверхности РАТ укрывается ЭВТИ. Проводятся расчёты тепловых режимов, разрабатывается программа тепловакуумных испытаний.

## Программа тепловакуумных испытаний

Тепловакуумные испытания проводятся в термобарокамере (ТБК).

Используются:

- система вакуумной откачки ВУ;
- криогенная система ТБК;
- имитаторы тепловых потоков (ИТП);
- система измерения температурных параметров;
- система управления мощностью ИТП и нагревательных элементов.

**Стендовые системы ТБК обеспечивают следующие внешние условия воздействия на объект испытаний:**

- давление в камере – не более  $1 \times 10^{-4}$  мм рт.ст.;
- температура внутренних криогенных экранов камеры – минус  $(170 \pm 10)$  °С;
- степень черноты криогенных экранов камеры – не менее 0,9 при 20°С;
- коэффициент поглощения солнечного излучения экранами камеры – не менее 0,9;
- погрешность измерения потребляемых мощностей электрообогревателей СТР не более  $\pm 2$  %;
- погрешность измерения потребляемых мощностей панелей ИТП не более  $\pm 5$  %;

Режимы испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Режим испытаний	Задачи, решаемые при проведении режима	Характерные условия проведения режима
Режим 1 «Переохлаждение 1»	Получение значений температуры при имитации минимальных уровней внешних тепловых нагрузок и первого уровня мощности нагревателей СТР макета (30 Вт). Манипулятор ОИ находится	Давление в камере не более $1 \times 10^{-4}$ мм рт. ст. Температура криогенных экранов – минус $(170 \pm 10)$ °С. Температура опорной подставки – минус 20°С.

Режим испытаний	Задачи, решаемые при проведении режима	Характерные условия проведения режима
	в состоянии «покоя».	Внешний тепловой поток отсутствует. Продолжительность режима – до достижения стационарного теплового состояния ( $<1^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ ). Ориентировочная продолжительность – 6 ч.
Режим 2 «Переохлаждение 2»	Получение значений температуры при имитации минимальных уровней внешних тепловых нагрузок и второго уровня мощности нагревателей СТР макета (20 Вт). Манипулятор ОИ в состоянии «покоя».	Условия проведения режима 1
Режим 3 «Переохлаждение 3»	Получение значений температуры при имитации минимальных уровней внешних тепловых нагрузок и третьего уровня мощности нагревателей СТР макета (10 Вт). Манипулятор ОИ в состоянии «покоя».	Условия проведения режима 1
Режим 4 «Перегрев 4»	Получение значений температуры при имитации максимальных уровней внешних тепловых нагрузок. Манипулятор ОИ в состоянии «покоя».	Давление в камере не более $1 \times 10^{-4}$ мм рт. ст. Температура криогенных экранов – минус $(170 \pm 10)^{\circ}\text{C}$ . Температура опорной подставки $-50^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность режима – до достижения стационарного теплового состояния ( $<1^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ )
Режим 5 «Перегрев 5»	Получение значений температуры при имитации максимальных уровней внешних тепловых нагрузок. Совершение манипулятором ОИ типовых движений по режиму 1 (внутренние тепловые нагрузки).	Условия проведения режима 4 Способ управления манипулятором ОИ – в автоматическом (или ручном) режиме от КПА ОИ (режим работы 1).

Режим испытаний	Задачи, решаемые при проведении режима	Характерные условия проведения режима
Режим 6 «Перегрев 6»	Получение значений температуры при имитации максимальных уровней внешних тепловых нагрузок. Совершение манипулятором ОИ типовых движений по режиму 2 (внутренние тепловые нагрузки).	Условия проведения режима 4 Способ управления манипулятором ОИ – в автоматическом (или ручном) режиме от КПА ОИ (режим работы 2).
Режим 7 «Перегрев 7»	Получение значений температуры при имитации максимальных уровней внешних тепловых нагрузок. Совершение манипулятором ОИ типовых движений по режиму 1 (внутренние тепловые нагрузки).	Давление в камере не более $1 \times 10^{-4}$ мм рт. ст. Температура криогенных экранов $-(21 \pm 5)$ °С (состояние экранов после отогрева). Температура опорной подставки – 50°С. Способ управления манипулятором – в автоматическом (или ручном) режиме от КПА ОИ (режим работы 1)

### Программа функциональных наземных испытаний

Создаваемые системы макета РАТ будут использованы для моделирования и отработки типовых полетных операций на борту космической станции (КС) или автоматического спутника (АКА), приведённых ниже в Таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Полетная операция	Объект	Инструмент, с которым работает АРТС	Задачи, особые требования
1.	Соединение (подключение) и рассоединение (отключение) внекорабельного разъёма на кабеле	Внешняя поверхность модуля КС (АКА), ТЭ транспортно-манипулятора	ВнеКД- разъём, гребенка.	Работа с кабелями на внешней поверхности КС (АКА)

№ п/п	Полетная операция	Объект	Инструмент, с которым работает АРТС	Задачи, особые требования
	КС (АКА) с использованием двух захватов манипуляторов одновременно			
2.	Прокладка кабеля на внешней поверхности КС (АКА) по трассе при наличии поручней и скоб.	Внешняя поверхность модуля КС (АКА), ТЭ транспортно-го манипулятора	Катушка с кабелем, карабины для крепления кабеля, гребёнки на концах кабеля.	Работа с кабелями на внешней поверхности КС (АКА)
3.	Закрепление и снятие полезного груза с помощью карабина	Внешняя поверхность модуля КС (АКА)	Карабин	Работа с полезным грузом на внешней поверхности КС (АКА)
4.	Закрепление и снятие полезного груза с использованием магнитного замка	Внешняя поверхность модуля КС (АКА)	Магнитный замок	Работа с полезным грузом на внешней поверхности КС (АКА)
5.	Нажатие кнопки на пульте	Пульт обеспечения выхода «Выход 2»		Работа с пультами, предназначенными для человека.
6.	Открывание и закрытие люка для ВнеКД	Люки ВнеКД	Люки, ключи, крышки	Работа с люками внекорабельной деятельности
7.	Извлечение и укладка ручного инструмента для ВнеКД из сумки (в сумку)	Сумка с инструментом ВнеКД	Ручной инструмент космонавта (гаечный ключ, молоток, кусачки, дрель)	Работа с инструментом космонавтов
8.	Монтаж винтовой пары при наличии жесткой опоры у РАТ.	Винтовая пара винт-гайка	Гаечный ключ	Работа с инструментом космонавтов

## **Заключение**

Реализация предложенных исследований позволит ответить на два основных вопроса относительно перспектив создания на современном этапе антропоморфного робота для использования в космических миссиях:

1. Возможность функционирования в условиях открытого космоса многоприводной робототехнической системы с заявленными характеристиками (с учётом факторов вакуума и теплового нагружения);
2. Возможность замены человека при внекорабельной деятельности для выполнения ряда типовых операций.

В настоящее время идёт подготовка термовакуумных испытаний РАТ. Их результаты ожидаются в ноябре текущего года.

# **КАК ПОДГОТОВИТЬ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА»? ИЗ ОПЫТА САРАТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Бровкова Марина Борисовна**

доктор технических наук, доцент  
Саратовский государственный технический университет  
им. Ю.А. Гагарина  
г. Саратов

**Пчелинцева Светлана Вячеславовна**

кандидат технических наук, доцент  
Саратовский государственный технический университет  
им. Ю.А. Гагарина  
г. Саратов

**Храмов Александр Евгеньевич**

доктор физико-математических наук, профессор  
Саратовский государственный технический университет  
им. Ю.А. Гагарина  
г. Саратов

В последние годы СГТУ имени Гагарина Ю.А. уделяет особое внимание подготовке высококвалифицированных кадров по направлению подготовки «Мехатроника и робототехника» для широкого спектра предприятий. Обучение и подготовка специалистов осуществляется на базе создаваемых учебно-научных университетских площадках и в образовательных инновационных центрах с обширным арсеналом передового высокотехнологичного оборудования. Внедряются новые образовательные технологии, ориентированные на целенаправленную подготовку специалистов для предприятий ОПК. Разрабатываются механизмы привлечения студенческого сообщества и активных членов студенческих конструкторских бюро (СКБ) в научно-техническую деятельность различных производственных структур. Результатом подобных инициатив является создание на базе СГТУ имени Гагарина Ю.А. в апреле 2015 г.

Студенческого конструкторского бюро «Робототехника и интеллектуальные системы».

Кроме этого, одним из эффективных механизмов является организация совместных работ на базе предприятий группами, включающими сотрудников предприятий и привлекаемых заинтересованных студентов старших курсов. Это позволяет еще на этапе обучения студентов в ВУЗе знакомиться со существующими технологиями, особенностями производства на конкретных инновационных площадках, выполнять выпускные квалификационные работы в рамках тематик научно-производственной деятельности предприятий. Такое взаимовыгодное взаимодействие позволяет студентам ВУЗа сделать целенаправленный выбор профессии и определиться с областью своих интересов в рамках деятельности того или иного предприятия. Примером такого взаимодействия является созданный в ноябре 2015 года Корпоративный центр компетенций СГТУ имени Гагарина Ю.А. и ОАО «Конструкторское бюро промышленной автоматики. Активная работа с предприятиями региона ведется на базе организованных филиалов кафедр СГТУ имени Гагарина Ю.А. на высокотехнологичных производственных предприятиях региона. СГТУ им. Гагарина Ю.А. участвовал и выиграл в конкурсе «Новые кадры для ОПК», цель которого – повышение эффективности механизмов целевой подготовки специалистов для предприятий ОПК. Для чего разработаны адаптированные учебные планы образовательных программ под нужды конкретных предприятий ОПК.

Совместно с предприятиями региона проводится регулярный мониторинг проблемы подготовки инженерных кадров. Анализируются вопросы трудоустройства выпускников. Совместно с предприятиями сформированы рабочие группы (в рамках Совета по инженерному образованию при СГТУ) для рассмотрения вопросов эффективной подготовки студентов инженерных направлений. С рядом предприятий разработаны годо-



вые планы совместной работы в области научных исследований и образования, а также в сфере производства.

