

Дивноморское, Россия  
24 – 26 сентября 2018 года

---

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Материалы Всероссийской  
научной конференции



Ростов-на-Дону  
2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Материалы Всероссийской научной конференции  
(Дивноморское, 24–26 сентября 2018 г.)

Ростов-на-Дону  
ДГТУ  
2018

УДК 004  
И57

*Редакционная коллегия:*

доктор технических наук, профессор *Б.В. Соболев*;  
кандидат технических наук, доцент *Е.Н. Остроух*;  
кандидат физико-математических наук, доцент *Е.В. Рашидова*

**Интеллектуальные технологии и проблемы математического моделирования** : материалы Всерос. науч. конф. (Дивноморское, 24–26 сентября 2018 г.) / под общ. ред. Б.В. Соболя ; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2018. – 99 с.  
ISBN 978-5-7890-1554-4

Рассмотрены проблемы, связанные с созданием интеллектуальных технологий, их применение при решении задач механики, мехатроники и робототехники, а также роль искусственного интеллекта в цифровой экономике.

Представляет интерес для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов, и всех, кто интересуется вопросами и перспективами развития интеллектуальных технологий, а также проблемами математического моделирования.

Мероприятие проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-01-20075).

УДК 004

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

ISBN 978-5-7890-1554-4

© Донской государственный  
технический университет, 2018

## Предисловие

Настоящий сборник представляет собой материалы научно-практической конференции «Интеллектуальные технологии и проблемы математического моделирования», которая проводилась с 24 по 26 сентября 2018 года в селе Дивноморское (Россия, Краснодарский край, г. Геленджик) на базе студенческого оздоровительно-спортивного комплекса «Радуга» ДГТУ. Организаторами конференции являются Донской государственный технический университет (ДГТУ, г. Ростов-на-Дону), Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ, г. Москва) и НИИ «МИВАР» (г. Москва). Информационная поддержка конференции осуществляется журналом «Вестник ДГТУ».

Труды конференции отражают результаты исследований в следующих областях: проблемы искусственного интеллекта и новые информационные технологии, перспективные информационные технологии в прикладных задачах механики, интеллектуальные методы информационного обеспечения и управления в мехатронике и робототехнике. На конференции докладывались и обсуждались труды ученых из городов России: Москва, Ростов-на-Дону, Краснодар, Таганрог; ряд докладов был представлен учеными из ближнего зарубежья. Докладчики представляют следующие научно-исследовательские и научно-образовательные учреждения: МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИИ «МИВАР», ЮНЦ РАН, ДонНУ, ДГТУ, ГУ ИПИИ, ЮРГПУ им. М.И. Платова, КВВУ им. С.М. Штеменко.

Доклады публикуются в авторской редакции без сокращений и изменений. Некоторые из опубликованных докладов, по мнению программного комитета, носят дискуссионный характер. Ряд поступивших докладов отклонен программным комитетом.

Организаторы ожидают, что проведение конференции будет способствовать получению новых знаний и развитию существующих научных направлений, как на основе внутрисекционных диалогов участников конференции, так и в процессе межсекционного общения. Отдельной задачей оргкомитет считает привлечение молодых докладчиков к развитию новых направлений в области искусственного интеллекта и практическому применению полученных ими научных результатов.

### ***Председатель конференции***

**Месхи Б.Ч.**, д-р техн. наук, профессор, ректор ДГТУ

### ***Сопредседатели конференции:***

**Чернышев Ю.О.**, д-р техн. наук, профессор,

Заслуженный деятель науки РФ, ДГТУ;

**Варламов О.О.**, д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана  
и МАДИ, директор НИИ «МИВАР»

### ***Программный комитет:***

**Чернышев Ю.О.**, д-р техн. наук, профессор, ДГТУ (председатель);

**Соболь Б.В.**, д-р техн. наук, профессор, лауреат премии  
Правительства РФ, ДГТУ (зам. председателя);

**Соловьев А.Н.**, д-р техн. наук, профессор, ДГТУ;

**Сушинов А.И.**, д-р физ.-мат. наук, профессор, ДГТУ;

**Курейчик В.В.**, д-р техн. наук, профессор, ЮФУ;

**Тугенгольд А.К.**, д-р техн. наук, профессор, ДГТУ;

**Золотарев А.А.**, канд. физ.-мат. наук, с.н.с., ЮФУ

### ***Организационный комитет:***

**Магомедов М.Г.**, д-р социол. наук, профессор, проректор по социальным  
вопросам ДГТУ; **Полушкин О.О.**, канд. техн. наук, проректор по НИР  
и ИД ДГТУ; **Соболь Б.В.**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой  
«Информационные технологии» ДГТУ; **Лукьянов Е.А.**, канд. техн.  
наук, доцент, зав. кафедрой «Робототехника и мехатроника» ДГТУ;  
**Остроух Е.Н.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные  
технологии» ДГТУ; **Венцов Н.Н.**, канд. техн. наук, доцент кафедры  
«Информационные технологии» ДГТУ; **Климова Д.Н.**, канд. пед. наук,  
доцент кафедры «Информационные технологии» ДГТУ;

**Левченков А.Н.**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные  
технологии» ДГТУ; **Еремеев В.В.**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры  
«Информационные технологии» ДГТУ; **Васильев П.В.**, ст. преподаватель  
кафедры «Информационные технологии» ДГТУ; **Новикова А.И.**, ассистент  
кафедры «Информационные технологии» ДГТУ

### ***Ученый секретарь оргкомитета***

**Левченков А.Н.**, канд. техн. наук, доцент кафедры  
«Информационные технологии» ДГТУ

## **Секция «ПРОБЛЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

(руководитель – д-р техн. наук, проф. Ю.О. Чернышев)

УДК 004.891

**Д.А. Чувиков,**  
Научно-исследовательский институт «МИВАР»,  
г. Москва,  
d.chuvikov@mivar.ru

### **МИВАРНЫЕ МОДЕЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ ДТП**

***Ключевые слова:** моделирование, мивар, дорожно-транспортное происшествие, экспертная система.*

При любом дорожно-транспортном происшествии (ДТП) всегда перед госавтоинспектором стоит необходимость именно установления степени виновности водителя в ДТП. По этой причине существует острая необходимость в разработке моделей реконструкции и экспертизы ДТП. Разработанные математические модели реконструкции и экспертизы ДТП легли в основу экспертной системы (ЭС) анализа и экспертизы ДТП под названием ЭС «Анализ ДТП». ЭС «Анализ ДТП» позволяет снизить количество ошибок при экспертизе и ускорить процесс реконструкции и анализа ДТП. Система «Анализ ДТП» построена при помощи конструктора (КЭСМИ), в основе которой лежат концепции миварного подхода. Внутри ЭС «Анализ ДТП» заложено: определение тормозных качеств транспортного средства (ТС), определение скорости ТС, исследование случаев скольжения ТС при торможении, движение ТС на криволинейных участках дороги, наезд ТС на пешехода при равномерном движении и неограниченной видимости. Стоит отметить, что программа ЭС «Анализ ДТП» запатентована, и все права на нее принадлежат автору статьи. ЭС «Анализ ДТП» состоит из 16 классов, 144 параметров, 93 отношений, 352 правил, в которые входит 109 ограничений. Система

«Анализ ДТП» является адаптивной и позволяет эксперту добавлять новые правила и параметры, а также изменять существующие имена параметров для индивидуализации системы. Разработанная ЭС «Анализ ДТП» позволила автоматизировать процесс принятия решений сотрудником экспертного центра, снизить трудоемкость процесса расчета спорных дорожно-транспортных ситуаций, повысить скорость и качество расчетов, а также снизить требования к квалификации экспертов.

УДК 004

**А.Н. Левченков, Р.М. Шабанов,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **К ВОПРОСУ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ (на примере МТО ПАО Сбербанк)**

***Ключевые слова:** система обмена и хранения данных, криптография, кибербезопасность, защита данных.*

МТО ПАО Сбербанк имеет свои цели и функции. Главной целью в сфере организации финансового бизнеса является обеспечение бесперебойного снабжения структурных подразделений Банка необходимыми материальными средствами для организации рабочего процесса. В процессе своей реализации МТО основывается на информационном обеспечении и формировании информационных потоков (ИП), определяющих создание материальных потоков (МП).

ИП и МП могут быть направлены как в одну сторону, так и в противоположную друг другу. Маршрут движения ИП зачастую не совпадает с маршрутом движения МП. Основной особенностью ИП в реализации МТО является то, что они на всех этапах движения МП опережают их, либо следуют после завершения различных этапов их движения.

В соответствии с изменениями в процессах МТО ПАО Сбербанк, существует потребность в реинжиниринге существующей информационной системы.

От точности определения потребности зависит постановка задач интеллектуального анализа данных (ИАД), что сказывается на эффективности использования имеющихся ресурсов.

Основываясь на подходе адаптации существующей ИС, была определена структурно-функциональная модель процесса выявления и анализа потребностей доработки, включающая целевые, содержательные, процессные, результативно-оценочные структурные компоненты. Целевой компонент процесса выявления предусматривает формирование потребности в изменениях определенной части информационной системы, основывающейся на обращениях пользователей и требованиях функциональной структуры МТО. Содержательный компонент процесса предполагает определение необходимых для внедрения изменений и оптимизацию баз знаний (данных). Процессные компоненты определяют способы выявления потребности, методы анализа выявленных потребностей для определения подлежащих к разработке и внедрению в информационную систему, а также рассматривают способы внедрения изменений для эффективного выполнения процесса внедрения. Результативно-оценочный компонент основывается на анализе результатов коррекции моделирования требуемых уровней обеспечения материально-технических потоков на основе выделенных критериев и показателей. Результатом функционирования рассматриваемой модели является определенный уровень сформированности потребностей, на основе которых поставлена задача ИАД информационных потоков МТО.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-01-00391).



**А.Д. Чистяков,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
andrey.chist@gmail.com

## **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ СЕТИ**

***Ключевые слова:** нейронные сети, системы поддержки принятия решений, искусственный интеллект, экономика.*

Принятие управленческих решений в экономической сфере оказывает определяющее влияние на эффективность деятельности организации. Однако уровень экономической подготовки руководителей организации, в подавляющем числе случаев, отстает от уровня задач, которые приходится решать руководителям. А эффективных средств поддержки принятия решений в финансово-хозяйственной сфере нет. Улучшить ситуацию позволят системы искусственного интеллекта, позволяющие исключить неприемлемые для бизнеса решения, выводящие в область благоприятных решений, оставляющие при этом поле для креатива.

Основой для создания такой системы предлагается трехслойная искусственная нейронная сеть (ИНС) – перцептрон. Базовыми свойствами такой ИНС является способность: к обучению, что облегчает адаптацию системы поддержки решений к специфике организации; самообучению, по мере накопления оценок эффективности принятых мер; коучингу на основе анализа чужого опыта.

Методической основой рецепторного слоя ИНС предлагается расчет текущих показателей финансово-хозяйственной деятельности, например, «индикаторов безопасности», расчет «запаса прочности» организации по этим индикаторам, скорости и ускорения их изменений.

Методической основой ассоциативного слоя ИНС предлагается сопоставление «запаса», скорости и ускорения «индикаторов безопасности» с позициями «ситуационной таблицы».

Методической основой реактивного слоя ИНС предлагается «реализация сценария» – последовательность действий, решений по улучшению «индикаторов безопасности», в соответствии с позициями ситуационной таблицы.

Сотрудниками кафедры «Экономика и менеджмент» ДГТУ разработаны отдельные процедуры, реализующие функционирование каждого из слоев ИНС. Задача разработки программного интерфейса, предназначенного для работы с ИНС, остается пока нерешенной и актуальной для дальнейших исследований.

УДК 681.3

**А.Ю. Полуян, С.Б. Петренкова, Д.Ю. Паскевич,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
orfiki@rambler.ru

## **ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ НЕЧЕТКО СФОРМУЛИРОВАННЫХ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ БИОНИЧЕСКИХ И ИММУННЫХ АЛГОРИТМОВ**

***Ключевые слова:** нечетко сформулированные транспортные задачи, бионические алгоритмы, иммунные алгоритмы, задача оптимизации.*

Задачи транспортной маршрутизации занимают особое место в классе приоритетных направлений исследования информационных технологий. В настоящее время отсутствуют методы, учитывающие на этапе постановки задачи и решения, возможные нечеткие переменные и ограничения. Основной целью работы является разработка эффективных методов и алгоритмов, основанных на принципах работы иммунной системы и бионического поиска для определения поиска глобального оптимального решения нечетко сформулированных транспортных задач.

Одним из направлений решения поставленной задачи является построение искусственных иммунных алгоритмов, которые рассматриваются как антигены, претенденты на решения. Процесс поиска возможных решений похож на процесс иммунных клеток рас-

познания антигенов и выполнения иммунного ответа в иммунной системе. Применение искусственных иммунных алгоритмов обусловлено их высокой надежностью, неявным параллелизмом, но также отражает ряд их недостатков: преждевременная сходимость и плохая способность местного поиска. Поэтому предлагается интеграция с биоинспирированными алгоритмами, позволяющими решать проблемы предварительной сходимости алгоритма и получать наборы эффективных решений для задач с нечеткими ограничениями.

Таким образом, актуальным является дальнейшее изучение искусственных иммунных систем и их интеграции с бионическими алгоритмами к решению различных задач оптимизации, которые способны придавать большую гибкость вычислительному процессу, оценивать и сравнивать полученные нечеткие решения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 16-01-00390, 18-01-00314).

УДК 681.3.06

<sup>1</sup>Е.Н. Остроух, <sup>2</sup>А.В. Требухин, <sup>3</sup>П.А. Панасенко, <sup>4</sup>О.Г. Солопова,

<sup>1,2</sup>Донской государственный технический университет,

г. Ростов-на-Дону,

<sup>1</sup>eostr@donpac.ru,

<sup>3</sup>Краснодарское высшее военное училище

имени генерала армии С.М. Штеменко,

г. Краснодар,

<sup>4</sup>Ростовский государственный экономический университет (РИНХ),

г. Ростов-на-Дону

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНАЦИЙ АЛГОРИТМОВ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ**

**Ключевые слова:** задача оптимизации, генетический алгоритм, метаэвристические методы, биоинспирированный алгоритм, роевой интеллект, эволюция.

Решение многих задач оптимизации существенным образом зависит от вида целевой функции, ее особенностей, а также от размерности рассматриваемых задач. Для NP-полных задач не

существует оптимальных методов и алгоритмов их решения, кроме полного перебора, что, в свою очередь, приводит к большим временным затратам при нахождении оптимальных и квази-оптимальных (близких к оптимальным) решений. Приближенные методы и алгоритмы дают хорошую альтернативу нахождения таких решений. Однако при таких подходах снижается точность решения. Наиболее распространенным и общим классом приближенных методов, которые применяются для решения разнообразных оптимизационных задач, являются метаэвристические методы. Для такого рода методов есть возможность адаптации к любой проблеме оптимизации, в свою очередь, обеспечивая нахождение решения оптимизационных задач, в особенности при наличии неполной информации или ограниченных возможностях для вычислений.

Особое место среди метаэвристических подходов к поиску оптимальных решений занимают биоинспирированные алгоритмы как математические преобразования, трансформирующие входной поток информации в выходной и основанные на правилах имитации механизмов эволюции (генетическая теория), методах роевого интеллекта (пчел, муравьев), различных природных аналогий и биологических явлений на статистическом подходе к исследованию ситуаций и итерационном приближении к искомому решению. Анализ алгоритмов живой и неживой природы приводит к необходимости создания гибридных алгоритмов, позволяющих одними из составляющих комбинации довольно быстро находить локальные области расположения квази-оптимальных решений, другими – быстро и эффективно уточнять найденные на предыдущем этапе решения. При этом в комбинации могут быть только биоинспирированные подходы, а также алгоритмы неживой природы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 16-01-00390, 16-01-00391).

<sup>1</sup>Е.Н. Остроух, <sup>2</sup>А.М. Демьянов, <sup>3</sup>П.А. Панасенко,

<sup>1,2</sup>Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,

<sup>1</sup>eostr@donpac.ru, <sup>2</sup>demyanov23@gmail.com,

<sup>3</sup>Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С.М. Штеменко,  
г. Краснодар

## БИОНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ

*Ключевые слова:* оптимизация, генетический алгоритм, муравьиный алгоритм, задача поиска.

Среди оптимизационных алгоритмов одним из самых популярных и перспективных является муравьиный алгоритм оптимизации. Поведение муравьев при строительстве муравейника и транспортировании пищи, преодолении препятствий и других действиях зачастую приближается к теоретически оптимальному, что и стало бионическими предпосылками для его создателей при получении алгоритма и дальнейшего производства его многочисленных модификаций<sup>1</sup>. Положительные результаты при решении широкого круга задач, которые могут быть сведены к задаче поиска на графах, стимулировали разработку муравьиных алгоритмов оптимизации для решения других задач дискретного программирования.

Муравьи относятся к социальным насекомым, живущим внутри коллектива – колоний. Они обладают двумя видами каналов передачи данных: прямой и следовой. Прямой канал заключается в непосредственном взаимодействии между двумя муравьями. Следовой канал в глобальном смысле представляет собой

---

<sup>1</sup>Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учеб. пособие / А.П. Карпенко. – 2-е изд. – М. : Изд-во МГМУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 446 с.

разнесенный во времени вид взаимодействия, когда один субъект взаимодействия изменяет некоторую часть окружающей среды, а остальные используют информацию о состоянии этой части среды позднее, когда находятся в ее окрестности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 16-01-00390, 16-01-00391).

УДК 004.056

**<sup>1</sup>Ю.О. Чернышёв, <sup>2</sup>И.С. Пшеничный,**

<sup>1</sup>Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,

<sup>2</sup>Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С.М. Штеменко,  
г. Краснодар,  
valleyigor@mail.ru

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ УГРОЗАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАРУШИТЕЛЯ**

***Ключевые слова:** документооборот, деятельность предприятий, система управления, алгоритм, информационные процессы, информационная безопасность.*

Характер деятельности предприятий, как организаций со специфическими, свойственными только им задачами, отражается на характере информации, получаемой, передаваемой, обрабатываемой и хранящейся для дальнейшего использования. Достоверное, оперативное и непрерывное управление подразделениями предприятия имеет важнейшее значение для обеспечения его эффективности.

Повышение эффективности применения подразделений предприятий обеспечивается путем поэтапного решения основных задач развития системы управления. Одним из решающих аспектов, обеспечивающих повышение эффективности применения предприятий в современных условиях, является сокращение

длительности циклов управления подразделениями и повышение устойчивости управления ими. Эффективность системы управления подразделениями предприятия независимо от уровня управления в значительной степени определяется достоверностью и оперативностью, циркулирующей в ней информации.

На основе проведенного анализа установлено, что объемы обрабатываемой документированной информации в подразделениях предприятий из года в год увеличиваются, при сохранении жестких требований по оперативности ее обработки атаки на информационные системы со стороны конкурентов постоянно увеличиваются.

Таким образом, определена необходимость создания адаптивных алгоритмов взаимодействия между элементами инфраструктуры, поиска рациональных маршрутов передачи данных и эффективного распределения вычислительных ресурсов сетей, подключенных к подразделениям предприятий. Алгоритмы при этом должны быть адаптивны как к действиям пользователей, так и к изменениям параметров параллельно выполняемых информационных процессов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 18-01-00314, 16-01-00391).

УДК 004.9

**Д.Д. Зайка, Г.Т. Ломонос,**  
Донецкий национальный университет,  
г. Донецк, ДНР,  
gennadiylomonos@gmail.com

## **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС «ИГРА ФУТБОЛ» ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ УЧАЩИХСЯ**

***Ключевые слова:*** программирование, диагностика функционального состояния, оптимизация, платформа Arduino.

Робототехника сейчас используется во всех областях человеческой жизни: в науке, обучении, производстве и медицине,

в развлекательных проектах. Современность значительно интенсифицирует обучение в учебных заведениях, что является стрессом для учащихся и может приводить к снижению успешности их обучения. Для оптимизации обучения важно изучение функциональных состояний учащихся, что облегчается при исследованиях в виде игры (геймификации). Для изучения функциональных состояний создан геймифицированный инструмент – настольная игра «Футбол» на платформе Arduino.

В качестве прототипа для решения задачи использовали разработанное в СССР устройство «Электроника ИМ-37» – настольная электронная игра «Футбол: Кубок чемпионов» с изменениями. Для создания устройства был выбран контроллер Arduino Mega 2560, так как он имеет необходимое оснащение для подключения датчиков и исполнительных устройств, а также достаточный объем ОЗУ и центральный процессор, способные автономно выполнять необходимое программное обеспечение. ПО для устройства написано на диалекте C++ для Arduino с использованием открытых библиотек: Wire, LiquidCrystal\_I2C, MsTimer2, SD, SPI, TMRpcm.

Все события, происходящие в течение игры, записываются в файл журнала в формате CSV. Далее можно проанализировать время реакции игроков на события игры, стратегии игры, качество принимаемых участниками игры решений. Журнал выводится в UART интерфейс и может быть передан по Bluetooth на другое устройство. После чего файлы журналов импортируются в табличный процессор LibreOffice Calc, где обрабатываются. Полученные результаты используются для анализа функциональных состояний, улучшения играбельности и работы над режимом игры «компьютер против человека», что позволит проводить тестирование с одним испытуемым.



**Я.С. Пикалёв,**  
Государственный университет информатики  
и искусственного интеллекта,  
г. Донецк, ДНР,  
gu\_ipii@mail.ru

## **ГЛУБИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ**

**Ключевые слова:** *искусственный интеллект, распознавание речи, нейронные сети, языковые модели.*

Большинство методов нейросетевой (НС) параметризации акустических признаков (АП) демонстрируют высокую точность только в условиях адаптации с учителем, то есть при наличии эталонного текста. Это требование часто не выполняется, и применяется адаптация без учителя. Для использования признаков, адаптивных на основе смесей гауссовых распределений (Gaussian Mixture Model, GMM) и скрытых марковских моделей (Hidden Markov Models, НММ), необходимо выполнить предварительное распознавание, что приводит к значительному снижению скорости работы системы. Адаптация при помощи *i*-векторов не требует обучения с учителем и не оказывает существенного влияния на быстродействие, а также дает оптимальную адаптацию АП к диктору и окружению. НС-методы, применяемые для построения акустической модели (АМ), эффективнее GMM-НММ. Применение НС для извлечения АП дает больший набор векторов признаков и повышает устойчивость системы автоматического распознавания речи (Automatic Speech Recognition, ASR) по отношению к акустической вариативности речевого сигнала, а также более высокую точность распознавания по сравнению с GMM-НММ.

Использование НС для построения языковой модели (ЯМ) улучшает ее качество за счет учета контекста и отсутствия ограничений на использование только предыдущих слов. Для построения

АМ и ЯМ наиболее оптимальной является НС, базирующаяся на LSTM (долгой краткосрочной памяти). Она показывает наилучший результат среди других НС-архитектур, так как в LSTM отсутствуют проблемы с исчезающими и взрывными градиентами.

Минусы НС заключаются в следующем: необходимости в высокой вычислительной мощности на стадии обучения; наличии большого объема данных для обучения. Применение НС-подходов существенно осложняет анализ и тестирование систем ASR.

УДК 004.891

<sup>1</sup>Л.Е. Адамова, <sup>2</sup>О.О. Варламов,

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт «МИВАР»,  
г. Москва,

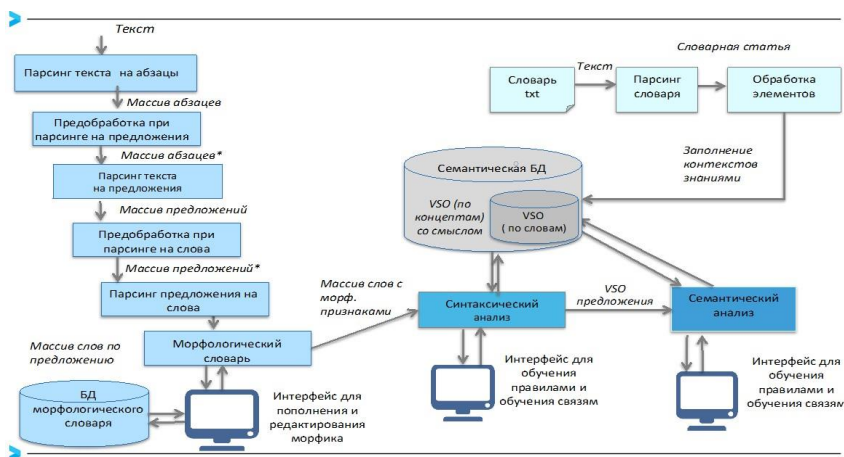
<sup>2</sup>Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана,  
г. Москва,  
ovar@yandex.ru

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОЗДАНИЯ МИВАРНОЙ СИСТЕМЫ ПОНИМАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО РУССКОГО ПИСЬМЕННОГО ЯЗЫКА «ВИРТУАЛЬНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ»**

*Ключевые слова:* миварная система, семантика.

Для понимания естественного языка необходимо иметь знания о различных картинах мира и учитывать множество контекстов. Миварный продукт «Текстовый эмулятор личности – Tel!Mi» (ТЭЛМИ) позволяет строить многомерные модели текстов в формализме пространства «Вещь–Свойство–Отношение» (ВСО). ТЭЛМИ является основой миварной системы понимания естественного русского письменного языка «Виртуальный консультант». Решен ряд практических задач. Например, создана модель ВСО по толковому словарю И.С. Ожегова, которая обрабатывает накопленный обучающий текст в миварной сети (двудольном графе) размерностью 160 тыс. вершин (вещей) на 600 тыс. ребер (отношений) в 17-мерном пространстве. Миварный подход позволяет об-

рабатывать тексты на таких сверхбольших объемах двудольных графов в реальном масштабе времени на обычных компьютерах. Схема работы ТЭЛМИ приведена на рисунке.



Общая схема работы системы ТЭЛМИ и миварного ВК

Другой пример: «Виртуальный консультант А» для работника коммерческого банка работает в реальном времени и отвечает на 35 тыс. вопросов в различных вариациях по 22 предметным тематикам.

УДК 004.82

**О.О. Варламов,**

Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана,  
г. Москва,  
ovar@yandex.ru

## МИВАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РОЛЬ В СОЗДАНИИ АВТОНОМНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОВ

**Ключевые слова:** миварные технологии, робототехника, семантика.

Миварный подход – это три новые информационные технологии логического искусственного интеллекта (ИИ): 1) эволюционные

многомерные базы данных и правил, в которых «мивар» – это точка трехмерного гносеологического базиса «Вещь–Свойство–Отношение»; 2) линейной вычислительной сложности логический вывод (автоматический конструктор алгоритмов из модулей «причинно-следственных зависимостей») на основе двудольных ориентированных «миварных сетей» «Объект–Правило» в многомерном пространстве, объединяющих сети Петри с продукциями «Если–То»; 3) глобальные информационные модели для обработки «контекстов» и принятия решений в реальном времени, когда базы данных, логический вывод и вычислительная обработка представляют собой единое целое в миварном информационном пространстве с основным базисом «Вещь–Свойство–Отношение» (рис. 1).

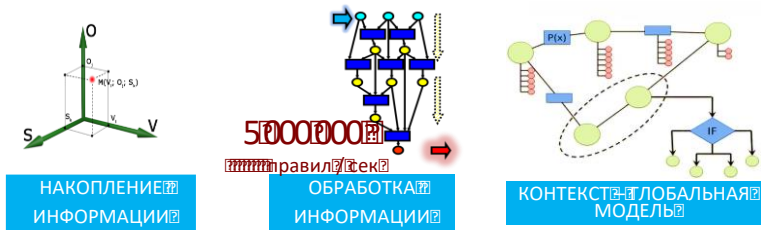


Рис. 1. Три миварные технологии логического ИИ

Миварные технологии играют фундаментальную роль в создании автономных интеллектуальных роботов (АИР) (рис. 2).



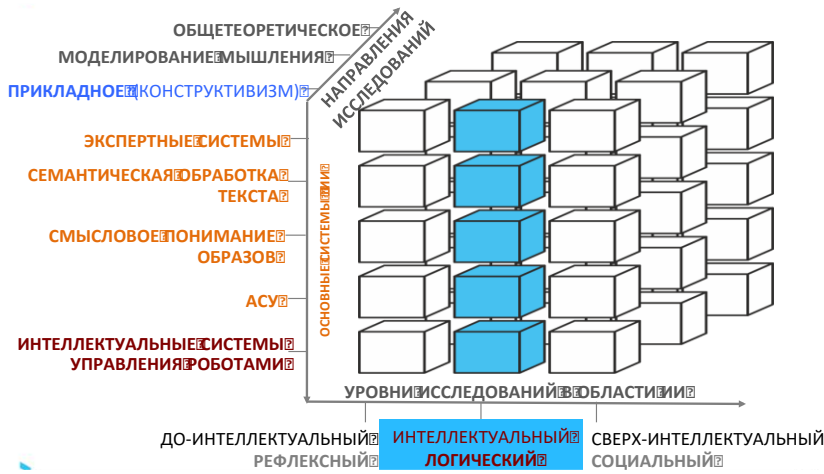
Рис. 2. Роль миварных технологий логического ИИ в создании АИР

**О.О. Варламов,**  
Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана,  
г. Москва,  
ovar@yandex.ru

**СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА И НЕОБХОДИМОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Ключевые слова:* моделирование мышления.

В области искусственного интеллекта (ИИ) выделяют различные уровни и направления исследований по созданию систем ИИ, которые можно отобразить в трехмерном пространстве «Уровни–Направления–Системы» (рисунок).



Системная модель области ИИ

В данной многомерной модели области ИИ можно вводить дополнительные измерения, но их будет достаточно трудно отобразить на рисунке. В настоящее время предложено выделить:

- три направления исследований: прикладное (конструктивизм), моделирование мышления, общетеоретическое;

– три уровня исследований: рефлексный, логический, социальный;

– пять основных систем ИИ: экспертные системы, семантическая обработка текста, смысловое понимание образов, автоматизированная система управления (АСУ), роботы.

Всего получается 45 «кубиков» на пересечениях: направлений, уровней и систем. Необходимо проводить комплексные исследования и в дальнейшем объединить все 45 «кубиков» в единую систему знаний. Например, для автономных интеллектуальных роботов нужна общая система ИИ, включающая нейросетевые методы, логические экспертные системы и др.

УДК 004.82

<sup>1</sup>О.И. Агibalов, <sup>2</sup>А.А. Золотарев, <sup>3</sup>Е.Н. Остроух,

<sup>1,2</sup>Южный федеральный университет,

<sup>3</sup>Донской государственный технический университет,

г. Ростов-на-Дону

## **УСЛОВНАЯ И БЕЗУСЛОВНАЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ БИОИНСПИРИРОВАННЫМИ АЛГОРИТМАМИ**

**Ключевые слова:** биоинспирированные алгоритмы, оптимизация.

Среди множества классификаций задач оптимизации можно выделить ту, которая делит их на задачи условной и безусловной оптимизаций.

В качестве примера можно рассмотреть транспортную задачу, составляющую план снабжения потребителей товарами поставщиков, при том что стоимость перевозки от каждого поставщика к каждому потребителю заранее известна. Представляя функцию затрат, целевая функция должна быть минимизирована. Также в классической постановке предполагается, что поставщики полностью вывозят свой товар, а потребители целиком удовлетворяют свои потребности в нем. Эти факторы и создают ограничения задачи.

В данном примере показывается, как можно перейти от условной постановки 100-мерной транспортной задачи к без-

условной. Очевидно, что в реальном мире соблюсти все ограничения практически невозможно, поэтому все численные коэффициенты задачи были сгенерированы случайным образом, а не подобраны для получения правильных. Единственным «подтасованным» условием осталось равенство общего объема товаров у поставщиков и потребностей потребителей.