При подготовке специалистов по направлению «Мехатроника и робототехника» акцент делается на проектирование интеллектуально-управляющих систем, создание которых оправдано, учитывая состояние робототехники в нашем регионе и весьма востребовано, так как создание различного рода интеллектуальных систем – экспертных систем, систем мониторинга, диагностики, прогнозирования, распознавания, управления в разных сферах, особенно в медицине, военно-промышленном комплексе, производстве, на сегодняшний день также продолжает оставаться актуальным.

В частности, перспективно направление, связанное с созданием интерфейсов мозг-компьютер, которое весьма востребовано в нейропротезировании, позволяющем восстанавливать утраченные функции человека. Создание экзоскелетов и систем управления ими востребовано не только в медицине, но и в военно-промышленном комплексе. В университете в этой направлении ведется широкая научная деятельность, поддерживаемая грантами РФФИ, РНФ, к которой привлекаются студенты на всех ступенях обучения (бакалавры, магистры) и аспиранты.

Одним из актуальных направлений является интеллектуальное управление сложной системой или группой объектов – мобильных роботов, разработка методов и алгоритмов. Создание подобных систем востребованы при решении ряда задач оборонного производства. К слову, решение задач групповой робототехники, объединяющей подходы к координации систем многих роботов, составляет ряд целей соревнований спортивной робототехники. Студенты активно привлечены и участвуют в подобных соревнованиях, фестивалях, проводимых на различных уровнях (региональных, всероссийских международных), а СГТУ им. Гагарина Ю.А. является региональным представителем, на площадке которого проводятся соревнования в Поволжье. Активное участие студентов мо-

тивироваться имеющимися победами и призовыми местами в фестивалях по робототехнике Всероссийского уровня (Робофест и др.) и опытом участия в Международных соревнованиях (ABU Robocon).

Для повышения качества подготовки специалистов в ВУЗах в СГТУ им. Гагарина Ю.А. развивается непрерывная подготовка «школа-ВУЗ-предприятие». Эта подготовка основана на ранней профориентации школьников за счет участия в соревновательной и проектной деятельности по робототехнике и вовлечения предприятий в этот процесс. Примером подобного взаимодействия является активная работа с учащимися в рамках функционирования школы юных робототехников, проведение различного рода фестивалей и научных мероприятий в школах региона. В связи с этим, с целью повышения престижа инженерных профессий и поддержки талантливой молодежи, на базе СГТУ имени Гагарина Ю.А. традиционно проводятся мероприятия по направлению «Робототехника» (за 2016 г. проведены фестивали роботов «Робофест-Саратов», ИКаР. WRO, первые Международные соревнования «Промышленная автоматизация и робототехника»)

Университет имеет широкие связи с ведущими вузами России, осуществляя сотрудничество на различных этапах обучения и в разнообразных формах, обеспечивая, таким образом, получение глубоких знаний и практических навыков, обмениваясь опытом и идеями в предметной области направления подготовки. В СГТУ имени Гагарина создан и работает филиал НИИ Механики МГУ имени М.В. Ломоносова, в рамках которого ежегодно проводятся летние школы для студентов 2-3 курсов, практикуется регулярное проведение веб-лекций сотрудниками НИИ Механики и руководство выпускными квалификационными работами, выполнение совместных проектов по разработке по созданию робототехнических систем и интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами.

Периодически организуются практики и обучение студентов на базе Российских научных центров, например, проведение практики студентов на базе Центрального научно-исследовательского института робототехники и технической кибернетики, сотрудники которого имеющего колоссальный опыт создания и управления сложными объектами для задач оборонной промышленности, космоса и др.

Поддержка студентов на различных этапах обучения обуславливает наличие благотворной и творческой среды, способствующей заинтересованному обучению. В университете поощряется как инженерная/практическая, так и научная составляющие в освоении направления подготовки «Мехатроника и робототехника».

Специалисты по робототехнике и мехатронике традиционно осваивают большой перечень дисциплин, являясь в последствии специалистами широкого профиля. Особенностью учебного плана является то, что большое внимание уделено освоению фундаментальных дисциплин естественно-научного блока, дисциплин, связанных с созданием интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами, блоку дисциплин, предполагающих освоение программирования и современных IT-технологий.

Как правило, решая нетривиальные задачи, к которым относятся задачи управления робототехническими комплексами и мехатронными устройствами, выпускники становятся высококвалифицированными специалистами, обладая возможностью трудоустроится на различных предприятиях Поволжского региона и и др. регионов России, занимающихся созданием интеллектуальных систем управления подвижными объектами, обеспечивая себе тем самым конкурентное преимущество на рынке труда.

## **РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ КИСТИ И ПАЛЬЦЕВ**

**Деваев Вячеслав Михайлович**

кандидат технических наук

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

**Сиразетдинов Рифкат Талгатович**

доктор технических наук

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

**Фадеев Андрей Юрьевич**

младший научный сотрудник

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

**Файзрахманов Марат Навилевич**

лаборант-исследователь

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

**Хисамутдинов Рамиль Эйлерович**

лаборант-исследователь

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

Целью проекта является разработка роботизированных комплексов реабилитации двигательной активности путем совместного использования различных видов стимуляции, оснащенных средствами телемедицины. В отличие от известных решений [1]-[6] в проекте рассматривается комплекс, обеспечивающий функции автономного интеллектуального управления через биоинтерфейсы и телемедицинские возможности для удаленного управления процессами реабилитации. В проекте разрабатывается электромеханический модуль для восстановления моторики

пальце в и кистей рук. Полученные результаты и методики в дальнейшем будут использованы

Комплекс обеспечит:

- сгибание и разгибание кистевых суставов с фиксацией в любом положении, сгибание и разгибание суставов пальцев с учетом физических возможностей больных путем анализа состояния (за счет обратной связи) и дозировки прилагаемых усилий. Реализуются три режима: активный - пальцы сгибает тренажер, полуактивный - пальцы пытается сгибать больной насколько сможет, далее помогает тренажер, пассивный - на тренажере устанавливается режим сопротивления сгибанию, учитывая физическую возможность больного и больной сгибает пальцы самостоятельно;
- сгибание и разгибание суставов с фиксацией в любом положении,
- контроль восстановления двигательной активности и болевых ощущений,
- стимуляцию тренируемых мышц сигналами заданной формы и амплитуды одновременно с механической стимуляцией,
- дистанционное управление и протоколирование процессов реабилитации через сеть Internet для последующего анализа и формирования типовых и индивидуальных программ реабилитации,
- интеллектуальное управление комплексом в режиме реального времени с корректировкой режимов стимуляции по физиологическим параметрам пациента.

Результатами проекта будут прототипы аппаратно-программных комплексов реабилитации пациентов с нарушениями двигательной активности, на базе которых могут быть апробированы различные методы восстановления. Разрабатываемые устройства должны быть доступны пациентам в стационарных и домашних условиях, используемые в них средства телемедицины позволят повысить эффективность реабилитации за счет контроля процедур квалифицированным медицинским пер-

соналом независимо от его удаления от больных. Интеллектуальное управление комплексом обеспечит автономное управление реабилитационными процедурами, что уменьшит отвлечение квалифицированного персонала на выполнение рутинных процедур.

Комплекс должен иметь конструктивное исполнение, габариты и вес, обеспечивающее его применение как внутри клиники, так и за ее пределами при произвольном положении пациента (стоя, сидя, лежа).

Подсистема механической реабилитации должна обеспечивать механическую стимуляцию движений в суставах кисти и пальцев путем их сгибания и разгибания в режимах, повторяющих естественные движения человека с нормальными функциями движения. Для обеспечения фиксации кисти в крайних положениях конструкция привода должна обеспечить самоторможение приводов в этих положениях без дополнительных затрат энергии.

Комплекс должен обеспечивать стимуляцию мышц путем подачи импульсов через накожные электроды. Форма, временные параметры, амплитуда должны формироваться программно.

В состав комплекса входят:

- подсистема регистрации миографических сигналов не менее, чем в 4-х точках через накожные электроды;
- подсистема миостимуляции через накожные электроды;
- подсистема контроля болевых ощущений для предупреждения о достижении болевого порога при механической стимуляции, например прибор кожно-гальванической реакции;
- подсистема для контроля психологического состояния пациента во время выполнения процедур, например с помощью электроэнцефалографа;
- электромеханические приводы с аккумуляторным питанием напряжением не более 12 вольт и преобразователи напряжения;

- микроконтроллер для автономного управления комплексом по заданным программам, регистрации физиологических параметров пациента и параметров работы комплекса;
- блок коммутации и клиентское приложение пациента для дистанционного ввода программ стимуляции, передачи телеметрии на удаленный или локальный сервер;
- клиентское приложение врача для управления программами реабилитации;
- сервер комплекса предназначен для сбора, хранения, обработки, обеспечения удаленного доступа медицинского персонала к информации.

После установки комплекса на предплечье пациент включает его с помощью органов управления (кнопки, сенсоры и т.п.). После включения комплекс проводит самотестирование и с помощью светодиодных индикаторов сообщает о результате. Выбор программы реабилитации производится пациентом в соответствии с программой реабилитации.

Программы реабилитации хранятся в энергонезависимой памяти комплекса и синхронизируются с программами реабилитации, хранящимися на сервере.

Программы реабилитации формируются врачом-реабилитологом с помощью клиентского приложения врача.

Хранящиеся на клиентском блоке данные о физиологических параметрах пациента и состоянии аппаратной части передаются на сервер в очередном сеансе связи.

Выход комплекса в Интернет для изменения состава программ и (или) передачи результатов тренировки инициируется пациентом и программным обеспечением комплекса по расписанию.

В настоящее время изготовлен и протестирован прототип электро-механического блока комплекса для пальцев и кисти руки, разработана концепция и архитектура, проектируется программное обеспечение.