В качестве инструмента для проверки решения задачи был выбран Microsoft Excel как одно из простейших средств оптимизации. Далее задача была решена при помощи разработанных иммунного и генетического алгоритмов. При этом генетический алгоритм имеет две версии: 1) написанную на центральном процессоре; 2) написанную на графическом процессоре. Поскольку задача оперирует сотней переменных, для ее решения потребовались популяции, включающие сотни и тысячи хромосом. Такой размер поколений позволил продемонстрировать особенности алгоритмов, реализованных на графическом процессоре.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (гранты № 16-01-00390, 16-01-00391).

УДК 004.82

<sup>1</sup>А.И. Зотов, <sup>2</sup>В.В. Гриценко, <sup>3</sup>А.В. Черпаков,

<sup>1,2</sup> Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,

<sup>2</sup>vadim.gritsenko75@yandex.ru,

<sup>3</sup> Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНОЙ МАШИНОЙ**

**Ключевые слова:** *модель, схема, состояние системы.*

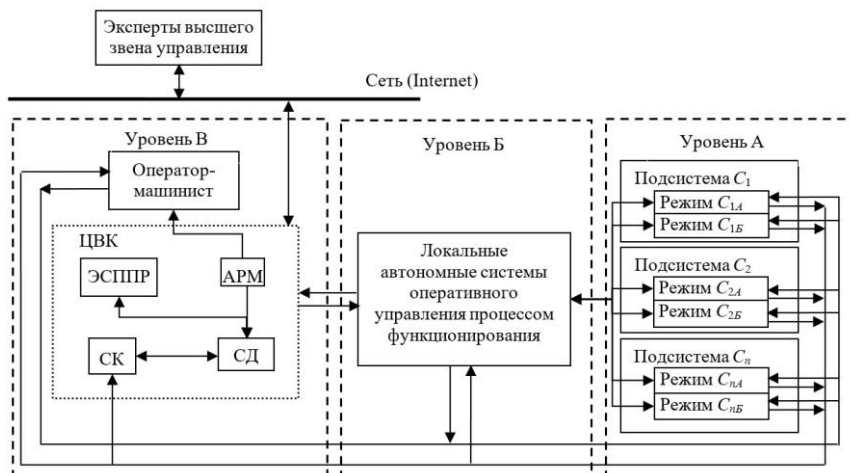
Разработка концептуальной модели горнодобывающей машины подразумевает решение следующих задач:

1. Сокращение времени простоя.

2. Внедрение современных методов управления в сферу горнодобывающих машин (подключение высокоинтеллектуального оборудования).

### 3. Создание структурно-гибкой системы управления технического устройства.

Для решения вышеизложенных задач предлагается функциональная схема, изображенная на рисунке.



Функциональная схема управления горнодобывающей машиной

Структуру горнодобывающей машины можно условно разделить на три уровня управления [1]. Нижний уровень (уровень *А*) состоит из массива моделей подсистем  $C_n$ . Уровень *Б* – дает возможность осуществлять работу системы без участия машиниста-оператора. Уровень *В* – самый высший уровень управления состоит из машиниста-оператора и центрального вычислительного комплекса (ЦВК).

ЦВК состоит из: *АРМ*, обеспечивающего взаимодействие оператора-машиниста и остального оборудования, а также мониторингом информацией, поступающей от датчиков уровня *А*; *ЭСППР* – экспертной системы поддержки принятия решения, производящей интеллектуальную обработку поступивших данных на предмет определения состояния всей системы в целом и выработку рекомендаций дальнейшей эксплуатации в текущих условиях; *СК* и *СД* – системы контроля и диагностики, соответ-



ственно, с их помощью выявляется текущее состояние [2]. Как видно из схемы (см. рисунок), ЦВК имеет доступ к среде внешней сети (в данном случае Internet).

Функциональная схема управления, показанная на рисунке, дает возможность в случае необходимости перестроиться, например, из автоматического управления перейти на ручное или автоматизированное. Помимо этого, изменения структуры управления могут дать выигрыш во времени и уменьшить убытки, понесенные в случае возникновения отказа.

### **Литература**

1. Зотов А.И. Вопрос живучести в горнодобывающих машинах : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Краснодар, 3 ноября 2016 года) [Электронный ресурс] / А.И. Зотов, В.В. Гриценко, А.А. Черпаков. – Краснодар : Науч.-издат. центр Априори, 2016. – 8 с. – URL : <http://www.apriori-nauka.ru/electronic-arc/Tehnika-i-tehnologii-rol-v-razvitii-sovremennogo-obschestva>

2. Кравченко Т.К. Экспертная система поддержки принятия решений / Т.К. Кравченко // Научный журнал «Открытое образование». – 2010. – № 6. – 10 с.

УДК 004

**Н.Ю. Богданова, М.А. Гриненко, В.В. Орловский,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СТУДЕНТОВ, ПОСТУПАЮЩИХ НА ВОЕННУЮ КАФЕДРУ, И КАНДИДАТОВ – НА КОНТРАКТНУЮ СЛУЖБУ В РЯДЫ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ**

***Ключевые слова:** модернизация образования, военная кафедра, профессиональный отбор, система тестирования.*

В данной работе исследуется возможность получения реальной оценки нервно-психической устойчивости студента ДГТУ

с помощью автоматизированной системы психологического тестирования. Дано понятие нервно-психической устойчивости и методики ее определения. Разработана программа для тестирования в среде программирования Delphi 7.

Нервно-психическая устойчивость – способность человека регулировать свое взаимодействие со средой деятельности. Существует четыре уровня нервно-психической устойчивости (НПУ):

I группа – лица с высокой нервно-психической устойчивостью;

II группа – лица с достаточной нервно-психической устойчивостью;

III группа – лица с удовлетворительной нервно-психической устойчивостью;

IV группа – лица с неудовлетворительной нервно-психической устойчивостью.

Тестовая методика, разработанная доктором медицинских наук, профессором В.Ю. Рыбниковым, легла в основу нового перспективного научного направления – экстремальной психологии, психофизиологии стресса, возникшего на стыке психологии труда, эргономики, психофизиологии.

В основе лежат психологические тесты «Прогноз-II» и «Методика изучения посттравматического стрессового расстройства» (ПТСР).

Процедура проведения тестов следующая: необходимо дать ответ на 86 вопросов, которые выявят некоторые особенности личности. При прохождении необходимо быть откровенным, долго не думать и выбирать из предложенных ответов то, что первым придет в голову.

Обработка данных происходит в три этапа. Первый – это определение искренности. Для этого в тесте присутствуют специальные вопросы.

Второй этап – подсчет первичных баллов. Полученные баллы переводят в «стены».

Стен – «стандартная десятка» результатов. После чего идет определение уровня НПУ с учетом шкалы искренности и шкалы нервно-психической устойчивости.

Третий этап – проведение теста «Методика изучения ПТСР» – методика тестирования, которая была разработана для диагностики ПТСР у военнослужащих, переживших военные действия.

При подсчете баллов участвуют две шкалы. По одной шкале – баллы считаются напрямую от 1 до 5 (от «совершенно неверно» – 1 балл до «совершенно верно» – 5 баллов). По второй – наоборот, от 5 до 1 («совершенно неверно» – 5 баллов, «совершенно верно» – 1 балл). Итоговый балл отражает, на сколько травматический опыт воздействует на человека.

УДК 004.9

**Н.Н. Венцов, И.Ю. Шумилов,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
more-99@mail.ru

## **ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЧЕТКИХ ЗАПРОСОВ НА ЯЗЫКЕ PYTHON ПРИ ПОМОЩИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

***Ключевые слова:*** программирование, алгоритмы, python.

Усложнение современных процессов принятия решений актуализирует необходимость построения математических моделей, позволяющих конвертировать нечеткие запросы, сформулированные на естественном языке в SQL-подобные коды. В процессе анализа и принятия решений эксперту удобнее оперировать терминологией, описывающей расплывчатые границы и отношения между объектами. Простым и эффективным способом описания расплывчатости является параметрический подход к построению функций принадлежности к данному классу объектов или отношений.

Эффективность параметрического подхода построения функций принадлежности обусловлена тем, что эксперт, описывая лингвистическое значение какого-либо признака, с минимальным напряжением может указать три точки – А, В, С, из которых В и С – точки, не принадлежащие характеризующему лингвистическому значению, а точка А – точка, принадлежащая ему [1].

В качестве программных средств для разработки были выбраны:

- язык Python – для удобного синтаксиса и большого количества дополнительных библиотек;
- библиотека PyQt – для создания графического макета приложения;
- библиотека Matplotlib – для построения графиков принадлежности;
- база данных SQLite – для хранения данных;

Данное приложение позволяет с помощью первой формы находить новые термы на основе известных данных с помощью коэффициентов преобразования. Эти данные можно сохранить в базу данных, добавив лингвистическое описание найденного терма. Также имеется функционал построения графиков принадлежности и графиков отрицания. Используя вторую форму, можно загрузить из баз данных параметры термов, полученных с помощью первой формы. На основе этих значений можно отправить нечеткий SQL-запрос к базе данных. За счет возможности автоматического построения графиков облегчается графическая визуализация данных.

Данное приложение позволяет упростить процесс расчета новых термов, а также составления нечетких запросов к различным базам данных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-01-00390.

### **Литература**

1. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига : Зинатне, 1990. – 184 с.

<sup>1</sup>Е.Н. Остроух, <sup>2</sup>А.М. Демьянов, <sup>3</sup>П.А. Панасенко,  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
<sup>1</sup>eostr@donpac.ru, <sup>2</sup>demyanov23@gmail.com,  
<sup>3</sup>Краснодарское высшее военное училище  
имени генерала армии С.М. Штеменко,  
г. Краснодар

## ПЕРЕХОД ОТ ЗАДАЧИ УСЛОВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ К ЗАДАЧЕ БЕЗУСЛОВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

**Ключевые слова:** задача условной оптимизации, задача безусловной оптимизации, алгоритмы оптимизации, метод барьерной функции, метод штрафной функции.

Решение задачи поиска локального максимума или минимума функции при наличии ограничений на ее переменные является одной из самых актуальных оптимизационных задач. Сведение задач условной оптимизации к задачам безусловной оптимизации позволяет избавиться от ограничений и произвести поиск экстремума в пределах неограниченного пространства переменных. Среди алгоритмов безусловной оптимизации выделяют алгоритм штрафной функции и алгоритм барьерной функции<sup>1</sup>. Оба этих алгоритма дают возможность перехода от задач условной оптимизации к последовательности задач безусловной оптимизации. Метод барьерной функции относится к методам внутренней точки и начинает свою работу с допустимого значения, далее продолжает генерировать последовательность допустимых точек. Метод штрафных функций относится к группе методов внешней точки. И он начинает поиск с недопустимого решения, далее генерируя последовательность недопустимых значений, приближа-

---

<sup>1</sup> Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учеб. пособие / А.П. Карпенко. – 2-е изд. – М. : Изд-во МГМУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 446 с.

ясь к оптимальному решению извне допустимой области. Метод барьерных функций имеет ряд вычислительных трудностей, таких как: поиск оптимального начального значения, возможность получения некорректного результата вследствие выхода за границы допустимой области. Все это делает метод штрафных функций более приоритетным при выборе методов перехода от задачи условной оптимизации к задаче безусловной оптимизации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-01-00391).

УДК 004

<sup>1</sup>В.А.Ландышев, <sup>2</sup>А.Н. Левченков, <sup>3</sup>О.Н. Ландышева,

<sup>1,2</sup>Донской государственный технический университет,

г. Ростов-на-Дону,

<sup>3</sup>Институт водного транспорта им. Г. Я. Седова,

г. Ростов-на-Дону

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ КЛАСТЕРА ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН**

**Ключевые слова:** кластеризация, технологии виртуализации, надежность вычислительной системы, коэффициент готовности, отказоустойчивость, сети передачи данных.

В настоящее время в мире и, в частности, в России при построении вычислительных систем общего назначения основным средством, обеспечивающим их высокую доступность для конечных потребителей, является кластеризация виртуальной среды. Основная особенность данного технического решения – использование нескольких комбинированных способов резервирования, обеспечивающих надежность системы [1].

Технически резервирование важных аппаратно-программных компонентов вычислительных систем реализуется при помощи отказоустойчивых кластеров серверов, которые могут реализоваться на уровне операционной системы, приложения или в виде специализированного программно-аппаратного комплекса.

Основные современные коммерческие платформы виртуализации обладают механизмом кластеризации гипервизоров и репликации виртуальных машин между узлами кластера. По сути, это позволяет реализовать резервирование со скользящим резервом, обладающее сравнительно меньшей стоимостью, а самое важное при данном способе – это возможность резервировать те сервера, которые технически не обладают функционалом резервирования при помощи кластеризации, реализованной на уровне приложений.

Применение технологий виртуализации позволяет значительно повысить доступность ИТ-сервисов за счет встроенных технологий отказоустойчивости, обеспечивающихся созданием виртуального кластера [2].

Традиционным техническим подходом обеспечения надежности серверов вычислительной системы является кластеризация серверов. Широкое использование данной методики ограничивалось недостатками, присущими структурному резервированию, то есть высокой конечной стоимостью системы для потребителя. Частично эта проблема решается при помощи использования кластера виртуальных машин.

Для обеспечения коэффициента готовности современной вычислительной системы, соответствующей уровню «Отказоустойчивая» (fault tolerant), для кластера виртуальных серверов достаточно соотношения основных и резервных систем, как 4:1, (для кластера из 4 серверов 1 сервер будет находиться в скользящем горячем резерве) [3, 4].

Для обеспечения коэффициента готовности современной вычислительной системы, соответствующей уровню «Высокая доступность» (high availability), требует повышения коэффициента готовности каждого сервера кластера виртуальных машин, увеличение количества резервных кластеров практически не влияет на данные параметры.

Применение отказоустойчивых технологий виртуализации предъявляет высокие требования инфраструктуре информационной системы, в частности, наличие сети передачи данных SAN.

## Литература

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике (ССНТ). Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 01.07.90. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002.

2. Мировой рынок ЦОДов снижает темпы роста и меняет очертания [Электронный ресурс] // CNews.ru – издание о высоких технологиях. – URL : <http://www.cnews.ru/reviews/free/datacenter/articles/articles9.shtml>

3. Daniel P. Siewiorek. High Availability Computer Systems / Daniel P. Siewiorek, Jim Gray. Digital Equipment Corporation; Department of Electrical Engineering; 455 Market St., 7<sup>th</sup> Floor; Carnegie Mellon University; San Francisco, CA. 94105; Pittsburgh, PA. 15213.

4. Estimating Availability of SAP on ESXi Clusters – Examples [Electronic resource]. – URL : <http://blogs.vmware.com/apps/2013/07/estimating-availability-of-sap-on-esxi-clusters-examples-2.html>

УДК 004

<sup>1</sup>Н.А. Микушин, <sup>2</sup>М.В. Ядровская,

Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,

<sup>1</sup>[dstu.mikushin@gmail.com](mailto:dstu.mikushin@gmail.com), <sup>2</sup>[marinayadrovskaja@rambler.ru](mailto:marinayadrovskaja@rambler.ru)

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

**Ключевые слова:** электронное оборудование, характеристики состояния, мониторинг, датчики, база данных, система мониторинга состояния оборудования.

В настоящее время актуальным является вопрос оценки технического состояния оборудования. Во многом это связано с тем, что для некоторой части электронного оборудования превышен возможный срок эксплуатации, определенный нормативными документами. Необходимо непрерывное отслеживание параметров функционирования такого оборудования с целью обеспечения и планирования его нормальной работы. В связи с этим была сформулирована и практически решена задача создания информационной



системы, отслеживающей состояние персонального компьютера. Аппаратная часть системы – персональный компьютер, к которому подключены внешние датчики (температуры, давления, вибрации) и фотоэлементы, используемые для измерения уровня освещенности. Измеряющие элементы подключены также к электронной станции с применением микроконтроллера Raspberry, который снабжен программой считывания показателей датчиков.