## Литература

1. Методы биомехатроники тренажёра руки человека / А.К. Платонов [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2012. № 82. 40 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2012-82>
2. Патент RU 137474 от 20.02.2014, Тренажер для пальцев рук.
3. Патент RU 120002 от 20.12.2011, Психофизиологический комплекс для реабилитации мелкой моторики кисти.
4. Патент RU 147759 U1 от 11.06.2014, Тренажер для восстановления подвижности пальцев рук.
5. Патент RU 133727 U1 от 27.10.2013, Аппарат на кисть (тренажер).
6. RU 164002 U1 от 20.08.2016 Тренажер рук для инсультбольных.



**СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ  
КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ  
РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

**Дивин Александр Георгиевич**

доктор технических наук, доцент  
Тамбовский государственный технический университет  
г. Тамбов

**Муромцев Дмитрий Юрьевич**

доктор технических наук, профессор  
Тамбовский государственный технический университет  
г. Тамбов

**Мищенко Сергей Владимирович**

доктор технических наук, профессор  
Тамбовский государственный технический университет  
г. Тамбов

**Громов Юрий Юрьевич**

доктор технических наук, профессор, действительный член АИН РФ,  
РАЕН  
Тамбовский государственный технический университет  
г. Тамбов

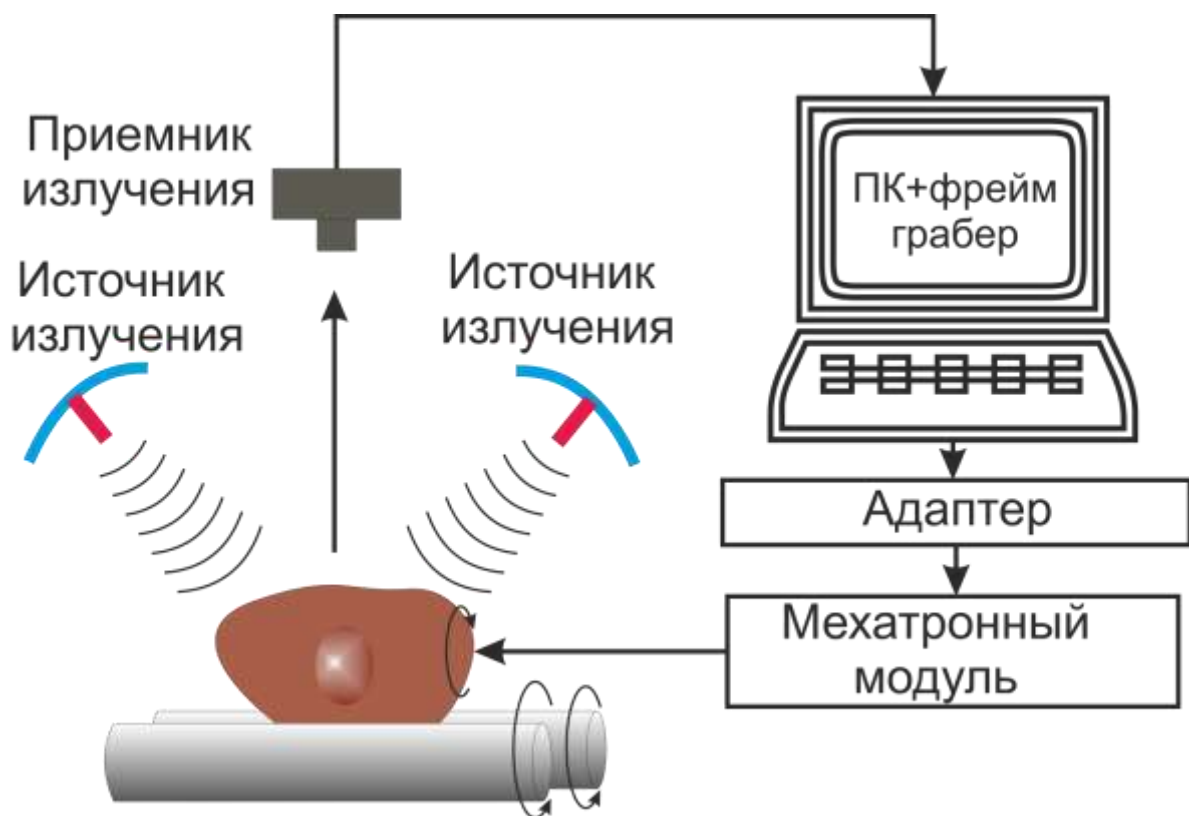
**Пономарев Сергей Васильевич**

доктор технических наук, профессор  
Тамбовский государственный технический университет  
г. Тамбов

Повышение требований к качеству и безопасности продуктов питания повлекло за собой разработку как в России, так за рубежом, быстрых и надежных систем оценки пищевых продуктов. Компьютерное зрение, как неразрушающий контроль качества в течение последнего десятилетия активно применяется при сортировке различных объектов растительного происхождения, в первую очередь овощей и фруктов, а

также семян зерновых культур. Это связано с тем, что по сравнению с другими методами контроля компьютерное зрение имеет такие преимущества, как более высокая скорость, простота в использовании и минимальная пробоподготовка [1]. Системы компьютерного зрения позволяют быстро и надежно, выявлять дефекты и оценивать такие свойства, как цвет, форма, размер, дефекты поверхности и загрязнения различных пищевых продуктов.

Компьютерная система технического зрения является неотъемлемой частью роботизированного сортировочного комплекса и обычно состоит из пяти частей (рис. 1): источников света, приемников излучения (камеры), персонального компьютера (ПК) с устройством захвата изображений (фрейм граббер) и программного обеспечения.



**Рис. 1. Функциональная схема системы технического зрения**

К системе освещения объектов контроля предъявляются очень серьезные требования. Она должна быть хорошо продумана, чтобы обеспечить высокое качество изображения и уменьшить время последующей обработки изображения. В зависимости от метода контроля могут использоваться ультрафиолетовые лампы (люминесцентный контроль), лампы видимого диапазона электромагнитного излучения (оптический контроль), инфракрасные лампы (тепловой контроль). Среди перечисленных методов наиболее разработанным в настоящее время является оптический контроль объектов в диапазоне видимого электромагнитного излучения. В тоже время для контроля качества овощей и фруктов весьма интересными являются люминесцентный и тепловой методы диагностирования [1].

Люминесценция, возникающая при облучении картофеля, огурцов, бобов, белой и красной капусты ультрафиолетовым излучением позволяет выявить начало гниения на такой ранней стадии, когда оно неуловимо другими методами. Особенно ценно, что люминесцентный метод дает возможность выявить начальные стадии заболевания, когда они еще не видны при обычном свете.

Тепловой контроль основан на регистрации температурных полей диагностируемых объектов. Эксперименты показали, что дефекты овощей, имеющих перед началом контроля однородную температуру, как правило, равную температуре окружающей среды, являются трудно распознаваемыми, поскольку они не создают «полезных» температурных сигналов. Чтобы получить уверенно обнаруживаемый температурный контраст между дефектной и бездефектной зонами объекта контроля, необходимо тепловое воздействие определенной мощности и длительности. При этом, в процессе нестационарного теплообмена возникает разность температур на поверхности объекта с дефектами, вызванная его неоднородностью структуры, и как следствие, неодинаковыми теплофизическими характеристиками. Эта разность температур

является тем самым информативным параметром, по которому судят о наличии не только поверхностного, но и подповерхностного дефекта.

С другой, стороны, молекулы некоторых веществ, способны трансформировать поступающую в них энергию в энергию инфракрасного излучения на определенных длинах волн. Сравнение спектра источника излучения и спектра, полученного от объекта, позволяет определить наличие этих веществ, а также их концентрацию. Данный метод неразрушающего контроля носит название инфракрасной спектроскопии. Как правило, он охватывает ближний диапазон инфракрасного излучения (750 нм – 2,5 мкм) и активно используется некоторыми производителями (например, голландской компанией Aweta) для определения внутреннего качества фруктов, овощей, а также семян зерновых культур (фотосепараторы ООО «Воронежсельмаш»).

Системы компьютерного зрения позволяют эффективно анализировать изображения объектов контроля в инфракрасном диапазоне и обнаруживать дефекты.

Основные этапы обработки изображения включают: получение изображений; предварительную обработку; сегментацию; описание; распознавание; интерпретацию. Эти этапы формируют всю процедуру анализа изображений, и результаты на каждом из них будут оказывать влияние на последующие действия.

Первый этап имеет, пожалуй, самое большое значение для повышения точности и гарантии качества контроля в целом, поскольку уменьшение шума, снижение зеркального отражения, и, самое главное, оптимальные режимные параметры процесса контроля в основном определяют эффективность диагностирования. Для определения режимных параметров (мощности, длительности теплового импульса, интервал времени получения изображения после импульса тепла) процессов теплового воздействия на объекты контроля необходимо провести численное моделирование нестационарного процесса теплопередачи. В

нашем случае приоритет отдается численным методам, так как аналитически заданные температурные поля (даже одномерные) неоднородных объектов, как правило, чрезвычайно сложны и основаны на допущениях и упрощениях, которые приводят к существенным методическим погрешностям. В качестве параметров таких моделей служат теплофизические характеристики дефектных и бездефектных зон объектов контроля, определение которых осуществлялось при помощи средств измерения, разработанных авторами при выполнении государственного задания № 539 (базовая часть).

### **Литература**

1. Дивин А.Г. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: в 5 ч.: учебное пособие. Ч. 3: Средства измерения температуры, оптических и радиационных величин / А.Г. Дивин, С.В. Пономарев. Тамбов: ФГБОУ ВПО ТГТУ, 2013. 116 с.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУНАТОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ**

**Захаров Максим Владимирович**  
кандидат технических наук, доцент  
Северный (Арктический) федеральный университет  
им. М. В. Ломоносова  
г. Архангельск

Использование методов полунатурного моделирования приводит к сокращению длительности и стоимости цикла проектирования и уменьшения риска вывода объекта из строя. Разработчикам не нужно тратить материалы и трудовые ресурсы на изготовление опытных образцов для тестирования изделий. С полунатурной моделью объекта можно проводить существенно более жесткие испытания, чем с реальным объектом, например, подавать на входы системы управления сигналы большей амплитуды или с большей скоростью изменения, чем это допустимо при работе с реальным объектом. Проверка спроектированного изделия в сложных условиях, которые трудно или даже невозможно воспроизвести в процессе испытаний с реальным объектом, повышает гарантии корректной работы системы даже в нестандартных ситуациях.

Существует несколько причин, по которым для полунатурного моделирования удобно использовать программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС):

- 1) Истинный параллелизм выполнения операций, что очень важно при моделировании сложных устройств.
- 2) Высокий детерминизм. Есть возможность программно указать нужную нам скорость выполнения операции (порядка десятков наносекунд), и ПЛИС выполнит её ровно за указанное время, чего нельзя достичь, используя для моделирования персональный компьютер с ОС Windows.

- 3) Высокая надёжность. Код, выполняемый на ПЛИС, обладает высокой надёжностью, потому что логика компилируется в аппаратно реализуемое устройство.
- 4) Перепрограммируемость ПЛИС. Чтобы откорректировать математическую модель объекта, нужно просто внести изменения в программу для ПЛИС и заново её откомпилировать. Таким образом появляется возможность с наименьшими затратами получить работоспособную модель системы.

Общий принцип полунатурного моделирования на ПЛИС следующий – разрабатывается (или берется готовая) математическая модель устройства, затем она реализуется в виде программы (точнее – схемы работы) для ПЛИС. При необходимости к ПЛИС подсоединяют внешние схемы (например, для усиления сформированных сигналов). ПЛИС подключается к компьютеру, для которого разрабатывается приложение, визуализирующее работу математической модели на ПЛИС. Для упрощения работы разумно использовать какое-либо устройство (или отладочную плату), имеющую в своем составе ПЛИС, интерфейс с компьютером и какую-либо среду разработки. Очень хорошо подходят для этих целей контроллеры sbRIO или PXI со средой программирования LabVIEW.

Нами были разработаны полунатурные модели двигателя постоянного тока и цилиндрического асинхронного линейного двигателя. Такие двигатели применяются в некоторых мехатронных системах. В частности, асинхронный линейный двигатель может применяться в системах позиционирования некоторых промышленных станков.

Ниже приведен пример полунатурной модели двигателя постоянного тока в очень упрощенном виде (модель линейного асинхронного двигателя больше и сложнее).

Электрическая часть модели бесколлекторного двигателя постоянного тока описывается системой уравнений в системе координат, связанной с ротором:

$$\frac{di_d}{dt} = \frac{1}{L}u_d - \frac{R}{L}i_d + p\omega i_q,$$

$$\frac{di_q}{dt} = \frac{1}{L}u_q - \frac{R}{L}i_q + p\omega i_d - \frac{\Phi p\omega}{L},$$

$$T_e = 1,5p\Phi i_q$$

Механическая часть модели описывается уравнениями:

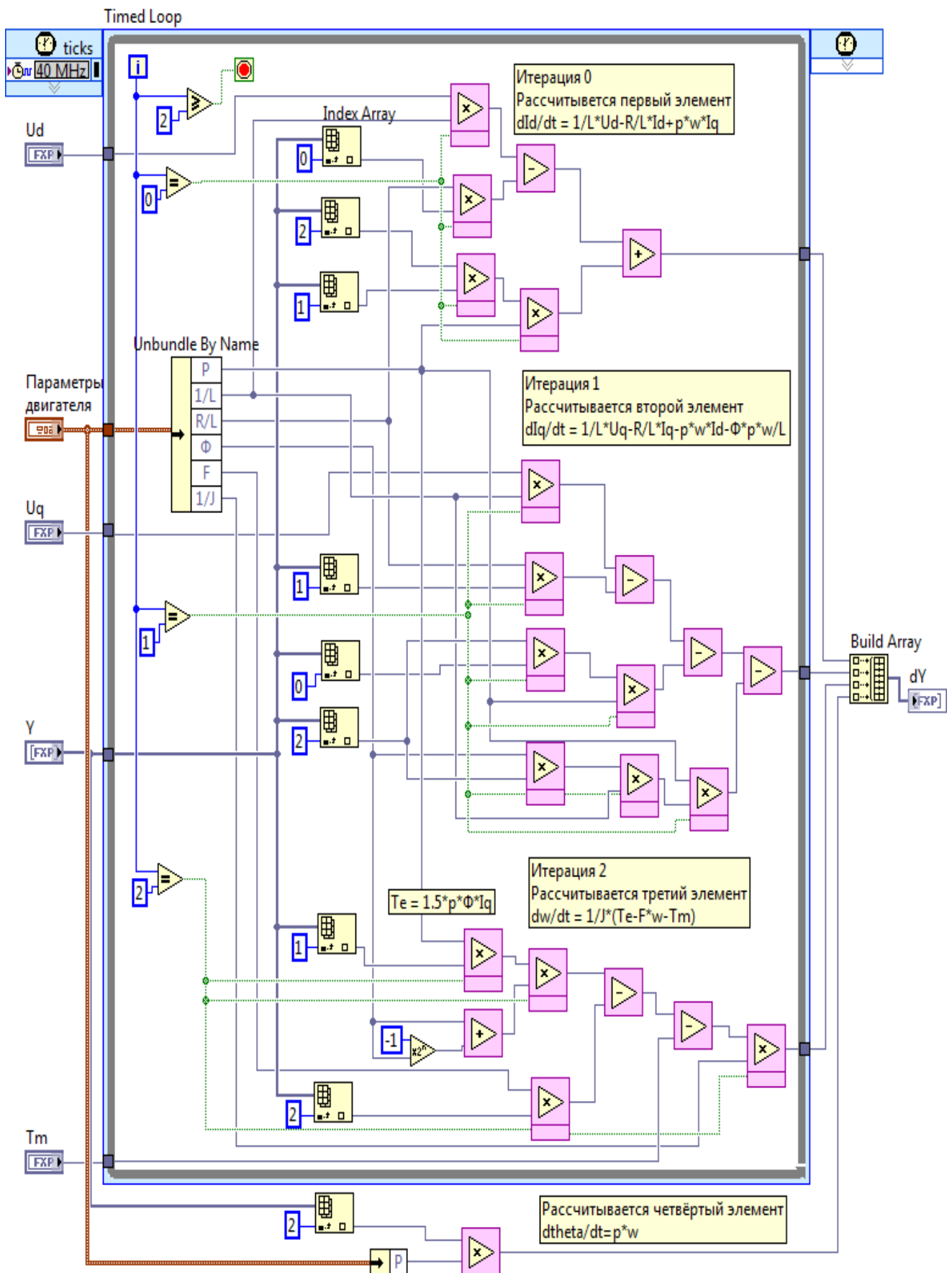
$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} \cdot (T_e - F\omega - T_m),$$

$$\frac{d\theta}{dt} = p\omega$$

На рис. 1 представлена основная часть программы для ПЛИС, реализующая математическую модель двигателя постоянного тока. Программа разработана в среде LabVIEW с модулем FPGA.

Технологии полунатурного моделирования в настоящее время получают всё большее распространение. Их популярность обусловлена высокой скоростью развития электроники и жёстких требований к длительности разработки новых устройств. Применение таких технологий позволяет избежать множества сложностей и существенно повысить эффективность процесса разработки, а использование при этом ПЛИС обеспечивает высокую точность моделирования.





**Рис. 1. Математическая модель двигателя постоянного тока на ПЛИС**

## Литература

1. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМКПресс, 2007. 288 с.
2. Krishnan R. Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives. NY: CRC Press Taylor & Francis Group, 2010. 564 p.
3. NI sbRIO-960x/962x/963x OEM Instructions & Specifications. Austin, Texas: National Instruments, 2012. 60 p.
4. Шайкин А.С. Применение комплекса полунатурного моделирования в процессе проектирования информационно-измерительных и управляющих систем / А.С. Шайкин, Е.В. Шайкина // Инженерный вестник Дона. 2014. № 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2248>

## **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ**

**Кошева Дина Петровна**

кандидат педагогических наук, доцент  
Алтайский государственный педагогический университет  
г. Барнаул

**Ефремова Ирина Олеговна**

студент  
Алтайский государственный педагогический университет  
г. Барнаул

Формирование активной мыслительной деятельности человека определяется проблемной ситуацией, которое в свою очередь определяется как «активная познавательная деятельность субъекта, необходимая для его полноценной ориентации в окружающем природном и социальном мире» [3].

Определение проблемного поля перед учащимся является подготовкой к адаптации в современном постоянно изменяющемся мире. Под проблемной ситуацией будем понимать: «содержащее противоречие и не имеющее однозначного решения соотношение обстоятельств и условий, в которых разворачивается деятельность индивида или группы» [4].

Широко известно применение данного подхода в обучении на уроках школьных предметов, которое позволяет погружать школьника в мир предметной области. В нашей работе рассмотрим, как можно интегрировать проблемный метод в обучении образовательной робототехнике.

Под образовательной робототехникой понимается «цикл мероприятий в средней школе или образовательных учреждениях дополнительного образования, в котором программирование и конструирование объединяясь, позволяют формировать навыки технического творчества, мотивируют школьников на изучение точных наук и обеспечивают их раннюю профессиональную ориентацию» [2].

Решение задач робототехники учащимися школ сводится к изучению возможностей специальных конструкторов таких как: Lego WeDo, Lego Mindstorms EV3, Fishertechnik, Scratchboard, Arduino, SmartCar, E-lab «Энергия, работа, мощность», «Пневматика», «Технология и физика» и др. Авторы работы «Применение программируемых устройств с робототехническими функциями в учебном процессе» отмечают, что «использование развивающей образовательной среды при решении сюжетных задач – это эффективное средство успешной профориентации и социализации детей и подростков» [2].