Система, во-первых, анализирует конфигурацию компьютера и выдает подробную информацию об: установленных в системе устройствах, программном обеспечении; драйверах; запущенных процессах; конфигурации операционной системы. Во-вторых, система выполняет: интервальный сбор данных с датчиков, измеряющих показатели; передачу собранных данных на сервер; накопление обработанных данных в базе данных; обработку полученных данных и представление их в удобном виде; отображение получаемых данных в режиме реального времени.

Описанная система в целом представляет собой модуль работы с данными, которые впоследствии могут обрабатываться экспертной системой для выдачи информации о рекомендуемых мероприятиях. В этом случае описанная система может быть расширена до интеллектуальной информационной системы мониторинга и диагностики оборудования. При этом мониторинг рассматривается как непрерывное отслеживание характеристик состояния оборудования, а диагностика – как планомерный процесс выполнения интеллектуальной группировки значений отслеживаемых характеристик, их сравнения с требуемыми значениями и определения рекомендаций.

**Секция «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ»**  
(руководитель – д-р техн. наук, проф. Б.В. Соболев)

УДК 539.3

**И.М. Пешхоев,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
peshkhoev@rambler.ru

**ВЕТВЛЕНИЯ РАВНОВЕСИЙ СЖАТОЙ УПРУГОЙ  
ПЛАСТИНЫ С ДИСЛОКАЦИЯМИ И ДИСКЛИНАЦИЯМИ  
НА НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОМ ОСНОВАНИИ**

**Ключевые слова:** упругая пластина, способность, форма.

Пластина содержит непрерывно распределенные источники внутренних напряжений и лежит на нелинейно-упругом основании. Сжимающая нагрузка приложена параллельно плоскости пластины и равномерно распределена по ее краям. Исследовано влияние малой поперечной нагрузки на устойчивость пластины. Исследование проводится на основе системы нелинейных уравнений Кармана для больших прогибов упругих пластин, которая модифицирована с учетом дислокаций и дисклинаций, а также реакции основания в виде многочлена второй или третьей степени от прогиба.

Для исследования нелинейной задачи применяется операторный метод Ляпунова-Шмидта в сочетании с конечно-разностным методом решения краевых задач и задач на собственные значения, возникающих при линеаризации нелинейных уравнений. Рассмотрены случаи критических нагрузок с одной и двумя собственными формами. Построены соответствующие этим случаям системы уравнений разветвления. В результате анализа численных расчетов получены выводы о количестве новых форм равновесия и их асимптотические представления в окрестности точки ветвления. Выведены расчетные формулы критических нагрузок, учитывающие влияние дополнительного действия малого поперечного давления. Исследованы соотношения между параметрами пластины и основания, при которых сохраняется несущая способность пластины в окрестности классического значения критической нагрузки.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКИХ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ

**Ключевые слова:** машинное обучение, сверточные нейронные сети, восприятие, распознавание образов, моделирование, идентификация дефектов.

Одним из наиболее перспективных решений проблемы автоматизированного контроля состояния дорожных поверхностей является применение глубокого машинного обучения, в том числе сверточных нейронных сетей (CNN). Существующие тенденции исследований показывают, что глубокие сверточные нейронные сети весьма эффективны для автоматического анализа больших наборов изображений и для выявления отличительных признаков, по которым можно идентифицировать проблемные участки дорожного покрытия.

Рассматривается архитектура автоматизированной системы обнаружения и локализации дефектов дорожных поверхностей. Модель CNN представлена последовательным набором слоев. Она содержит несколько каскадов слоев свертки и слоев подвыборки, которые предназначены для выделения признаков у изображений. Первый каскад отличается от остальных наличием слоя регуляризации, который предотвращает переобучение нейронной сети. После каскадов свертки и подвыборки следует классификатор. Он состоит из преобразователя двумерного изображения в одномерное входного и выходного полносвязного слоя. Обучение построенной модели проходило с использованием техники Transfer learning, которая предназначена для решения задач с помощью использования предварительно обученной CNN. Точность может возрасти, если произвести тонкую настройку сети (fine tuning). Технология Fine tuning необходима для дообучения предваритель-

но обученной CNN. Для обучения построенной модели CNN применялся небольшой набор данных. Несмотря на проведенную аугментацию, недостаток обучающих данных может отрицательно сказываться на результате работы построенной модели.

В результате обучения и тонкой настройки нейронной сети была получена модель, способная проводить идентификацию дефектов на изображениях дорожного полотна. Ошибка работы построенной модели на тестовом наборе данных не превышает 7 %.

УДК 539.3

**<sup>1</sup>Д.А. Пожарский, <sup>2</sup>Е.Д. Пожарская,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
<sup>1</sup>pozharda@rambler.ru,  
<sup>2</sup>pozharskaya.elizaveta@rambler.ru

## **КОНТАКТНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНО- НЕОДНОРОДНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ**

**Ключевые слова:** контактные задачи, непрерывно-неоднородные цилиндрические тела, задача Ламе, теория упругости.

Построено обобщение решения задачи Ламе для упругого полого цилиндра на случай, когда коэффициент Пуассона материала цилиндра является непрерывной, достаточно гладкой функцией радиальной координаты (задача А). Исследованы контактные задачи теории упругости для неоднородных цилиндрических тел, когда коэффициент Пуассона зависит от радиальной координаты. При этом модуль Юнга также является функцией радиальной координаты. В задаче Б на сплошной бесконечный неоднородный цилиндр посажен жесткий бандаж. Задача Б сведена к интегральному уравнению первого рода, для решения которого использованы регулярный и сингулярный асимптотические методы В.М. Александрова. В задаче В жесткий вкладыш контактирует с шероховатой поверхностью цилиндрической по-

лости в неоднородном пространстве. Задача В сведена к интегральному уравнению второго рода, для решения которого использован метод коллокаций.

Для вывода интегрального уравнения контактной задачи Б в цилиндрических координатах в условиях осевой симметрии исследуется система двух дифференциальных уравнений упругого равновесия с переменным по радиальной координате коэффициентом Пуассона при постоянном модуле сдвига. Предложено общее представление решения этой системы.

В задаче В исследуется контакт жесткого вкладыша, вставленного с натягом в шероховатую поверхность цилиндрической полости в неоднородном пространстве с переменным коэффициентом Пуассона. Шероховатость поверхности моделируется покрытием винклеровского типа. Задача В сведена к интегральному уравнению второго рода, для численного решения которого использован метод коллокаций. При этом решение ограничено на краю области контакта. Отмечается, что в случае гладкой поверхности полости и определенного закона изменения коэффициента Пуассона решение интегрального уравнения (искмое контактное давление) также не имеет характерной корневой особенности на краях области контакта.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-01-00017).

УДК 539.385

**А.А. Ляпин,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
spu-63.6.1@donstu.ru

## **ВЫДЕЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПРИ ВИБРОДИАГНОСТИКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

***Ключевые слова:** диагностические признаки, вибродиагностика строительных объектов, динамические вибрационные процессы.*

Исследование посвящено разработке моделей оценки параметров динамических вибрационных процессов, составляющих базу

знаний для оценки состояния локальных распределенных диагностических объектов. Здание или сооружение, как объект мониторинга, обладает в сравнении с машиностроительными конструкциями рядом особенностей, требующих применения адаптивных механизмов наблюдения и контроля параметров. Это в первую очередь низкая чувствительность (на уровне точности средств измерения) к изменению свойств объекта в частотной области для динамических характеристик отклика, таких как собственные частоты и формы колебаний. Значительную степень неопределенности вносит состояние и свойства грунтового основания объекта мониторинга. Отсюда вытекает необходимость построения интеллектуальной многоуровневой системы мониторинга на основе сети распределенных датчиков с предварительной фильтрацией и обработкой измеряемых параметров на первом уровне, агрегацией полученных данных и их анализом для соотнесения с выбранными классификационными признаками – на втором, а также построением механизмов логического вывода и системы продукционных правил, обеспечивающих согласованный вывод диагностических решений в условиях нечеткости информации – на заключительном.

Наряду с классическими подходами по исследованию частот и форм колебаний в качестве диагностических признаков состояния конструкции предлагается рассматривать пространственное распределение декрементов затухания, а также изменение энергетических и фазовых характеристик колебаний в частотной области. Относительное изменение данных величин приводит к переходу конструкций объекта в иное состояние по несущей способности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-01-00715-а).

Д.С. Цымбалов, <sup>1</sup>О.В. Яценко, <sup>2</sup>Е.Н. Ладоша,  
 Донской государственный технический университет,  
 г. Ростов-на-Дону,  
<sup>1</sup>oleg\_v\_yatcenko@mail.ru, <sup>2</sup>ladoscha@mail.ru

## ДИНАМИКА ОЗОНОВЫХ ДЫР, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЗАПУСКАМИ ЖИДКОТОПЛИВНЫХ РАКЕТ

**Ключевые слова:** озоновые дыры, жидкотопливная ракета, озоносфера.

Уточнены известные модели диссипации следового облака в озоносфере. Динамика возмущения концентраций и температуры описывается уравнениями:

$$\square^n c_i = f_i(c, T, I_{\lambda, H}), \quad \square^n T = 1/c_P \sum f_i(c, T, I_{\lambda, H}) \Delta H_i, \quad (1)$$

где  $\square^n$  – дифференциальный оператор, отвечающий рассеиванию примеси в ящичной ( $n = 0$ ) и цилиндрически симметричной ( $n = 1$ ) постановках;  $f_i(c, T, I_{\lambda, H})$  и  $\Delta H_i$  – соответственно, скорость наработки и энтальпия образования  $i$ -го вещества в фото- и химических реакциях;  $I_{\lambda, H} \equiv I(\lambda, H)$  – интенсивность солнечного излучения;  $\lambda$  – длины волны;  $H$  – высота;  $c_P$  – теплоемкость озоносферного газа;  $c$  – вектор концентрации компонентов в модели;  $c_i$  –  $i$ -ая компонента вектора  $c$ ,  $T$  – температура.

Сначала перемешивание газа обусловлено остаточной энергетикой реактивной струи, поэтому оператор диссипации имеет вид:

$$\square^0 \equiv d/dt + a/(1 + at), \quad \square^1 \equiv \{\partial/\partial t - 1/r \partial/\partial r [r D \partial/\partial r]\}, \quad (2)$$

где  $a$ ,  $D$  – числовые параметры модели,  $t$  – время,  $r$  – расстояние от оси следового облака.

Со временем эти операторы принимают иную форму:

$$\square^0 \equiv d/dt + 3b/(1 + bt), \quad \square^1 \equiv \{\partial/\partial t - 1/r \partial/\partial r [r^{7/3} \xi \partial/\partial r]\}. \quad (3)$$

Обобщение модели состоит в «сшивке» (2) и (3):

$$\square^0 \equiv d/dt - \frac{\partial \ln[(1+at)(1+b^3t^2/a)]}{\partial t} . \quad (4)$$

В озоновой дыре размером  $R(t) = R_0 \sqrt{(1+at)(1+b^3t^2/a)}$  снижение концентрации озона выражается формулой:

$$[O_3](r, t) = \{[O_3]_0 - k_{O_3}[O_3]_{ph}[NO]_0/(k_{NO}[M]) \times \\ \times [1 - \exp(-k_{NO}[M]t)]\} S(r, t) , \quad (5)$$

где  $[ ]$  – обозначение концентрации компонента;  $O_3$  – озон;  $NO$  – оксид азота;  $M$  – все атмосферные газы,  $S(r, t) \equiv \text{sign}[R(t) - r]/R(t)^2$ ;  $k$  – константы скоростей соответствующих реакций (индексами ph и 0 обозначены фоновые значения и начальные концентрации, соответственно):  $k_{O_3}[O_3]_{ph} \approx 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ ,  $k_{NO}[M] \approx 0,01 \text{ с}^{-1}$ ,  $R_0 \approx 150 \text{ м}$ ,  $[O_3]_0 \approx (0,01/0,03) [O_3]_{ph}$ ,  $[NO]_0 \approx (30/100) \cdot [O_3]_{ph}$ ,  $a \approx 4 \text{ с}^{-1}$ ,  $b \approx 0,05 \text{ с}^{-1}$  – эффективные параметры минимальной модели (2)–(3).

Выполненное уточнение моделей позволяет надежно оценивать озоновую дыру при запуске жидкотопливной ракеты, не прибегая к дорогостоящим компьютерным экспериментам. Это актуально для сценарного анализа при планировании запусков.

УДК 004.89

**Е.А. Кисляков, А.А. Матросов,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К ПРОЧНОСТНЫМ РАСЧЕТАМ НЕСУЩИХ БЛОКОВ МСП

**Ключевые слова:** плотность мощности, гармонический закон, колебания.

Возрастающий объем добычи нефтяного сырья способствует возведению новых морских стационарных платформ (МСП) в сейсмически активных районах и в районах со значительной



ветровой нагрузкой. Высокобалльные землетрясения, порывы ветра высокой интенсивности и удары волн представляют большую угрозу для подобного рода сооружений.

Большинство существующих методов и стандартов направлены на учет статических и динамических нагрузок детерминистического характера. Однако большую роль в прогнозировании прочности и устойчивости стационарных платформ морского базирования играют нагрузки стохастической природы.

В настоящей работе в первом приближении опора стационарной платформы морского базирования моделируется в виде вертикально расположенного упругого стержня. Решается задача вынужденных колебаний вертикального упругого стержня кольцевого сечения. В качестве вынуждающей силы выступает гармонический закон со случайной амплитудой и фазой колебаний, неслучайные параметры которых (математическое ожидание и дисперсия) подлежат предварительному экспериментальному определению.

Учет всех случайных воздействий (сейсмические колебания фундамента опоры, ветровая нагрузка на надводную часть опоры, волновая нагрузка, подводные течения, распределение массы на самой платформе) на несущие блоки морских стационарных платформ существенно усложняет постановку задачи и ее решение. Переход к спектральным характеристикам случайных процессов позволяет более точно определять связь между входными и выходными параметрами рассматриваемой механической системы. Также определение спектральной плотности мощности позволяет производить расчет спектрального отклика в программном комплексе конечно-элементного анализа ANSYS. В результате проведения таких расчетов можно с определенной точностью предсказать безотказность сооружения при тех или иных условиях внешнего случайного нагружения.

**А.А. Матросов, А.Н. Педенко,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ НЕСУЩЕЙ ПАНЕЛИ ЦИФРОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ**

***Ключевые слова:** несущая панель, колебательный процесс, колебания, нагрузка.*

В настоящее время невозможно обойтись без применения радиолокационных станций (РЛС), которые служат для решения различного рода задач. Все чаще основой РЛС служат цифровые антенные решетки (ЦАР), с помощью которых удалось расширить функции антенных комплексов. ЦАР должны отвечать высоким требованиям точности, надежности, помехозащищенности, чувствительности. Кроме того, должна быть обеспечена эффективная работа РЛС в различных сложных условиях.

Одной из главных элементов конструкции ЦАР является несущая панель, на которой установлено оборудование для приема и передачи сигналов. Это оборудование создает неравномерно распределенную нагрузку по поверхности панели. Несущая панель состоит из четырех симметричных прямоугольных плит, соединенных между собой с помощью винтовых соединений.

В работе рассматривается ЦАР, установленная на мачте корабля. Существенные силовые воздействия возникают во время качки корабля. Качка корабля представляет собой сложный колебательный процесс, который зависит как от параметров волны, так и от параметров конкретного корабля. Антенна абсолютно жестко прикреплена к мачте корабля и колеблется вместе с ней. Расчет выполнен для случая бортовой качки, так как этот вид качки, в сравнении с другими, приводит к наибольшим нагрузкам на элементы конструкции.

В данном случае рассмотрены колебания по формуле Крылова и проведено сравнение результатов с расчетами качки по

простому синусоидальному закону. При этом амплитуда и период качаний корабля не должны превышать установленных стандартом величин. Расчет выполнен в программном комплексе ANSYS методом конечных элементов.

Расчет показал, что максимальные напряжения и деформации возникают в винтовых соединениях в крайних точках панели, а также в сечениях, проходящих через центр панели. При сравнении полученных результатов выявлено, что применение более точной формулы Крылова при расчете не приводит к существенным изменениям величин напряжений и деформаций.

УДК 004.93

**Н.А. Порядина, И.А. Серебряная,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДА ИСПЫТАНИЯ КИРПИЧА НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЖАТИИ**

**Ключевые слова:** *состояние, прочность, моделирование, результаты эксперимента.*

Одной из основных характеристик, определяющих область использования керамического кирпича, является предел прочности при сжатии. Стандартная методика определения данного показателя состоит в равномерном нагружении образца, состоящего из двух целых изделий, поверхность которых отклоняется от плоскостности не более 0,1 мм на каждые 100 мм длины. Такая точность обеспечивается посредством шлифования. Но при проведении стандартных испытаний реализуется объемное напряженно-деформированное состояние, искажающее результаты измерений.

Для проверки данного утверждения была проведена серия натуральных экспериментов. Установлено, что с ростом высоты образца и увеличением контактных поверхностей поперечные деформации возрастают и материал при меньшей нагрузке доходит до своей предельной прочности. В то же время выравнивание образцов с по-

мощью войлока приводит к меньшей прочности, что связано со снижением влиянием силы трения между образцом и штампом.

Также было проведено конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния с помощью программного комплекса ANSYS. Результаты численного эксперимента хорошо согласуются с результатами натурного эксперимента. Таким образом, в качестве оптимального метода испытаний на прочность при сжатии рекомендуется использовать испытания на образцах, состоящих из двух половинок изделия с выравниванием опорных поверхностей прокладками из технического войлока.

Для оценки применимости данного метода был проведен статистический анализ полученных результатов. Было установлено, что для предлагаемого метода наблюдается самое низкое значение коэффициента вариации. Для оценки возможности применения переходных коэффициентов от рекомендуемого метода к базовому были проверены статистические гипотезы о равенстве генеральных средних и генеральных дисперсий. Установлено, что расхождение средних значительно, а расхождение дисперсий незначительно, что позволяет использовать переходный коэффициент, рассчитанный авторами.

УДК 004.93

**Д.А. Нижник, А.А. Матросов, И.А. Серебряная,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В КИРПИЧАХ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ**

***Ключевые слова:*** состояние, приближенные методы, свойства.

Стены из кирпича считаются одними из самых прочных. Однако и они со временем подвергаются разрушению. Решение задач расчета напряженно-деформированного состояния кирпичей различных видов, а также поиски оптимальных методов и

алгоритмов их решения являются актуальным. Известные результаты носят фрагментарный характер, так как испытания выполняются на образцах небольших размеров, извлеченных из ненапряженных участков стен. Проследить на таких образцах напряженно-деформированного состояния кладки, особенно с учетом наличия трещин, задача трудоемкая. При исследовании используются современные методы анализа, в частности, метод конечных элементов. Приближенные методы и алгоритмы дают хороший результат таких решений. Особенно это важно при наличии неполной информации или недостаточных возможностей вычислительной техники.

Для оценки прочности кирпичей используется программный конечно-элементный комплекс ANSYS. В расчетах используется достаточно мелкая конечно-элементная сетка, позволяющая перейти к анализу напряженно-деформированного состояния в отдельных кирпичах.

Конечно-элементная модель кирпичей представлена объемными конечными элементами со свойствами кирпича в соответствии с принятой системой перевязки и с учетом напряженно-деформированного состояния окружающих участков стен. В первом приближении не учитываются элементы, где происходит локальное разрушение.

В работе учитываются усредненные свойства неоднородного по своей структуре кирпича. Также учитываются усредненные свойства цементного раствора, связывающего кирпичи между собой.

Полученные результаты расчета напряженно-деформированного состояния, возникающего в кирпичах, позволяют выбрать рациональное решение по упрочнению, определив максимальную величину нагружающей силы, передаваемой на конструкцию.

**Е.Н. Ладоша, Д.С. Цымбалов,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **ДИНАМИКА ВНУТРИЦИЛИНДРОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**Ключевые слова:** энергетические характеристики, транспортные процессы.

В модели объединены различные физико-химические аспекты внутрицилиндрового горения на пределе факторного разрешения многоэлементных систем подобной сложности. Учтены около тысячи элементарных химических реакций между сотней реагентов в совокупности с реалистичной для топливно-воздушной смеси (ТВС) турбулентностью. Особенность модели состоит в двухмасштабном осреднении – на уровне пламенных структур и на уровне квазигомогенных объемов ТВС.

При учете деталей горения углеводородного топлива модель надежно воспроизводит силовые и энергетические характеристики рабочего цикла поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Кроме того, она дает верную оценку для содержания CO, CxHy, NO, RCON в отработавших газах при различных режимах работы ДВС.

Однако вследствие химической многокомпонентности использование подробной модели в ряде случаев не оправдано. Поэтому выявлены так называемые скелетные механизмы реагирования – минимальные множества реагентов и реакций, приемлемо аппроксимирующих совокупный процесс. Сначала выявлялись ключевые реагенты, затем – ведущие реакции. Критерием незначительности реагента/реакции служило слабое влияние на динамику и энергетику совокупного процесса (допускалась погрешность  $\pm 5\%$ ), а также на содержание в выхлопе нормируемых токсичных веществ CO, CxHy, и NO (допускалась погреш-

ность  $\pm 30 \%$ ). Важно, что выделение скелетного механизма осуществлялось на фоне специфических для поршневых ДВС транспортных процессов. Установлено, что элементарные химические реакции, составляющие упрощенный механизм горения и образования токсичных веществ в ДВС, фигурируют в альтернативных упрощенных схемах горения моторных топлив.

Результаты выполненных исследований сводятся к следующему: разработана упрощенная модель динамики поршневого ДВС, позволяющая рассчитывать интегральные и мгновенные энергетические показатели, а также токсичность отработавших газов по CO, CxHy, и NO с погрешностью 30 %.

УДК 004.93

<sup>1</sup>А.Н. Соловьев, <sup>2</sup>К.И. Ивенский, <sup>3</sup>П.А. Оганесян, <sup>4</sup>П.В. Романенко,

<sup>1,2</sup>Донской государственный технический университет,

<sup>3,4</sup>Южный федеральный университет,

г. Ростов-на-Дону

## **НЕОДНОРОДНО ПОЛЯРИЗОВАННЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В УСТРОЙСТВАХ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ**

**Ключевые слова:** геометрия моделей, конфигурации электродов, сопротивление, эксперименты.

В пакете ACELAN были построены модели пьезоэлементов с полным учетом неоднородной поляризации, основанные на вычислении зависящих от поляризации материальных свойств в каждом узле численного интегрирования на этапе сборки локальных матриц жесткости. Геометрия моделей была описана в параметризованном виде для упрощения дальнейшей автоматизации численных экспериментов. Для каждой модели был проведен ряд численных экспериментов, позволяющих определить характер поляризации, возникающей в преобразователе для заданной конфигурации электродов. Далее были проведены эксперименты по определению образцов с наибольшим приростом коэффициента

электромеханической связи (КЭМС) по сравнению с однородно-поляризованными преобразователями той же формы. Для ряда моделей было показано, что переход от полного учета неоднородной поляризации к блочно-однородным моделям не приводит к существенному изменению численных результатов. Отдельные элементы полученных моделей были исследованы при помощи прикладной теории, сводящейся к решению системы дифференциальных уравнений. Наиболее перспективные с точки зрения эффективности вырабатываемой энергии преобразователи были дополнительно исследованы в составе электрической цепи в пакете ANSYS, а также изучены на предмет увеличения ширины полосы пропускания. В ходе численных экспериментов для некоторых моделей был установлен кратный прирост КЭМС, ширины полосы пропускания и напряжения, возникающего в цепи при добавлении в сопротивления. Предложенный подход позволяет проводить всесторонний анализ пьезоэлементов сложной структуры, допуская редуцирование полной модели неоднородной поляризации при помощи прикладной теории. Полученное при этом сокращение времени решения прямой задачи позволяет рассматривать полученные результаты как основу для построения оптимизационного процесса для решения коэффициентных обратных задач.

Работа выполнена при финансовой поддержки РФФИ (грант № 16-01-00354А).

УДК 004.93

**А.Н. Соловьев, М.В. Бабаев,**

Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **РАЗРАБОТКА АКТИВНЫХ МАГНИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ РОТОРА АВТОМОБИЛЬНОЙ ТУРБИНЫ**

**Ключевые слова:** *активные магнитные подшипники, скорость вращения, ротор, механизм.*

В современных автомобилях скорость вращения ротора турбины достигает астрономических 280 тыс. об/мин. При такой



скорости вращения сила трения достигает огромных величин. Это, в свою очередь, приводит к резкому увеличению температуры и как следствие к расходу смазочного материала и уменьшению ресурса турбины в целом. Использование активных магнитных подшипников (АМП) вместо традиционных шариковых может уменьшить силу трения практически до нуля. В результате мы получим более стабильную кривую температуры, сможем обойтись без использования смазочных материалов и как следствие увеличим ресурс турбины в несколько раз. АМП – это устройство электромагнитного типа, в котором вращающийся вал (ротор) поддерживается в неподвижной части (статоре) силами магнитного потока. Когда механизм находится в работе, на него оказывают влияние физические силы, стремящиеся сместить ось. Чтобы их преодолеть, магнитный подшипник оснастили системой контроля, которая следит за нагрузкой и подает сигнал управления силой магнитного потока. Магниты, в свою очередь, сильнее или слабее воздействуют на ротор, сохраняя его в центральном положении. АМП, как и любой другой тип подшипника, должен обладать заданной несущей способностью  $F_{\max}$  (максимальное тяговое усилие, которое может развиваться в течение длительного времени без перегрева обмотки). В большинстве случаев статическая нагрузка на подшипник  $Q$  известна точно, реже приближенно. Всегда значение  $F_{\max}$  должно быть больше  $Q$  настолько, чтобы оставался запас для отработки динамических нагрузок,  $F_{\max}/2 = Q$  может быть принято, как вполне приемлемое. В работе проводится моделирование АМП с целью оптимизации максимального усилия. В зависимости от вида стали определяется максимальное значение магнитной индукции в зазоре  $B_{\max} = B$ , при котором достигается  $F_{\max}$ . Таким образом, внедрение автоматических магнитных подшипников в систему наддува двигателя внутреннего сгорания имеет большой практический смысл. Использование АМП в других системах автомобиля повысит надежность, а значит, снизит расходы на эксплуатацию автомобиля.

<sup>1</sup>К.С. Григоренко, <sup>2</sup>С.М. Хартиев, <sup>3</sup>А.Н. Соловьев,

<sup>1</sup>Южный научный центр РАН,

<sup>2</sup>Южный федеральный университет,

<sup>3</sup>Донской государственный технический университет,

г. Ростов-на-Дону

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРЕННИХ ВОЛН МОРЕЙ И ОКЕАНОВ**

***Ключевые слова:*** внутренние волны, кинематические характеристики.

Внутренние волны играют значительную роль в перемещении вод морей и океанов и оказывают влияние на объекты морской инфраструктуры, в связи с этим задача их исследования является актуальной. В работе используются климатические базы данных северных морей России, атлас Арктики-2004, а также экспедиционные данные ЮНЦ РАН и ИО РАН. Обработка исходных гидрологических данных производилась в среде математического пакета MatLab. Картографическое представление полученных численных результатов пространственной изменчивости параметров формирования внутренних волн произведено с помощью программного комплекса ArcGIS. Численная реализация математических моделей динамики внутренних волн осуществлена на основе метода конечных элементов в программе FlexPDE. В работе рассмотрены северо-восточный район Черного моря, Баренцево море (полярные широты), Охотское море (средние широты) а также Центральная Атлантика (экваториальные широты). При подробном анализе современной сезонной изменчивости условий формирования и режимов существования внутренних волн северо-восточной части Черного моря во время экспедиционного сезона 2011 г. на борту НИС Денеб, на примере полусуточных внутренних волн, было выявлено, что для летнего периода характерна значительная пространственная неоднородность. Разница длин волн в северной и южной точках исследований может быть почти двукратной, в то время как осенью разница составляет только 12 %. По-

лучены длины от 1255 до 2037 м 15-минутных волн, причем более длинные волны характерны для осеннего периода, когда толщина слоев с высокими, но не максимальными, значениями частоты плавуности является наибольшей. Рассчитаны кинематические характеристики внутренних волн в районах распространения антарктических водных масс в центральной части Атлантического океана по экспедиционным данным НИС академиком Сергеем Вавиловым в 2012–2015 гг. Показано наличие в дисперсионных зависимостях так называемых зон резонанса. Аналогичные расчеты, проведенные в работе для Черного и Охотского морей, а также Баренцева моря, подтверждают существование данного эффекта.

УДК 004.93

<sup>1</sup>А.Н. Соловьев, <sup>2</sup>А.В. Деркун,

<sup>1</sup>Донской государственный технический университет,

<sup>2</sup>Южный федеральный университет,

г. Ростов-на-Дону

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МУЛЬТИФЕРРОИКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ СВЯЗНОСТИ**

***Ключевые слова:*** сенсоры, метод, анализ.

В настоящее время пьезоактивные композиты применяют в датчиках кровотока, в различных ультразвуковых излучателях для сращивания костей, в синхронизаторах сердечной деятельности. Кроме того, такие материалы довольно долго используются как сенсоры, высокочувствительные датчики переменного и постоянных полей, резонаторы для стабилизации частоты, излучатели ультразвука, удвоители частоты. Целью настоящей работы является изучение новых композитов с различными типами связности с помощью математического и компьютерного моделирования современных мультиферроиков и материалов на их основе. В качестве базового варианта математической модели рассматриваются модели термопьезомагнитоэлектричества, предоставляющие возможности для изучения пьезомагнитных, пьезоэлектриче-

ских, упругих, термоупругих, пьезоэлектрических и магнитоэлектрических сред любого типа анизотропии. При рассмотрении модели композита мультиферроика предполагается использовать метод эффективных модулей, моделирование представительных объемов, конечно-элементное решение задач для представительных объемов с применением конечно-элементных пакетов ACELAN и FlexPDE. Выбор вышеуказанных конечно-элементных программных пакетов и их комплексов обусловлен существенно большими возможностями анализа сложных материалов и способов решения задач с различными типами связности (1–3, 2–2, 3–1). Дизайн таких структур реализуется на основе математического моделирования механических и электрических свойств. В качестве компонента композиционного материала для численного примера были использованы пьезоэлектрики ЦТСНВ-1 и ЦТС-36 и пьезомагнетик NiCo<sub>0.02</sub>-Cu<sub>0.02</sub>-Mn<sub>0.1</sub>Fe<sub>1.8</sub>O<sub>4</sub>. Поскольку мультиферроики с вышеуказанными компонентами композиционного материала являются относительно новыми материалами, до сих пор ведутся исследования, касающиеся применимости различных методов моделирования для структур такого типа. Немаловажным аспектом в выборе материалов для композита является не только относительно высокие показатели полезных свойств материалов, но и геометрическая форма композита, обеспечивающая упрощенную технологию при промышленном изготовлении.

УДК 004.93

<sup>1</sup>Е.Н. Зиборов, <sup>2</sup>А.Н. Соловьев, <sup>3</sup>С.Н. Шевцов,

<sup>1</sup>Донской государственный технический университет,

<sup>2</sup>Южный научный центр РАН,

г. Ростов-на-Дону

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

***Ключевые слова:*** процесс, материал, механические характеристики.

В работе рассматриваются полимеркомпозитные материалы, которые получают методом намотки стекловолокна с исполь-

зованием эпоксидной смолы в качестве связующего материала с последующим температурным отверждением. Такие конструкции используются, в частности, в вертолетостроении при изготовлении лонжеронов винтов. Актуальным является исследование их прочностных свойств и многоциклового усталостного ресурса. На эти свойства большое влияние оказывают внешние условия, в которых функционирует данный элемент (влажность, температура, радиация и др.). Для разработки эффективных композитных материалов и элементов конструкций с их использованием необходима оптимизация технологического процесса их изготовления, структуры композита (ориентация волокон, количество слоев, параметры плетения и др.). Ответы на эти вопросы можно получить в результате натурных испытаний или статистики отказов, связанных с разрушением или потерей несущей способности элементов машин, самолетов, вертолетов, выполненных из полимеркомпозитных материалов, или с помощью математического и компьютерного моделирования подобных материалов и конструкций; именно этим целям посвящена настоящая работа.