В России одним из распространенных образовательных конструкторов для учащихся средней школы является Lego Mindstorms. Впервые компания Lego представила его в 1998 году (версия Lego RCX). С годами конструктор претерпевал изменения, совершенствовался, были выпущены версии набора: Mindstorms NXT 1.0 (2006 г.), Mindstorms NXT 2.0 (2008 г.), Mindstorms Education EV3 (2013 г.) [1]. Последняя версия имеет наиболее наглядное программное обеспечение для учащихся, поэтому мы будем использовать именно этот набор для работы с детьми. Он включает программируемый контроллер (микрокомпьютер), перезаряжаемую батарею, набор датчиков, электромоторы, набор строительных элементов Lego Technic, колеса и инструкции по сборке. Рекомендованный возраст пользователей – от 10 лет. Lego Mindstorms EV3 можно назвать орудием в руках ребенка для овладения образовательной робототехникой.

Для достижения поставленной задачи важно рассмотреть систему формирования понятий в области робототехники. Подбор специальных задач по робототехнике, направленных на создание проблемных ситуаций, развитие таких мыслительных операций как: синтез, анализ и абстрагирование, подготовит учащихся к решению более сложных задач.

Примером такой задачи может быть следующая: составить программу, которая позволяет щелчком «первого» датчика касания осу-

щественно движение или остановку платформы, щелчком «второго» датчика касания осуществлять запуск или остановку вращения балерины (\*). Данная задача предлагается учащимся после задачи, направленной на ознакомление с функциями датчика касания, его возможностями и реализации работы с ним в специальном программном обеспечении.

Таким образом, в процессе решения задачи (\*) учащийся сталкивается с тремя проблемными ситуациями:

1. Составление словесной формы записи алгоритма (противоречие состоит в том, что поскольку при одной и той же операции (щелчок) должны происходить разные действия, то для решения учащемуся недостаточно только применить полученные ранее знания, но и необходимо модернизировать их для применения в новой ситуации).
2. Реализация данного алгоритма в специальном программном обеспечении (для решения поставленной задачи необходимо использовать счетчик, возникает противоречие между потребностью использования переменных и недостаточностью знаний. Ученик осваивает работу с блоками переменных.).
3. Реализация двух «подпрограмм» в одной программе (потребность объединения двух программ в одну приводит учащегося к определению «многозадачность»).

Итак, организуя решение всего лишь одной поставленной перед учащимися задачи, возникают несколько проблемных ситуаций, направленных на овладение новыми знаниями, и применение ранее освоенного материала в новой ситуации, что способствует развитию мышления учеников.

## Литература

1. LEGO [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.lego.com/ru>
2. Ваграменко Я.А. Применение программируемых устройств с робототехническими функциями в учебном процессе / Я.А. Ваграменко, О.А. Шестопалова, Г.Ю. Яламов // Педагогическая информатика. 2015. № 2. С. 16-28.
3. Петухов В.В. Психология мышления: учебно-методическое пособие / В.В. Петухов. М.: Изд-во московского университета, 1987. 89 с.
4. Сиденко А.С. Проблемная ситуация, противоречие и проблема педагогического эксперимента / А.С. Сиденко, В.С. Хмелева // Эксперимент и инновации в школе. 2008. № 3. С. 1-10.

# **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ СЕНСОРОВ ТАКТИЛЬНОГО УСИЛИЯ ДЛЯ АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОВ\***

**Матюнин Сергей Александрович**  
ведущий научный сотрудник, профессор  
Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С.П. Королева  
г. Самара

**Бабаев Орхан Гаджибаба оглы**  
младший научный сотрудник НИЛ-53, аспирант  
Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С.П. Королева  
г. Самара

**Данилов Анатолий Викторович**  
старший научный сотрудник НИЛ-53, кандидат технических наук  
Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С.П. Королева  
г. Самара

**Степанов Максим Викторович**  
старший научный сотрудник НИЛ-53, кандидат технических наук  
Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С.П. Королева  
г. Самара

В настоящее время в технологически развитых странах ведутся интенсивные научные исследования в области разработки новых типов волоконно-оптических датчиков (ВОД). Приоритет отдается различным типам ВОД, конкурентоспособность которых определяется, прежде всего, нечувствительностью к электромагнитным наводкам, ионизирующему излучению, принципиально взрывобезопасным исполнением чувствительных элементов (ЧЭ) датчиков и канала передачи данных, как не со-

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки. Уникальный идентификатор: ПНИЭР RFMEF157816X0209.

держащих элементов электропитания, возможностью работы от криогенных (минус 200 °С) до высоких температур (+400 °С) [1 -5]. При этом особый интерес представляют бесконтактные ВОД с закрытым оптическим каналом, как принципиально "безэлектрические" и не подверженные загрязнению оптического канала [4].

Анализ ТЗ на разработку волоконно-оптических датчиков тактильного усилия (ВОД-ТУ) захватов робота позволил сформулировать основные технические требования к ним:

- контролируемое усилие не менее, кГс 0...1,0
- основная погрешность не хуже, % 0,5
- размеры пятна контакта чувствительной части пальца не менее, мм 3x3
- разрешающая способность выходного сигнала электронного трансивера не менее, бит 10

Особые требования к ВОД-ТУ накладывают особенности их эксплуатации (климатические, механические, радиационные факторы, вибрационные нагрузки). Эти условия существенно различаются для роботизированных платформ наземного, воздушного и космического применений [6].

Особенность условий эксплуатации аппаратуры роботизированных платформ наземного применения связана с вибрационными воздействиями, воздействиями пыли, влаги, обледенения. Диапазон рабочих температур уже, чем для роботизированных платформ воздушного и космического применения. Основные условия эксплуатации:

- относительная влажность воздуха до 100 %;
- абсолютная влажность воздуха не более 19 г/м<sup>3</sup>;
- давление воздуха от 150 мм рт.ст. до 770 мм рт.ст.;
- изменения температуры окружающей среды от минус 40 до плюс 125 °С;
- ВОД-ТУ должны нормально функционировать в условиях обледе-



нения, выпадения инея и росы, на внешних и внутренних поверхностях;

- вибрация от 2 до 200 Гц со спектральной плотность мощности виброускорений до  $1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-4} \cdot \text{Гц}^{-1}$ .

Особенность условий эксплуатации аппаратуры роботизированных платформ воздушного применения связана с вибрационными воздействиями, воздействиями влаги, обледенения. Диапазон рабочих температур шире, чем для роботизированных платформ наземного применения. Основные условия эксплуатации:

- относительная влажность воздуха до 100 %;
- абсолютная влажность воздуха не более  $19 \text{ г/м}^3$ ;
- при транспортировании воздушным транспортом давление воздуха в грузовой кабине самолета – не менее 150 мм рт.ст.;
- изменения температуры окружающей среды от минус 60 до плюс 80 °С;
- ВОД-ТУ должны нормально функционировать в условиях обледенения, выпадения инея и росы, на внешних и внутренних поверхностях;
- вибрация от 10 до 320 Гц со спектральной плотность мощности виброускорений до  $11,8 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-4} \cdot \text{Гц}^{-1}$ .

Особенность условий эксплуатации аппаратуры роботизированных платформ космического применения связана с вибрационными воздействиями (в основном на этапе вывода на орбиту), отсутствие воздействиями влаги и обледенения. Диапазон рабочих температур шире, чем для роботизированных платформ наземного и воздушного применения. Возможны сильные дозы ионизирующего излучения. Основные условия эксплуатации:

- доза ионизирующего излучения при прохождении естественных и искусственных радиационных поясов Земли в течении 5 лет функционирования космического аппарата на геостационарной син-

хронной орбите:  $5\sigma 5 \cdot 10^4 - 2\sigma 6 \cdot 10^5$  рад (эквивалентно интегральному потоку электронов  $5 \cdot 10^{14} \text{см}^{-2}$   $E=1\text{МэВ}$ );

- относительная влажность воздуха (при перевозке наземным / воздушным транспортом) до 100 %;
- абсолютная влажность воздуха (при перевозке наземным / воздушным транспортом) не более  $19 \text{г/м}^3$ ;
- давление воздуха в приборном отсеке от  $133 \cdot 10^{-5}$  до  $202 \cdot 10^3$  Па (от  $1 \cdot 10^{-5}$  до 1520 мм рт.ст.);
- изменения температуры окружающей среды от минус 100 до плюс 100 °С;
- ВОД-ТУ должны нормально функционировать в условиях невесомости.

Проведенный анализ литературы существующих ВОД-ТУ (спектральные на решетках Брэгга, волоконно-оптические инклинометры, магнитострикционные на решетках Брэгга, волоконно-оптические спектральные интерферометрические датчики, датчик на основе внешнего интерферометра Фабри-Перро и микроинтерферометра Физо, амплитудные ВОД-ТУ деформации, микро- и макроизгибов, поляризационные на эффекте Фарадея и др.), позволил выявить перечень потенциально пригодных для реализации датчиков тактильного усилия. А сравнение результатов отбора методом экспертных оценок, позволило выявить наиболее подходящие варианты ВОД-ТУ для роботизированных платформ наземного, воздушного и космического базирований:

- ВОД-ТУ на магнитооптическом эффекте (два варианта) – 1, 2 места;
- ВОД-ТУ на основе изгибных потерь в оптическом волокне – 3 место;
- ВОД-ТУ отражательного типа – 4 место.

При ранжировании вариантов ВОД-ТУ учитывались такие параметры, как: диапазон перемещений, разрешающая способность, коэффици-

ент использования площади ЧЭ, равномерность чувствительности по площади, чувствительность к загрязнению, радиации, вибрации. Причем, ранги вариантов для различных условий эксплуатации практически совпали.

### Литература

1. Буймистряк Г.Я. Информационно-измерительная техника и технология на основе волоконно-оптических датчиков и систем / Г.Я. Буймистряк. СПб.: ГРОЦ Минатома, 2005. 191 с.
2. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден. М.: Техносфера, 2005. 592 с.
3. Удд Э. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / Э. Удд. М.: Техносфера, 2008. 520 с.
4. Matyunin. Fiber-optical sensors based on monocrystal films of garnet ferrites for mechatronic systems Procedia Engineering 106, Reference: PROENG17365, DOI information: 10.1016 /j.proeng. 2015.06.025. 2015. P. 202-209.
5. Гармаш В.Б., Егоров Ф.А., Коломиец Л.Н. и др. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении // Спецвыпуск «Фотон-экспресс» – Наука. 2005.№ 6. С. 128-140
6. ГОСТ РВ 20.39.304-98. ОТТ к приборам военного назначения.

## **РОБОТ ОНО В ТЕРАПИИ АУТИСТИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ**

**Петрова Ирина Эдуардовна**

кандидат социологических наук, доцент

Национальный исследовательский Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского  
г. Нижний Новгород

Внедрение социальных (помогающих) роботов в терапию расстройств аутистического спектра для России представляется новым явлением. Как правило, предложение провести курс занятий с роботом для детей с РАС в социальных учреждениях зачастую встречают скептически, утверждая, что нет ни одного эффективного средства помощи таким детям и их семьям. В современной российской науке практически не встречаются публикации, освещающие применение робототехники для терапии аутизма, даже в качестве адаптации зарубежного опыта работы.

В странах Европы, Азии и Америки роботы внедрены во многие методики работы с аутичными детьми, в играх, стимулировании желаемого поведения, для привлечения внимания и придания нового смысла ситуации взаимодействия с терапевтом [1; 2]. Социально интерактивные, помогающие роботы используются для общения, выражения и эмоций, поддержания социальных отношений [3; 4].

В 2014 году в ННГУ привлеченными специалистами из университета Гента, Бельгия, проведен 2х-дневный мастер-класс по сборке и отладке робота Оно [5]. В течение 2015 и 2016 годов сотрудниками и студентами ННГУ были проведены наблюдения различных видов взаимодействия здоровых детей с роботом Оно, а также детей с расстройствами аутистического спектра с роботом.

Целью представления робота Оно здоровым детям было отработать распознавание и воспроизведение эмоций детьми на себе, возмож-

ность ребенка управлять эмоциями робота с помощью удаленных устройств, а также модели взаимодействия детей с РАС, робота и терапевта для более эффективного выхода к целевой аудитории.

В сотрудничестве с кружком робототехники в НКО «Забота» г. Нижнего Новгорода была проведена встреча с детьми от 5 до 9 лет, постоянно посещающими занятия. Дети встретили робота Оно с интересом, отметили, что он привлекает внимание благодаря желтой окраске, очень ярким движущимся деталям, а также необычному виду. Ребятам были представлены возможности движения частей робота, схема эмоций Рассела [5], и возможность управлять движением блоков робота для изображения этих эмоций, а также возможность воспроизведения звуков с помощью звукового блока робота. Возможность управления эмоциями с личных устройств встречена с интересом, но основной трудностью остается распознавание эмоций робота с целью воспроизведения их на себе.

Функционал робота признан узконаправленным на детей с расстройствами социализационного и коммуникационного плана, у детей есть желание продолжить разработку модели эксперимента с участием робота Оно, а также развития на его платформе следующих модификаций.

На базе социальных учреждений г. Нижнего Новгорода и области были проведены эксперименты, в которых приняли участие дети с расстройствами аутистического спектра: 40 детей, в основном мальчиков разного возраста от 6 до 18 лет. В экспериментах также приняли участие сотрудники учреждений, преподаватели и студенты ННГУ.

Целью экспериментов и краткосрочных занятий было выяснить реакцию детей с расстройствами аутистического спектра в работе это, а также устранить элементы играют с роботом и понять природу детских эмоций.

Было решено, что в ходе экспериментов детей будут просить показать эмоции, которые отражают выражения «лица» робота: радость, гнев, удивление, печаль и так далее. Перед тем, как начать эксперимент, сотрудники организации получили инструкции, как можно работать с роботом Оно, проявили большой интерес к его изучению, выяснили его происхождение и функции. Студенты проводили обучение с работниками организаций в течение 20 минут, показали как управлять эмоциями робота. Затем сотрудники выразили опасения, что внимание детей с расстройствами аутистического спектра очень трудно привлечь, сомнение в эффективности эксперимента, но в то же время они сами были заинтересованы в том, что именно дети будут показывать в ответ на эмоции на «лице» робота.

В целом следует отметить, что дети готовы идти на контакт с Оно. По итогам эксперимента можно сделать вывод, что дети с расстройствами аутистического спектра положительно реагируют на робота, а именно выражают радость при виде робота, пытаются найти контакт с ним, касаясь его, а в некоторых случаях даже говоря с роботом. В ходе эксперимента выяснилось, что взаимодействие с роботом Оно больше подходит для детей с расстройствами аутистического спектра дошкольного и школьного возраста, чем для взрослых с таким же диагнозом.

Социальные учреждения Нижегородской области готовы к внедрению робота Оно в работе не только детей в РАС, но и для детей семей условной «группы риска» для восполнения спектра положительных эмоций, которые они не могут восполнить в своей семье.

Нижегородский государственный университет предполагает в дальнейшем представить коррекционные краткосрочные программы для работы с детьми с аутистическими расстройствами, а также развивать социальные программы с участием роботов, созданных с применением других платформ.

## Литература

1. Wong C., Odom S.L., Hume K., Cox A.W., Fettig A., Kucharczyk S., Brock M.E., Plavnick J.B., Fleury V.P., Schultz T.R. Evidence-Based Practices for Children, Youth, and Young Adults with Autism Spectrum Disorder, URL: <http://autismpdc.fpg.unc.edu/sites/autismpdc.fpg.unc.edu/files/2014-EBP-Report.pdf>
2. Cabibihan J.-J., Javed H., Ang M., Aljunied S.M. Why Robots? A Survey on the Roles and Benefits of Social Robots for the Therapy of Children with Autism // International Journal of Social Robotics. 2013. 5 (4). P. 593-618. DOI 10.1007/s12369-013-0202-2.
3. Feil-Seifer D., Mataric M. Robot assisted therapy for children with Autism Spectrum Disorders. URL: <http://robotics.usc.edu/publications/mediuploads/pubs/588.pdf>
4. Costa S. Robots as Tools to Help Children with ASD to Identify Emotions. 2014. Autism 4: e120. DOI:10.4172/2165-7890.1000e120.
5. Vandeveld C., Saldien J., Ciocci M.-C., Vanderborght B. The Use of Social Robot Ono in Robot Assisted Therapy // International Conference on Social Robotics. 2013. URL: <http://www.industrialdesigncenter.be/ono>

## **ТЕХНОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ПОДВОДНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Салмина Вера Александровна**  
лаборант-исследователь НИИ-201  
Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С.П. Королёва  
г. Самара

**Гафуров Салимжан Азатович**  
кандидат технических наук  
Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С.П. Королёва  
г. Самара

**Соколовский Андрей Владимирович**  
инженер НИИ-201  
Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С.П. Королёва  
г. Самара

Существующие современные транспортные и информационно-измерительные технологии и средства не соответствуют в полной мере потребностям морской отрасли и не обеспечивают ее устойчивое развитие. Как указано в Морской доктрине Российской Федерации (утв. Президентом Российской Федерации в 2015 г.) и в «Основах государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (утв. указом Президентом РФ от 30 апреля 2012 г.)» морской отрасли в целом и ее отдельным сегментам необходимо создание новых инновационных автономных роботов, обладающих высокой автономностью работы, высоким запасом хода, малым весом, конструктивной простотой, высокой манёвренностью и малым шумом работы и, способных решать задачи как под водой, так и на ее поверхности. Поэтому проекты Самарского университета нацелены на создание тиражируемых конкурентоспособных автономных и телеуправляемых подводных роботов,