Рассматривается ряд задач: управление температурным режимом с учетом собственного тепловыделения при отверждении; определение эффективных механических характеристик армированных композитов и их зависимости от структуры; определение нарушения адгезионных характеристик между матрицей и армирующим волокном; разработка методов виртуального многоциклового усталостного испытания элементов конструкций из полимеркомпозитных материалов. Для решения этих задач разработаны аналитические и численные методы, использованы компьютерные и конечно-элементные модели представительных объемов материалов и элементов конструкций. В качестве основного инструмента численных исследований используется пакет ANSYS. Проведены численные эксперименты, результаты которых хорошо согласуются с результатами известных методов, например, методов осреднения при определении эффективных свойств, и натурными экспериментами, проведенными другими исследователями.

**Н.В. Курбатова, Т.Е. Герасименко,**  
Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **РАЗРАБОТКА РЕДАКТОРА МАТЕРИАЛОВ В ACELAN-COMPOS**

**Ключевые слова:** *материал, редактор материалов, способ.*

Редактор материалов является необходимой частью любого САЕ пакета. Он рассчитан на интерактивное пополнение базы материальных характеристик, а также предусматривает отложенное ее пополнение материалами, в том числе искусственными расчетными материалами, получающиеся в результате моделирования усредненных свойств характерного объема композитного материала (классов 3–0, 3–1, 3–3) с заданным процентным соотношением.

Схема редактора материалов конечно-элементного пакета ACELAN-COMPOS обусловлена характером задач, решаемых в рамках пакета на основе новых современных принципов программирования и функционирования баз данных. Эволюционная стратегия развития пакета ACELAN от простого к сложному, от упругих, пьезоэлектрических материалов к пьезомагнитным требует значительных алгоритмических усилий, это сопряжено с различным числом степеней свободы смежных деталей конструкций. Так, для сопряжения изотропного и электроупругого материала помимо основных характеристик упругого материала необходимы и его диэлектрические проницаемости, задание которых в чисто упругой задаче является чрезмерным. Стратегия от сложного к простому снимает ряд проблем, связанных с алгоритмическим усложнением. Для всех типов материалов используется такая модифицированная полная форма определяющих соотношений, которая обеспечивает невырожденность системы после конечно-элементной дискретизации.

Редактор материалов реализован в виде набора классов в библиотеке ACELAN GUI для веб-версии пакета. Хранение материалов осуществляется в рамках бинарной или JSON сериализации и в реляционной системе управления базами данных (СУБД). Пер-

вые два способа основаны на встроенных инструментах платформы .NET. Они пригодны для переноса содержимого библиотеки между вычислительными машинами и для работы пользователя в desktop-версии или пакетном режиме. Реляционный формат позволяет автоматически добавлять новые материальные свойства и не влияет на структуру хранения. Связь приложения с СУБД реализована при помощи системы ORM (Object-Relational Mapping) Entity Framework для платформы .NET Standart, это обеспечивает гибкость в зависимости от типа клиентского приложения.

УДК 004.93

**А.Н. Соловьев, И.Ю. Михайлов,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ В СЛОИСТЫХ КОНСТРУКЦИЯХ, ВЫЗВАННЫХ МАГНИТНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ**

**Ключевые слова:** математическое моделирование, индуктор, заготовка.

В работе рассматривается математическое моделирование воздействия импульсного магнитного поля на токопроводящие детали. Мощный импульс тока, образующийся с помощью разрядника, проходит через обмотку индуктора, создает вокруг его проводников электромагнитное поле. Это поле возбуждает в заготовке вихревые токи, что приводит к образованию вокруг нее также электромагнитного поля. В результате взаимодействия магнитных полей происходит динамическое воздействие на заготовку и ее деформирование. Магнитно-импульсная обработка осуществляет, например: обжатие трубчатых заготовок, рельефную формовку, штамповку, разделение и другие операции с заготовками. Характер операции определяет конструкцию и форму индуктора. Магнитно-импульсная штамповка является хорошо управляемым процессом, при котором наряду с формовкой можно обеспечить и разогрев заготовки, облег-

чающий деформацию металла. Использование больших мощностей здесь ограничено возможностью разрушения самого индуктора. Деформация осуществляется в импульсном магнитном поле либо при пропускании через проводник тока от генератора, либо при протекании по проводнику тока, индуцированного расположенным рядом индуктором. Изделие, в котором определяется коэрцитивная сила материала, намагничивается до насыщения импульсным магнитным полем, а затем размагничивается плавно возрастающим магнитным полем постоянного тока противоположного направления. Коэрцитивная сила, или напряженность магнитного поля, необходима для полного размагничивания заготовки. При разряде предварительно заряженного конденсатора мощный импульс тока, протекающий через индуктор, образует импульсное магнитное поле высокой напряженности, которое образует в обрабатываемой металлической заготовке вихревые токи. В результате взаимодействия импульса магнитного поля индуктора и вихревых токов в заготовке возникают большие импульсные механические силы, которые и производят требуемую работу. Работа, в свою очередь, в зависимости от поставленной задачи также может быть различной. Цель данного исследования – определение коэрцитивной силы различных материалов, выбор оптимального метода воздействия индуктора для разделения слоистых конструкций.



**Секция «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ  
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
В МЕХАТРОНИКЕ И РОБОТОТЕХНИКЕ»**

(руководитель – канд. техн. наук, доцент Е.А. Лукьянов)

УДК 536.331

**С.П. Малоков, А.В. Саенко,**

Инженерно-технологическая академия

Южного федерального университета,

г. Таганрог,

avsaenko@sfedu.ru

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО  
ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР**

***Ключевые слова:** численное моделирование, лазерный отжиг, распределение температуры, тонкопленочные полупроводниковые структуры.*

В данной работе проведено численное моделирование импульсного лазерного нагрева (отжига) пленки металлоорганического перовскита  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  на FTO/ $\text{TiO}_2$  – стеклянной подложке для осуществления ее быстрой кристаллизации и получения плотнозернистого слоя с однородной морфологией для применения в планарной структуре перовскитовых солнечных элементов.

Моделирование импульсного лазерного отжига пленки перовскита осуществлялось на основе одномерного нестационарного уравнения теплопроводности. При моделировании использовались параметры импульсного Nd:YAG лазера (длина волны 1064 нм, длительность импульса 84 нс) для облучения квадратной области пленки (сторона 2 мм).

В результате моделирования лазерного отжига получены зависимость температуры на поверхности структуры от времени облучения при различной плотности энергии и распределение

температуры по слоям структуры при различной плотности энергии в момент времени, соответствующий максимальной температуре на поверхности.

Моделирование показало, что на поверхности пленки перовскита температура достигает максимального значения в момент времени 120 нс при Гауссовой временной форме лазерного импульса. Результаты распределения температуры по толщине пленки показывают относительно равномерное изменение, что может приводить к более эффективному нагреву на большой глубине. Оптимальная плотность энергии при использовании наносекундной длительности импульса составляет от 50 до 140 мДж/см<sup>2</sup>, когда температура по толщине пленки перовскита изменяется в диапазоне от 58–72 °С до 120–159 °С, соответственно.

УДК 533.6.011

<sup>1</sup>Н.Н. Чернов, <sup>2</sup>А.В. Палий,  
Инженерно-технологическая академия  
Южного федерального университета,  
г. Таганрог,  
<sup>2</sup>avpaliy@sfedu.ru

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ТЕЛА В АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ ПОТОКЕ**

**Ключевые слова:** численное моделирование, оптимизация формы тела, аэродинамический поток, сила аэродинамического сопротивления.

В работе приводится численное моделирование и исследование силы аэродинамического сопротивления в потоке газа различных форм тел как известных, так и предложенных. Проводится оптимизация формы тела с целью минимизации сопротивления. Поставленная цель достигается моделированием в программном комплексе ANSYS FLUENT путем сравнения величин сил аэродинамического сопротивления тела оптимизированной формы с телами,

образованными путем вращения известных профилей, которые были выбраны из серий А, В, Р, V, Mynk, Clark, NASA, ЦАГИ, Су, Як, и др. по наименьшей величине силы аэродинамического сопротивления. Сравнение тел в аэродинамическом потоке проводилось при всех прочих равных условиях, в том числе и сохранения объема (массы) для всех сравниваемых объектов. Форма оптимизированного тела определялась по разработанному авторами методу, основанному на соответствии поверхности оптимизированного тела форме потоковых линий. Вычислительный эксперимент проводился в рабочей области, многократно превышающей объем исследуемых объектов, для изотермического, ламинарного, стационарного течения газа с постоянной плотностью в диапазоне скоростей от 0 до 10 м/с.

В результате значение силы аэродинамического сопротивления для тела оптимизированной формы оказалось ниже аналогичных значений для тел вращения, взятых для сравнения профилей.

Следовательно, можно сделать вывод, что для обеспечения минимального аэродинамического сопротивления форма тела должна совпадать с линиями тока потока заданной скорости и другими второстепенными характеристиками.

УДК 622.232

**Г.Т. Ломонос,**  
Донецкий национальный университет,  
г. Донецк, ДНР,  
gennadiylomonos@gmail.com

## **МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА**

***Ключевые слова:** проходческий комбайн, автоматизация производственных процессов, проходческие работы, система управления движением проходческого комбайна.*

Хорошо известно, насколько опасен и тяжел труд шахтеров, рабочих горнодобывающей промышленности. Создание спе-

циальных роботов-шахтеров породило вполне обоснованные надежды на внедрение на шахтах безлюдной технологии добычи угля и других полезных ископаемых. При проведении подготовительных горных выработок основным процессом проходческого цикла комбайном является разрушение горной породы, ее удаление из забоя выработки и погрузку на транспортные средства. При этом проходческий комбайн (ПК) в автоматическом режиме к началу нового цикла должен продвинуться для продолжения подготовительной выработки по заданному маршруту. В течение проходческого цикла по ряду причин происходит отклонение пространственного положения комбайна от заданного направления  $F_z(x,y,z)$  возмущением  $F_v(x,y,z)$ . В исследовании предлагается метод стабилизации ПК по отклонениям, получаемым в результате предлагаемого алгоритма с использованием специального датчика, вычисления контроллером ПК пространственной смещенности по окончании очередного цикла и определения величины рассогласования для выполнения управления механизмами ПК коррекции нового позиционирования.

УДК 004.93

<sup>1</sup>А.В. Лихолетов, <sup>2</sup>М.А. Толстых,  
Донецкий национальный университет,  
г. Донецк, ДНР,  
<sup>1</sup>likholetovalex@gmail.com,  
<sup>2</sup>atiragram77@gmail.com

## УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ ПОСРЕДСТВОМ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ

**Ключевые слова:** программирование, дополненная реальность, виртуальный объект, реальный объект.

В работе рассматривается возможность применения технологий дополненной реальности для визуализации внутренней структуры и процессов необходимых объектов, о которых по технологическим или иным причинам невозможно делать выводы

ды на основе непосредственного наблюдения. Кроме того, на основе наблюдений виртуальных состояний объектов можно подавать управляющие команды на реальные объекты и изменять состояние их внутренних процессов.

Это достигается тем, что в базе данных устройства содержится несколько вариантов объектов дополненной реальности с соответствующими различными состояниями процессов, протекающих внутри каждого объекта. При этом модуль, отвечающий за наложение дополненной реальности, связан с сервером, откуда он получает информацию о текущем состоянии объекта, которую, в свою очередь, передают туда датчики, расположенные непосредственно внутри объекта, а также отправляют управляющие воздействия, которые передаются на контроллеры объекта. Таким образом, появляется возможность демонстрировать объекты дополненной реальности, отражающие внутреннюю структуру объекта и текущее состояние его процессов. На основе получаемой информации можно с мобильного устройства передавать управляющие воздействия на контроллеры объекта.

Для реализации данной концепции может быть использовано любое устройство, включающее камеру, дисплей и технологические возможности для размещения на нем модуля распознавания, модуля дополненной реальности и базы данных, а также можно подключаться к серверу.

Потенциал применения данного устройства довольно широк, так как предусматривает его применение не только в маркетинговых или образовательных целях, но и на предприятиях, где используются закрытые объекты, состояния которых теперь можно визуально и количественно оценить с мобильного устройства, а также осуществлять управление ими.

## **АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ**

**Ключевые слова:** теплообменный аппарат, регулирование температуры, модель.

Теплообменные аппараты широко используются во многих отраслях промышленности. Режимы их работы существенно влияют на качество работы других объектов производства и потребителей тепла. В работе рассматривается управление противоточным теплообменным аппаратом для температурной стабилизации потока воздуха, подаваемого в ректификационную колонну. Прямым потоком в теплообменнике является воздух, нагнетаемый воздушным компрессором, а обратным потоком – хладагент в виде жидкого кислорода, нагнетаемый управляемым насосом. Жидкий кислород в теплообменнике охлаждает противоточный воздух и закипает на выходе из аппарата.

Теплообменный аппарат содержит систему автоматического управления насосом, которая состоит из отдельных контуров регулирования расхода и давления газообразного кислорода на выходе из аппарата. При возникновении аварийных ситуаций, при запуске аппарата, переводе его режима работы из одного в другой возникает потребность в адекватном управлении температурными режимами такого теплообменника. Поэтому система управления должна дополняться контуром регулирования с учетом нестационарного температурного режима. Для управления таким температурным режимом должно происходить интеллектуальное включение между автоматическим и каскадным режимами управления.

Для настройки и включения данного контура регулирования в систему управления необходимо иметь переходные характеристики конкретного теплообменного аппарата, которые можно получить из математической модели нестационарных физических процессов теплообменника.

Теплообменные аппараты в большинстве случаев поставляются на предприятия в закрытом исполнении, и заранее учесть все их внутренние геометрические и тепловые характеристики не представляется возможным, поэтому для применения модели на практике необходимо решать и задачу идентификации параметров теплообменного аппарата.

УДК 004.8

**А.К. Тугенгольд,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
akt0@yandex.ru

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ МЕХАТРОННЫХ ОБЪЕКТОВ**

***Ключевые слова:** мехатронные объекты, система управления, нечеткая логика, интеллектуальное управление.*

Проблема бесперебойного поддержания высокой надежности мехатронных объектов в процессе эксплуатации ориентирована на автоматизированное обеспечение работоспособности, особенно в условиях компьютеризации производства и прогрессивного информационного обеспечения. Данное исследование предлагает существенное расширение возможности оценки технического состояния мехатронных технологических машин, диагностики и мониторинга неисправностей. Подобное обслуживание позволит создать некоторую автономную систему управления техническим состоянием.

Представлены основные положения нового подхода в виде системы автономного управления поддержанием работоспособного технического состояния мехатронных объектов, повышающего уровень обслуживания до самостоятельно работающих систем автоматизированного управления.

Сформирована структура системы, к обобщенным функциям управления которой отнесены принятие решений и исполнение команд с использованием встроенных средств. Показано, как при синтезе решений для управления используются методы теории нечетких множеств и нечеткой логики. Рекомендована стадийность разработки и внедрения автономной системы в зависимости от складывающихся на предприятии условий и реализованных возможностей.

Предложена методика формирования последовательности работ по внедрению системы автономного управления поддержанием работоспособности и оценки эффективности. При этом в подсистеме мониторинга кроме выполнения традиционной диагностики в процессе наблюдений за состоянием в режиме онлайн предусмотрено выполнение функции оценки результатов диагноза, функции прогнозирования и выработки решений для управления действиями, предотвращающими нарушения работоспособности.