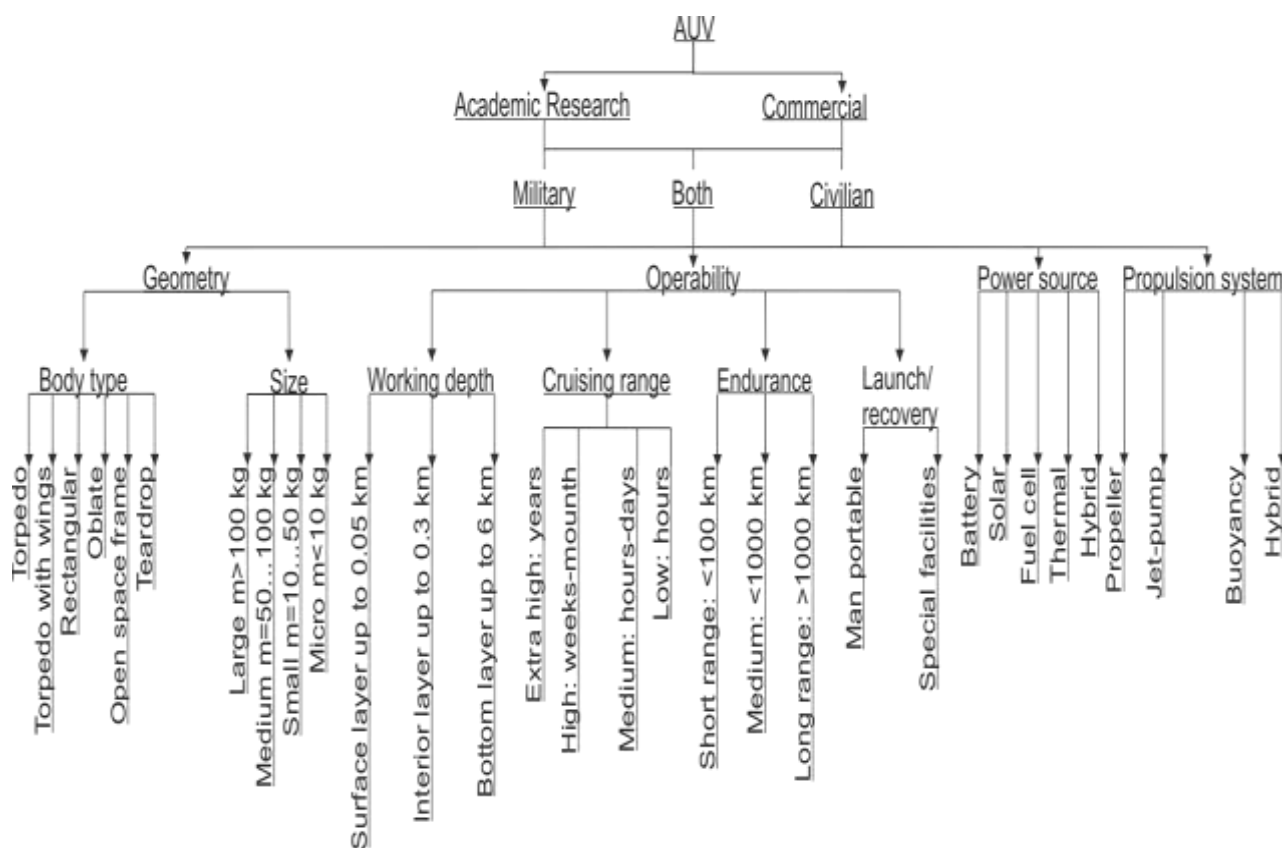
необходимых для осуществления эффективного мониторинга Мирового океана, а также эффективной эксплуатации морской инфраструктуры. Ключевым барьером для развития таких решений является высокая стоимость проектирования и создания опытных образцов, что препятствует их быстрому появлению на рынке. В соответствии с этим, нами разрабатываются теоретико-экспериментальные методы создания и испытания энергоэффективных, малошумных и многофункциональных подводных роботов с использованием новых прогрессивных материалов.

Задачи, на решение которых нацелены данные проекты, достаточно обширны и относятся к следующим областям исследования: нефтегазовая отрасль – сейсмические исследования, предсказание погоды, обнаружение утечек с подводных нефте- и газопроводов и т.д.; коммерческие и государственные компании – оценка запасов рыбы, осмотр и инспекция трубопроводов и объектов, и охрана окружающей среды и т.д.; научные исследования – раннее предупреждение о цунами, океанология, изучение поведения рыб.

Разработанная нами классификация существующих подводных роботов приведена на рисунке 1.

Все подводные аппараты делятся на две большие группы – обитаемые и необитаемые. Необитаемые, в свою очередь, на автономные и телеуправляемые. В Самарском университете разрабатывается проект телеуправляемого подводного робота *MariLine* (рисунок 2а). Его отличие от остальных телеуправляемых аппаратов заключается в замене классической системы управления на интеллектуальную САУ, которая работает параллельно с пользовательским режимом и при необходимости включать автопилот. Функции САУ: удерживание аппарата в конкретной точке (режим ожидания или задание оператора); выбор оптимального режима работа в соответствии с влиянием внешней среды (Режимы работы для акваторий типа «Река», «Озеро», «Бассейн»); за-

щита от повреждений при попадании посторонних предметов как в область крепления винтов, так и в рабочую область аппарата; система возврата аппарата на исходную точку и система повторного прохождения маршрута.



**Рис. 1. Классификация подводных автономных необитаемых аппаратов**

Волновые глайдеры, передвигающиеся только за счёт энергии волны, являются самыми энергоэффективными, что даёт им автономность работы около 1 года. Роботы такого класса состоят из подводной и надводной части, соединённых кабель-тросом. Надводная часть находится на поверхности воды и содержит в себе электронное и датчиковое оборудование, позволяющие собирать разнообразные океанографические и метеорологические данные. В Самарском университете такой класс роботов представлен роботом *MariBot* (рисунок 2б), оснащённым так же системой изменения плавучести для погружения под воду.

Интерес вызывает ещё одна разновидность автономных подводных аппаратов, которые перемещаются за счёт изменения своей плавучести. В Самарском университете такой класс глайдеров представлен роботом *Marlam* (Патент на полезную модель №164034 от 04.12.2015). *Marlam* (рисунок 2в) включают в себя цифровую систему управления, датчиковое оборудование, систему спутниковой связи и навигационное оборудование. Он может работать как в автономном режиме, так в ручном, когда ему задаются последовательные команды на следование по определённой траектории и параллельного сбора информации, а затем на всплытие и передачу накопленных данных на поверхности.

Отдельную нишу в подводной робототехнике занимают биомимитические роботы. Их принцип движения копирует локомоцию животных, в данном случае рыб и морских млекопитающих. Самарский университет активно поддерживает тенденцию развития биомимитической робототехники проектом *MariFlex* (рисунок 2г) – это пневматическая роборыба, способная перемещаться за счёт изменения своего интегрального объёма и внутренних химических реакций, приводящих в движение хвостовой плавник.

Но самыми технически сложными в реализации считаются гибридные двухсредные роботы, способные перемещаться как по воздуху, так и в воде. Таким роботом является проект *Tamerlan* (рисунок 2д) – гибридный робот для разведывательных и транспортных целей.

Лаборатория бионических систем, в которой разрабатываются все эти проекты, открыта для сотрудничества в области проектирования и разработок автономных и телеуправляемых подводных роботов.



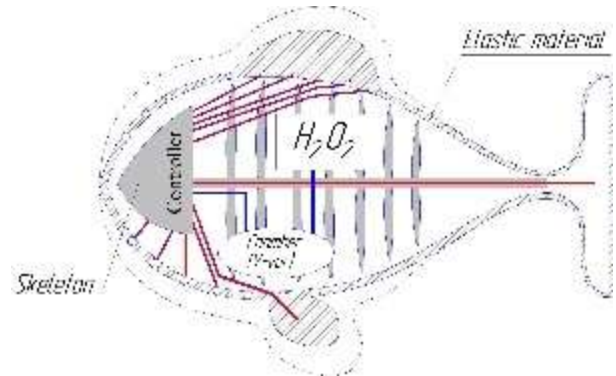
А – MariLine



Б – MariBot



В – Marlam



Г – MariFlex



Д – Tamerlan

Рис. 2. Разработки лаборатории бионических систем

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ**

**Сиразетдинов Рифкат Талгатович**

доктор технических наук  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

**Деваев Вячеслав Михайлович**

кандидат технических наук  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

**Кацевман Евгений Михайлович**

старший научный сотрудник  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

**Камалов Артур Ренатович**

младший научный сотрудник  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

**Никитина Дарья Викторовна**

младший научный сотрудник  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
г. Казань

Объектом разработки является исходный код интегрированной среды разработки для образовательных роботов серий AR10x и MR201. Роботы серии AR10x и MR2x, а также средство разработки AR Basic Studio, разработаны в АО «НПО «Андроидная техника» [1; 2] и позволяют создавать программы управления роботами в рамках образовательного процесса в школе и системе дополнительного образования. Работы ведутся в рамках исследований по динамике и управлению антропоморфными роботами в Инженерном институте КФУ в лаборатории Андроидной робототехники и роботизированных систем [3; 4].

Целью работы является модернизация программного обеспечения (ПО) и обеспечение возможности сборки исходного кода для этих роботов с помощью современных инструментов разработки для открытия перед сообществом разработчиков программного обеспечения. Полученные исходный код и руководства разработчика предполагается передать в сообщество OpenSource для повышения интереса к продукции АО «НПО «Андроидная Техника». Рекомендуется курирование создаваемого сообщества несколькими разработчиками АО «НПО «Андроидная Техника».

Роботы серии AR10x представляют собой антропоморфные конструкции, а MR2x – биоморфные конструкции типа паука, предназначенные для обучения основам программирования робототехники. С помощью средства разработки создается программный код, загружаемый в контроллер роботов и исполняемый по командам с пульта дистанционного управления.

Авторами сформированы предложения по модернизации аппаратного обеспечения УМК для приведения его в соответствие уровню современных аналогов, создано руководства разработчика AR Basic Studio и обеспечены возможности доработки этого ПО.

AR Basic - средство разработки программ для роботов серий AR-10\* и MR-20\* для ОС Windows. AR Basic включает в себя редактор кода, виртуальную машину, компилятор диалекта Basic в байт-код виртуальной машины, средства прошивки байткода в робота и средства отладки. На роботах установлены контроллеры LPC2138 фирмы NXP. Общение с ними происходит через виртуальный COM-порт с помощью драйверов и библиотек FTDI. Сама среда разработки написана на C++ с использованием библиотеки MFC. В редакторе кода используются сторонние компоненты (CrystalEdit, ColorPickerXP).

На контроллере робота установлена виртуальная машина. С ней можно общаться по специальному протоколу: загружать программы на

байт-коде, отправлять и принимать данные, запускать отдельные функции, например, включение/отключение светодиода, управление моторами, получение данных с датчиков и т.п. В состав среды разработки входит компилятор языка AR Basic (диалект Basic). Компилятор генерирует байт-код для виртуальной машины.

Результатом работы стала разработка обновленной версии программного обеспечения роботов серии AR-10x, MR-201, удобной для обучения программированию школьников. Описаны предложения и требования по модернизации аппаратного обеспечения УМК для приведения его в соответствие уровню современных аналогов. Подготовлена документация разработчика, описаны функции, прошитые в контроллер, описаны функции, отвечающие за реализацию виртуальной машины, даны рекомендации по совершенствованию аппаратной платформы.

Областью применения данной работы предполагается образовательная робототехника.

Проведенная работа позволит перенести основные нагрузки по разработке IDE на сообщество. При поддержке сообщества со стороны АО «НПО «Андроидная Техника» ожидается повышение спроса к продукции, улучшение качества ПО, увеличение информированности и вовлеченности в разработку робототехники компетентных разработчиков из сообщества.

## **Литература**

1. НПО «Androidnaya technika». URL:<http://npo-at.com/products/ar-600e>
2. Богданов А.А., Кутлубаев И.М., Пермяков А.Ф., Сычков В.Б. Разработка антропоморфного робота с интерактивным управлением // Необратимые процессы в природе и технике. Труды VIII Всероссийской конференции. 2015. С. 228-229.

3. Деваев В.М., Никитина Д.В., Фадеев А.Ю. Обеспечение равновесия при ходьбе антропоморфного робота // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2015. Матер. Междунар. науч.-техн. конф. (МНТК «ИМТОМ-2015»). Ч. (Том) 2. С. 22-26.
4. Sirazetdinov R., Devaev V., Kamalov A., Katsevman E. Program complex of modeling and virtualization anthropomorphic robot AR-601 bases on ROS and GAZEBO systems // IMMOD-2015. Moscow, 2015. P. 328-331.



## **КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ**

**Решетников Андрей Геннадьевич**  
доктор информатики (PhD), ассистент  
Государственный университет «Дубна»  
г. Дубна

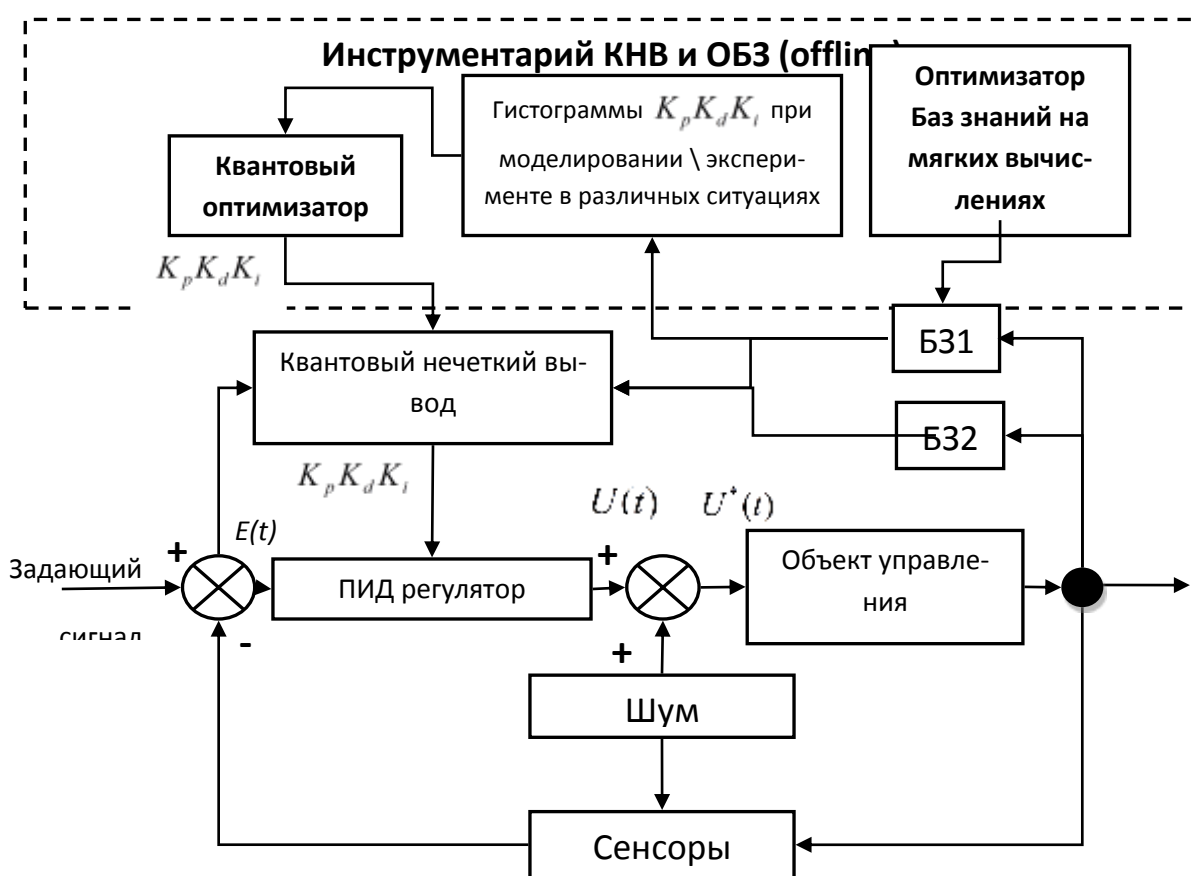
**Ульянов Сергей Викторович**  
доктор физико-математических наук, профессор  
Государственный университет «Дубна»  
г. Дубна

Практика и результаты моделирования реальных объектов показали, что в условиях неопределенности или неточности исходной информации, непредвиденных ситуациях или информационного риска традиционный (использующий принцип глобальной отрицательной обратной связи) и широко применяемый в промышленности ПИД-регулятор часто не справляется с поставленной задачей управления. В тоже время, решение задачи о глобальной робастности ПИД-регулятора до настоящего времени неизвестно, несмотря на актуальность данной проблемы.

Использование нечетких регуляторов (НР) совместно с ПИД-регулятором привело к созданию гибридных нечетких ИСУ с различными уровнями интеллектуальности в зависимости от полноты и корректности спроектированной базы знаний (БЗ). Использование технологии мягких вычислений (основанной на генетических алгоритмах и нечетких нейронных сетях) расширило области эффективного применения НР за счет добавления новых функций в виде обучения и адаптации. Однако в общем случае нештатных ситуаций управления очень трудно спроектировать глобально «хорошую» и робастную структуру ИСУ. Данное ограничение особенно характерно для непредвиденных ситуаций управления, когда ОУ функционирует в резко изменяющихся условиях (отказ датчиков или шум в измерительной системе, наличие времени задержки

сигналов управления или измерения, резкое изменение структуры ОУ или её параметров и т.п.).

Решение такого рода проблем может быть найдено на основе введения принципа самоорганизации БЗ в процесс проектирования НР, который реализуется и программно поддерживается разработанной моделью квантового нечеткого вывода (КНВ) с применением методологии квантовых мягких вычислений и системной инженерией – System of System Engineering (синергетический принцип самоорганизации) [1-2].



**Рис. 1. Структура квантового нечеткого регулятора**

Предлагаемая модель КНВ использует частные индивидуальные БЗ НР, каждая из которых получается с помощью оптимизатора баз знаний (ОБЗ) на мягких вычислениях для соответствующих условий функционирования ОУ и фиксированных ситуаций управления во внешней случайной среде. Процесс проектирования частных индивидуальных БЗ НР с

помощью программного инструментария ОБЗ для заданных ситуаций управления осуществляется в соответствии с технологией проектирования ИСУ и подробно рассмотрен в [3].

Основной задачей, решаемой КНВ, является формирование БЗ с повышенным уровнем робастности из конечного множества БЗ для НР, сформированных с применением технологии мягких вычислений. На рисунке 1 представлена структура квантового нечеткого регулятора. Таким образом, технология квантового нечеткого вывода, не разрушая нижний исполнительский уровень управления, обеспечивает систему дополнительным свойством робастности только за счет использования нового квантового программно - алгоритмического обеспечения.

Проведенные эксперименты и результаты моделирования [1-3] показали, что интеллектуальное управление позволяет в непредвиденных ситуациях управления гарантированно достигать цели управления с минимальным расходом ресурса, что по своей сути отражает на содержательном уровне само определение целенаправленной деятельности ИСУ. В проведенных исследованиях продемонстрировано существование непредвиденных ситуации управления, в которых НР не обладают требуемым качеством робастности, а квантовый нечеткий регулятор (на основе этих же НР) справляется с задачей управления на требуемом уровне качества управления. Установленный эффект подтверждает реализацию принципа самоорганизации БЗ за счет использования алгоритма КНВ. На сегодняшний день, реализовано применение квантовых вычислений на классическом процессоре в режиме реального времени. Результаты моделирования и экспериментов подтверждают полезность и эффективность использования скрытой квантовой информации, извлекаемой из классических состояний коэффициентов усиления, в процессах управления. Таким образом показана эффективность и необходимость применения квантовых вычислений и алгоритмов управления не только для квантовых систем, но и для классических ОУ.

## Литература

1. Ulyanov S.V., Litvintseva L.V. Design of self-organized intelligent control system based on quantum fuzzy inference: Intelligent system of systems engineering approach // Proc. of IEEE Int. Conf. on System, Man and Cybernetics (SMC'2005). Hawaii, USA. V. 4.
2. Ulyanov S.V., Kurawaki I., Yazenin A.V. et all. Information analysis of quantum gates for simulation of quantum algorithms on classical computers // Proceedings of Intern. Conf. on Quantum Communication, Measurements and Computing (QCM&C'2000). Capri. Italy, 2000. Kluwer Acad. Plenum Publ., 2001. P. 207-214.
3. Решетников А.Г., Ульянов С.В. Метод извлечения знаний из физически измеряемого сигнала обучения: проектирование баз знаний нечеткого регулятора // Системный анализ в науке и образовании. 2013. Вып. 1.

Научное электронное издание

**Российская робототехника.  
Формирование профессионального сообщества в области  
развития робототехники, искусственного интеллекта**

Тезисы докладов конференции  
(08-09 декабря 2016 г, Магнитогорск)

Ответственный редактор  
Санкин Михаил Юрьевич

За содержание статей ответственность несут авторы

**Подписано к использованию 10.04.2017**

**Объем издания 1 Мб**

Комплектация издания – 1 pdf файл

Издающая организация:

Научно-издательский центр Априори, г. Краснодар

тел.: 8-918-18-09-879

сайт: [www.apriori-nauka.ru](http://www.apriori-nauka.ru) e-mail: [info@apriori-nauka.ru](mailto:info@apriori-nauka.ru)

ИП Акелян Нарине Самадовна