УДК 004.8

**А.К. Тугенгольд,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
akt0@yandex.ru

## **АВТОНОМНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ МНОГООПЕРАЦИОННЫМИ СТАНКАМИ**

**Ключевые слова:** автономные интеллектуальные системы, многооперационные станки, система управления, нечеткая логика.

В современных системах управления станками с числовым программным управлением (ЧПУ), в том числе многооперацион-



ными станками, в функции интеллектуального управления входит поддержание работоспособности в процессе эксплуатации. Под автономным управлением техническим состоянием станков понимается самостоятельное автоматизированное управление, осуществляющее целенаправленную сигнализацию и воздействие на тот или иной компонент-устройство станка для поддержания или восстановления его работоспособности. Восстановление осуществляется с помощью специальных средств на основе оценки состояния, роли и связи с другими устройствами системы. Характерными свойствами объекта с автономным управлением состоянием стали способность заботиться о себе, открытость системы и информационная связность с внешними службами.

Разработанная система автономного управления техническим состоянием станков реализует структуру, к обобщенным функциям управления которой отнесены принятие решений и исполнение команд с использованием встроенных средств.

Показано, как при синтезе решений для управления используются методы теории нечетких множеств и нечеткой логики. Сигналы с датчиков состояний устройств и сигналы на исполнительные механизмы этих устройств поступают через распределенные узлы управления техническим состоянием устройств. Эти узлы связаны с центральным узлом автономного управления, выполняющим обработку сигналов о состоянии, оценку состояний, принятие решений о целесообразных действиях. Каждый узел выполняет функции сигнализации, визуализации состояний устройств, мониторинг изменений состояний, анализа критичности, архивации, связи с устройством ЧПУ и внешними службами ВС. Обращено внимание на важность оценки критичности технического состояния узлов и станка в целом для первоочередного принятия решений по налаживанию системы управления состоянием оборудования на предприятиях.

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОЛЛАБОРАТИВНЫМИ РОБОТАМИ**

***Ключевые слова:** интеллектуальное управление, коллаборативные роботы, робототехника, алгоритм, искусственный интеллект.*

Стремительное расширение сферы применения роботов, включенных в производственные и иные процессы, приводит к увеличению количества задач, предполагающих взаимодействие робота с человеком. В связи с этим актуальным является разработка алгоритмов и систем интеллектуального управления, способных обеспечивать безопасную совместную работу человека и робота, ему ассистирующего. Обеспечение безопасности будет возможно при наличии решений задач прогнозирования движений и действий человека системой интеллектуального управления при выполнении им манипуляций (операций) в одной рабочей зоне с роботом.

Рассматривается решение данной задачи с использованием теории графов, при этом весовые коэффициенты, определяющие вероятности перемещения человеком инструментов/предметов по определенным траекториям, итерационно вычисляются с использованием нечетких экспертных систем [1]. Однако экспертная оценка вероятности движений невозможна без разработки методов и способов решения задач разграничения фаз, исполняемых в каждый момент времени технологических операций, выполняемых человеком и роботом-ассистентом. Разграничение фаз технологических операций (определение начала/окончания конкретной рабочей функции) должно происходить в условиях значительной априорной и текущей неопределенностей, в рабочей области, границы которой также не детерминированы.

При построении алгоритмов интеллектуального управления коллаборативными роботами следует ввести строгое разграничение и точно определить начало и конец технологических опера-

ций. Вследствие чего робототехническая система сможет формировать адекватные управляющие сигналы для приводов, что позволит предотвратить столкновение робота и человека при их совместной работе, и, следовательно, позволит уменьшить травматичность на производстве.

Для решения задачи разграничения технологических операций предлагается ввести кластеризацию векторов признаков, сформированных с помощью нейросетевого распознавания изображений рабочей области [2].

Полученные решения позволяют строго разграничить операции, выполняемые человеком и, соответственно, позволят роботу-ассистенту вовремя переключаться между алгоритмами выполнения операций и эффективно ассистировать и снизить вероятность нанесения травм человеку в ходе их совместной работы. Выведенные зависимости существенно облегчают построение алгоритмов управления коллаборативными роботами для безопасного взаимодействия с человеком.

### **Литература**

1. Дискретная математика. Элементы теории алгоритмов и теории графов : метод. указания к курсу / сост. С.Г. Колесников, В.В. Римацкий, А.И. Созутов. – Красноярск : КрасГАСА, 2004.

2. Профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных [Электронный ресурс]. – URL : [www.machinelearning.ru](http://www.machinelearning.ru)

<sup>1</sup>А.К. Тугенгольд, <sup>2</sup>А.И. Изюмов,  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
<sup>1</sup>akt0@yandex.ru, <sup>2</sup>Andrei-Igorevich1991@yandex.ru

## **СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В СОСТАВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕГО МОДУЛЯ E-MIND MACHINE**

*Ключевые слова:* автоматизированная система мониторинга, система управления, обслуживание, e-Mind Machine, нечеткая логика; мехатронные объекты.

В настоящее время в условиях производственного машиностроения характерна повсеместная эксплуатация многооперационных обрабатывающих центров, способных длительное время функционировать без вмешательства оператора. Соответственно, немаловажной становится проблема поддержания надежности обработки на высоком уровне. Все чаще за решение проблем точности обработки, контроля износа инструмента и оперативных погрешностей, возникающих из окружающей среды, отвечают программы автоматизированного мониторинга состояния станка и его узлов. Системы мониторинга технического состояния станка постоянно совершенствуются на протяжении многих лет. Одним из актуальных направлений является обеспечение возможности определения текущей эксплуатационной готовности объекта исследования и автоматического принятия оперативных решений [1–4].

В статье представлены основные аспекты построения системы идентификации и контроля состояния режущего инструмента многооперационного станка на базе интеллектуального информационно-управляющего модуля e-Mind Machine. Целью работы является разработка системы контроля состояния инстру-

мента многооперационного станка, выявление размерного износа и определение текущего состояния инструмента в режиме онлайн.

Предложен и впервые применен метод идентификации и привязки значений кепстральных коэффициентов к радиальному износу инструмента. Ключевым аспектом исследования является возможность определения значений остаточной стойкости режущего инструмента, а также прогнозирование времени его отказа. Предложена структура примененной системы идентификации состояния инструмента. Вычислены кепстральные коэффициенты сигнала акустической эмиссии для каждого инструмента. Установлены соответствия кепстральных коэффициентов к радиальному износу инструмента при помощи адаптивной нейронечеткой системы вывода.

Разработанная система мониторинга состояния инструмента использует алгоритм извлечения вектора свойств, систему нечеткого логического вывода и информацию о параметрах резания для оценки радиального износа. Для удобства восприятия разработан интерфейс. Основное внимание уделено разработке системы идентификации состояния режущего инструмента. Подход к применению адаптивной нейронечеткой системы вывода (ANFIS) обусловлен нечеткостью данных о состоянии инструмента [5, 6]. Для управления состоянием предложена система мониторинга. Также установлено соответствие значений кепстральных коэффициентов к значению радиального износа режущего инструмента. Полученные результаты применимы в области промышленного машиностроения.

Применение полученных результатов исследования возможны в различных сферах производства, где точность является одним из важных параметров при изготовлении деталей. Автоматизированные системы контроля за состоянием станка позволяют снизить затраты из-за простоя оборудования, а контроль за состоянием инструмента позволит снизить процент брака.

### **Литература**

1. Čuš F. Real-Time Cutting Tool Condition Monitoring in Milling / F. Čuš, U. Župerl // Journal of Mechanical Engineering. – 2011. – 57(2). – P. 142–150.

2. Григорьев С.Н. Повышение производительности фрезерования с помощью диагностирования состояния инструмента с учетом достоверности отображения состояния объекта по критерию его отказа / С.Н. Григорьев, В.Д. Гурин, Н.Ю. Черкасова // Вестник МГТУ «Станкин». – 2011. – 3(15). – С. 44–48.

3. Vallejo A.J. On-line Cutting Tool Condition Monitoring in Machining Processes using Artificial Intelligence. Robotics, Automation and Control, Book edited by: Pavla Pecherková, Miroslav Flídr and Jindřich Duník / A.J. Vallejo. – Vienna, 2008. – 494 pp.

4. Bagci E. Monitoring and analysis of MRR-based feedrate optimization approach and effects of cutting conditions using acoustic sound pressure level in free-form surface milling / E. Bagci // Scientific Research and Essays. – 2011. – Vol. 6. – № 2. – P. 256–277.

5. Тугенгольд А.К. Мониторинг и управление состоянием инструмента на многооперационных станках / А.К. Тугенгольд, В.П. Дмитриев, А.И. Изюмов [и др.] // СТИН. – 2016. – № 11. – С. 13–21.

6. Тугенгольд А.К. Выявление нечеткой границы стойкости режущего инструмента с использованием метода контрольных карт / А.К. Тугенгольд, А.И. Изюмов, Д.Ю. Терехов // Вестник ДГТУ. – 2016. – Т.15, № 2(85). – С. 43–50.

УДК 62-50

**Н.Ф. Карнаухов, <sup>1</sup>М.Н. Филимонов, <sup>2</sup>Д.А. Смяцкий,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
<sup>1</sup>maxfil2006@yandex.ru, <sup>2</sup>Aid219@mail.ru

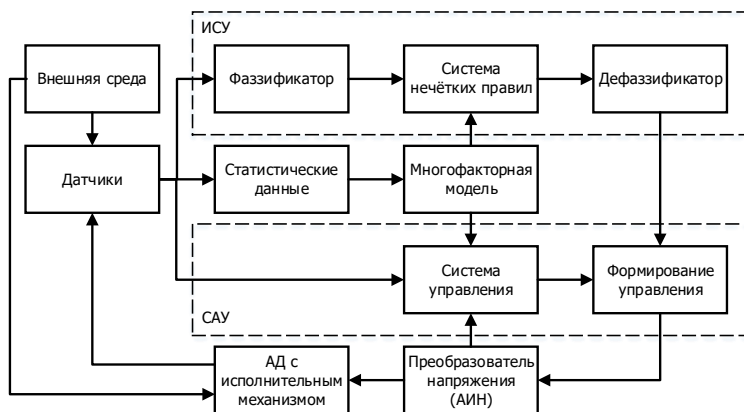
## **НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫМ ПРИВОДОМ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ НАГРУЗКИ**

***Ключевые слова:** нечеткое управление частотным приводом, робототехника, электропривод, система управления, модель.*

В настоящее время частотно-управляемые электроприводы (ЧУЭП), выполненные по схеме асинхронный двигатель (АД) с ав-

тономным инвертором напряжения (АИН), находят широкое распространение в различных производственных механизмах (ПМ). Высокая привлекательность использования ЧУЭП обеспечивается его хорошими эксплуатационными показателями по сравнению с электроприводами постоянного тока. Перспективным направлением является применение ЧУЭП в промышленных роботах (ПР). Особенностью приводов ПР является изменение нагрузки в процессе их функционирования под воздействием случайных факторов (температуры, условий контакта трущихся поверхностей в направляющих) и вследствие изменения параметров технологического процесса (массы и скорости перемещаемого объекта). Так, случайный характер изменения сил трения в контактируемых перемещающихся поверхностях звеньев ПР в процессе их движения, изменение массы и скорости перемещаемого объекта создают трудности при точной остановке и позиционировании выходного звена.

Для решения задачи управления ЧУЭП ПР при изменяющихся параметрах нагрузки от случайных и детерминированных факторов авторами предлагается дополнить систему автоматического управления (САУ) электропривода интеллектуальной системой управления (ИСУ) в совокупности с многофакторной математической моделью системы, блоком обработки статистических данных и датчиками обратных связей о состоянии внешней среды (рисунок).



Интеллектуальная система управления ЧУЭП ПР

Информация о состоянии внешней среды и АД с исполнительным механизмом, поступая в блок обработки статистических данных, обрабатывается и поступает на вход блока многофакторной модели электропривода, который на основе полученных статистических данных дает оценку характеристикам процесса позиционирования при текущем значении управления. Далее полученные результаты оценки поступают на вход блока системы нечетких правил ИСУ и в блок системы управления САУ. Блок системы нечетких правил, используя совокупность нечетких предикатных правил и алгоритм нечеткого вывода (например, алгоритм Мамдани или алгоритм Сугено), формирует новое значение управления ЧУЭП, позволяющее скомпенсировать влияние случайных факторов на характеристики процесса позиционирования выходного звена ПР. Полученные «нечеткие» значения управления проходят через блок дефазсификатора и поступают в блок формирования управления, который на основе их непосредственно формирует управление преобразователем напряжения в виде АИН. Указанный подход к управлению ЧУЭП позволит в условиях изменения нагрузки под действием случайных и детерминированных факторов сохранить допустимые значения показателей качества процесса позиционирования выходного звена ПР.



<sup>1</sup>Д.А. Онышко, <sup>2</sup>О.А. Пурчина, <sup>3</sup>Д.Д. Фугаров,

<sup>1</sup>Южно-Российский государственный политехнический университет  
имени М.И. Платова,

г. Новочеркасск,

<sup>2,3</sup>Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,

<sup>2</sup>knagna\_olga@inbox.ru, <sup>3</sup>ddf\_1@mail.ru

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И НАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРЯДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

**Ключевые слова:** моделирование, никель-кадмиевые аккумуляторы, разрядное устройство, математическая модель.

Рассмотрена математическая модель никель-кадмиевых аккумуляторов (НКА), которая используется в системах контроля параметров аккумуляторов при моделировании разрядных и переходных процессов, обусловленных инерционностью электрохимических реакций в аккумуляторах. Также описано разрядное устройство, используемое при натурно-модельных экспериментах по исследованию разрядных характеристик аккумуляторов.

Проведение исследований статическими воздействиями на НКА с использованием систем контроля и диагностики является весьма непростой задачей, которая существенно упрощается при применении математической модели НКА. Одной из последних разработок математической модели разрядных характеристик НКА является модель:

$$U(I, q) = E - R \cdot I + \frac{Q}{C_2^0} \ln \left( 1 - \frac{q}{Q} \right) - b \cdot \left[ 1 - \exp \left( - \frac{q}{C_1 \cdot b} \right) \right],$$

где  $b$ ,  $C_1$ ,  $C_2^0$ ,  $Q$  – экспериментальные константы;  $E$  – электродвижущая сила заряженного аккумулятора;  $R$  – внутреннее сопротивление аккумулятора;  $I$  – ток разряда;  $q$  – количество электричества, отданное аккумулятором на момент измерения напряжения  $U$ .

Для оценки адекватности модели в работе проводились многочисленные независимые эксперименты, в результате которых определялись максимальные расхождения расчетных и экспериментальных разрядных характеристик для большого числа аккумуляторов. Для проведения натурно-модельных экспериментов по исследованию разрядных характеристик аккумуляторов разработано специальное устройство, которое позволяет автоматизировать процесс получения разрядных характеристик сразу десяти аккумуляторов. При проведении таких экспериментов максимальное расхождение между расчетными и экспериментальными разрядными характеристиками не превышало 3 %.

УДК 004.93; 681.77

**Е.А. Лукьянов, В.С. Семенов, А.В. Долгих,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
lukevgan@gmail.com

## **ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ РЕШЕНИЙ**

***Ключевые слова:** нейросеть, искусственный интеллект, распознавание объектов.*

В случаях, когда требуется знать координаты положения некоторого объекта в пространстве, используются различные способы их получения. Из бесконтактных методов наибольшее распространение получили оптические способы, однако им свойственны существенные недостатки. От этих недостатков свободны методы измерения, использующие эффекты электромагнитной индукции (электромагнитное позиционирование).

Рассмотрим следующую задачу электромагнитного позиционирования. Даны:

- источник детерминированного переменного электромагнитного поля (излучатель);

- массив приемных катушек индуктивности (приемников) с детерминированными параметрами;
- закон изменения электродвижущей силы (ЭДС) индукции в приемнике при изменении его расстояния и ориентации относительно излучателя;
- взаимное расположение приемников в пространстве;
- амплитуда ЭДС индукции в приемниках.

Требуется отыскать: линейные ( $x, y, z$ ) и угловые (крен, тангаж) координаты излучателя в режиме soft real-time [1].

Определение положения и ориентации излучателя возможно на основе измерения ЭДС индукции, наведенной полем излучателя в приемниках. Для этого должны быть получены уравнения, описывающие зависимость амплитуды принятого сигнала от взаимной ориентации и расстояния между катушками излучателя и приемников.

Выполненные аналитические и экспериментальные исследования показали, что решение задач электромагнитного позиционирования может быть ускорено с использованием искусственных нейронных сетей [2].

Для экспериментальных исследований была выбрана полносвязная нейронная сеть прямого распространения. Количество внутренних слоев сети – три. Обучающая выборка формировалась на основе метода С. Бабича, основные уравнения которого описывают взаимную индуктивность двух электрических контуров – катушки излучателя и приемника электромагнитных колебаний. Вычисление значений взаимной индукции, зависящей, в том числе, от расстояния между катушками и их ориентации, осуществлялось с использованием эллиптического интеграла по С. Бабичу [3].

Для обеспечения точности оценки пространственного положения и ориентации излучателя были использованы несколько приемников. При шести приемниках размер скрытых слоев лучшей нейронной сети составил {20, 41, 18}, при девяти приемниках – {26, 108, 15}, при двенадцати – {32, 69, 19}.

Результаты, полученные в ходе исследования, подтвердили высокую эффективность применения искусственных нейронных сетей для определения пространственных координат излучателя в СЭМП. Скорость вычислений и достигаемая точность подтвер-

ждают возможность проектирования СЭМП с заданными характеристиками для практического применения. Таким образом, авторы приходят к заключению о значительном преимуществе интеллектуального подхода перед другими методами, используемыми для решения задач СЭМП.

### **Литература**

1. Shin K.G., Ramanathan P. Real-time computing: a new discipline of computer science and engineering. Proceedings of the IEEE. IEEE. 82 (1): 6–24. Jan 1994.
2. Лукьянов Е.А. Моделирование системы электромагнитного позиционирования на плоскости / Е.А. Лукьянов, В.С. Семенов, А.В. Долгих // Вестник современных исследований. – 2017. – Вып. № 1–1(4). – С. 88–98.
3. Babic S.I. Mutual Inductance Calculation Between Circular Filaments Arbitrarily Positioned in Space: Alternative to Grover's Formula / S.I. Babic, F. Sirois, Cevdet Akyel and Claudio Girardi // IEEE Transactions on magnetics. – 2010. – Vol. 46, no. 9.

УДК 616-77

**А.Ф. Лысенко, Д.Р. Хашев,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
aflysenko@gmail.com

## **УПРАВЛЕНИЕ БИОМЕХАТРОННЫМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ПРОТЕЗОМ КИСТИ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ И ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ**

**Ключевые слова:** *биомехатронный протез, электромиография, электроэнцефалография.*

Рассмотрена разработка конструкции электромеханического протеза, который обеспечивает высокую степень функциональности и комплексную систему управления.

В статье представлена разработка конструкции протеза, отличающейся высокой степенью антропоморфности. Структура и кинематика конструкции, внешний вид протеза, принцип сгибания пальцев были разработаны на основе анатомии руки человека. Проведен структурный анализ конструкции с определением необходимой степени подвижности искусственной руки и кинематический анализ с решением прямой задачи кинематики. Для виртуальной визуализации движения схватов и жестов руки и для наглядного изучения кинематики синтезирована модель кисти в среде MatLab.

Рассмотрены существующие методики управления протезами на основе получаемых сигналов управления с культи пациента посредством электромиографии (ЭМГ). Данные методики подлежат описанному в статье анализу на выявление сильных и слабых сторон. Основываясь на полученной информации, рассмотрены иные способы управления протезом, а именно посредством электроэнцефалографии (ЭЭГ).

В статье выдвигается гипотеза о создании биомехатронного многофункционального протеза кисти с гибридной системой управления на основе ЭМГ и ЭЭГ. На основе ЭЭГ формируется команда начала движения протезом и запуском всех внутренних процедур работы системы управления, а далее, ЭМГ запускает процессы распознавания сигналов в команды для объекта управления. Также в статье рассмотрены некоторые достоинства данного принципа управления, такие как возможность увеличения количества хватов за счет дополненной системы распознавания по ЭЭГ.

**П.Г. Скубак, А.Ф. Лысенко,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
aflysenko@gmail.com

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ РОБОТОТИЗИРОВАННОГО РЕАБИЛИТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА**

***Ключевые слова:** робототехническая система, робототехника, интеллектуальное управление.*

Применение роботов в реабилитации первоначально было сосредоточено на замене утраченных функций у людей с физическими недостатками такими устройствами, как роботизированные ортезы, рабочие станции, устройства для кормления и роботизированные инвалидные кресла. За последние два десятилетия проводится все больше исследований в области использования роботов в физической терапии. Цель реабилитации заключается в том, чтобы восстановить функции организма пациента после ухудшения здоровья или инвалидности и улучшить мобильность и качество жизни. Это может быть результатом инсульта, травмы или последствием оперативного вмешательства [1].

Поскольку роботы хорошо подходят для повторяющихся задач и могут быть рассчитаны на необходимые создаваемые усилия, их использование при выполнении лечебных упражнений позволяет уменьшить физическую нагрузку терапевтов и может потенциально позволить врачам одновременно контролировать лечение нескольких пациентов в роли координатора. Используя роботизированные устройства, диагностика и реабилитация могут быть сделаны более объективно с помощью количественных данных. Несколько успешных реабилитационных роботов прошли клинические испытания и в настоящее время используются в больницах и клиниках для реабилитации нейромоторов. Однако исследования

и разработка передовой робототехники для медицинской реабилитации все еще находятся на ранней стадии, и дальнейшие исследования в этой области становятся все более актуальными.

Благодаря систематическому обзору существующих решений и новейших подходов к проектированию реабилитационных роботов были выявлены проблемы, возникающие в результате применения стандартных методов построения систем управления. Для создания новых усовершенствованных средств реабилитации была построена и испытана математическая модель нижней конечности, на основе которой были определены действующие на конечность пациента силы.

Применение автоматизированной установки механотерапии позволяет начать раннюю агрессивную реабилитацию пациента, в то время как использование системы интеллектуального анализа динамики мышечного состояния в процессе реабилитации на основе электромиографических данных и антропометрических характеристик пациента позволяет избежать необходимости валового воздействия на суставную ткань. Пассивное движение осуществляется с помощью исполнительного механизма робота. Благодаря этому мышцы активно не сокращаются, что позволяет избавить пациента от болезненных ощущений во время реабилитации. Можно добиться безболезненного увеличения объема движений в коленном суставе, улучшить кровообращение в пораженном районе, удалив мышечный спазм и предотвратив появление контрактур, а это, в свою очередь, приводит к уменьшению частоты осложнений и сокращает продолжительность восстановительного лечения более двух раз [2].

Одним из этапов реализации такой системы является проектирование адаптивной системы корректировки отведения и приведения коленного сустава, основанная на механизмах нечеткой логики и силомоментной обратной связи.

## Литература

1. Shane S.Q. Xie Advanced Robotics for Medical Rehabilitation [Electronic resource] / S.Q. Shane. – URL : [http:// www. springer. com/ series/ 5208](http://www.springer.com/series/5208)

2. Лысенко А.Ф Автоматизированный биомехатронный подход к реабилитации пациентов травматолого-ортопедического профиля [Электронный ресурс] / А.Ф. Лысенко, Е.О. Гаранин, Н.И. Антонова [и др.] // Молодой исследователь Дона. – 2017. – № 2(5). – URL : [http://mid-journal.ru/upload/iblock/2e2/46\\_51.pdf](http://mid-journal.ru/upload/iblock/2e2/46_51.pdf) (дата обращения 13.03.2018).

УДК 621.865.8-5

**Е.О. Гаранин, А.Ф. Лысенко,**

Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
[aflysenko@gmail.com](mailto:aflysenko@gmail.com)

## ЛОГИЧЕСКАЯ МУЛЬТИАГЕНТНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СОРТИРОВОЧНОГО ЦЕНТРА

**Ключевые слова:** мультиагентная робототехническая система, робототехника.

Роботы активно используются для решения широкого круга задач, начиная с автоматизации производственных процессов и заканчивая автономным исследованием космического пространства.

Для решения большинства задач применяются одиночные роботы или же их группы, в которых отсутствует взаимодействие – каждый робот действует независимо от других. Такой подход позволяет решать отдельные несложные задачи из-за ограниченных ресурсов и возможностей одного робототехнического устройства, а также риска выхода его из строя, что снижает надежность робототехнической системы в целом. По аналогии с коллективной деятельностью человека для эффективного решения сложных задач в последнее время широко используют группы взаимодействующих роботов [1].



Одной из наиболее актуальных задач, где применяются группы роботов, является логистика складских помещений, сортировочных центров и т.д. Автоматизация процесса транспортировки грузов внутри склада или сортировочного центра позволяет многократно повысить эффективность и снизить издержки. Это достигается за счет сокращения времени цикла складских операций, а также рационального использования пространства складов. Однако на данный момент реализовано не так много проектов по автоматизации складов. Наиболее известный из них это проект Kiva (склад Амазон) [2].

В России вопрос автоматизации складов и сортировочных центров также является актуальным. По данным «Почты России», большой проблемой остается недостаточная автоматизация процесса сортировки посылок. На одну операцию в среднем уходит 5 мин, а для эффективной работы «Почты России» этот показатель должен быть не более 30 сек. Решить данную проблему позволит применение группы роботов.

Проведя систематический анализ существующих методов построения мультиагентных систем, был выявлен ряд проблем коллективной работы роботов:

- многообразие вариантов путей достижения цели распределения ролей;
- неполнота и противоречивость знаний роботов о состоянии внешней среды и о других участниках группы;
- распределенный и динамический характер планирования действий коллектива (в том числе и траекторий движения);
- проблемы надежной коммуникации и распределенности коллектива в пространстве;
- прочие технические проблемы (архитектура сети, операционные средства и т.д.).

Для решения проблемы неполноты знаний о состоянии среды и других участниках группы можно применить специальное устройство для отслеживания каждого робота группы в пространстве и корректирующего их действия в зависимости от состояния среды.

## Литература

1. Каляев И.А. Модели и алгоритмы коллективного поведения в группах роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. – М. : Физматлит, 2009. – 280 с.

2. Симакина А. «Умные склады»: как сенсоры, роботы и дроны меняют логистику [Электронный ресурс] / А. Симакина. – URL : <https://iot.ru/riteyl/umnye-sklady-kak-sensory-roboty-i-drony-menyayut-logistiku> (дата обращения 15.03.2018).

УДК 004.93

**В.В. Мартынов, Д.А. Быкадоров, Е.А. Богданов,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ЗАЩИЩЕННЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ

***Ключевые слова:** мобильный робот, мониторинг местности, защищенные движители.*

Одним из вредных факторов, усложняющих и удорожающих эксплуатацию сельскохозяйственной техники, является загрязнение движителей (колес, гусениц), что особенно проявляется при неблагоприятных погодных условиях. Абразивные частицы пыли, твердая и жидкая грязь, мелкие металлические детали могут попадать между подвижными частями движителей сельскохозяйственных машин, приводить к их повышенному износу, заклиниванию или выходу из строя.

На кафедре «Робототехника и мехатроника» ДГТУ разработан и изготовлен двухмодульный мобильный робот (ДМР), предназначенный для мониторинга местности, все электромеханические и электронные узлы которого находятся внутри герметичной оболочки (рис. 1). Движение робота осуществляется за счет перемещения масс внутри корпусов [1]. Две видеокамеры, подвешенные на торцах ДМР внутри прозрачных полусфер из ударопрочного полистирола, позволяют получать стереоизображение окружающей местности.

Управление роботом производится удаленным оператором с использованием передаваемой по радиоканалу видеoinформации, а также информации от других датчиков, расположенных внутри робота. Разрабатывается и автономная система навигации робота с использованием искусственного интеллекта. Гидрофобное и олеофобное покрытие корпуса позволят исключить налипание жидкой грязи, смазочных материалов и т.д., что значительно упрощает очистку робота после работы.

Проходимость робота по пересеченной местности определяется диаметром его модулей и мощностью его приводов. Для перемещения по сильно пересеченной местности размеры его модулей могут быть сделаны достаточно большими. На рис. 2 показан вариант конструкции ДМР с увеличенным клиренсом (для облегчения прохождения над грядками).



Рис. 1. Внешний вид робота



Рис. 2. Один из возможных вариантов корпуса робота

Конструкция ДМР защищена патентом РФ № 172377 от 14 декабря 2015 г. Действующий макет робота принимал участие во Всероссийских выставках.

### **Литература**

1. Лосев М.В. Система управления двухмодульного мобильного робота с защищенными от внешней среды двигателями / М.В. Лосев, М.А. Тросин, В.В. Мартынов // Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития. 2017. – С. 153–156.

**Секция «ПЕРСПЕКТИВЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ»**

(руководитель – канд. техн. наук В.В. Еремеев)

УДК 539.3

**В.В. Еремеев,**

Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

**ОБ АНАЛИЗЕ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ  
ПЛИТ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ**

***Ключевые слова:** нелинейная теория упругости, устойчивость, слоистая плита.*

В рамках нелинейной теории упругости рассматривается потеря устойчивости двух- и трехслойных плит. Особенностью постановки данных задач является наличие предварительных напряжений в одном из слоев. Таким образом, обычно используемый подход в нелинейной теории упругости с одной ненапряженной начальной конфигурацией невозможен и требуется рассмотрение начально-напряженных отсчетных конфигураций. В работе изложены линеаризованные краевые задачи, которые представляют собой системы уравнений в частных производных, и получены их решения на основе метода разделения переменных Фурье [1, 2].

Для построения решений и автоматизации метода разделения переменных использовалась система аналитических вычислений MAPLE. Исходные краевые задачи сведены к краевым задачам для обыкновенных дифференциальных уравнений, решения которых были построены аналитическими средствами MAPLE.

Проведенные расчеты показали, что наличие начальных напряжений существенно влияет как на величины критических нагрузок, так и на моды выпучивания. В частности, показана возможность потери устойчивости только в результате действия начальных напряжений.

## Литература

1. Eremeev V.V. Buckling of a two-layered circular plate with a prestressed layer / V.V. Eremeev, L.M. Zubov // Mathematics and mechanics of solids. – 2017. – Vol. 22. – № 4. – P. 773–781.

2. Eremeev V.V. On instability of a three-layered nonlinear elastic rectangular plate with prestressed middle layer. In W. Pietraszkiewicz and W. Witkowski (eds) / V.V. Eremeev, L.M. Zubov // Shell Structures: Theory and Applications. – 2018. – Vol. 4. – P. 215–218.

УДК 004.932

**Л.А. Подколзина,**

Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
podkolzinalu@gmail.com

## ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОБУЧЕНИЯ КЛАССИФИКАТОРА ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

***Ключевые слова:** нейронные сети, искусственный интеллект, машинное обучение, классификатор изображений, изображение.*

В работе рассмотрена задача детектирования объектов – определения наличия объекта и нахождение его положения в системе координат пикселей на исходном изображении. Положение определялось координатами окаймляющего прямоугольника. Также были рассмотрены механизмы поиска, предварительной обработки и локализации двумерных штрих-кодов с использованием аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС).

ИНС была обучена с использованием как настоящих, так и синтетических данных, созданных для этого тезиса. Проверка и тестирование проводились как на синтетических изображениях, так и на реальных изображениях штрих-кодов в различных условиях. Для уменьшения размера штрих-коды были преобразованы в полутоновый формат. Для получения результата проводилась

аугментация данных. Были добавлены искажения в пространственное расположение, повороты и вращения, а также изменены уровни освещения и окклюзии. Окклюзии моделировались случайным удалением сегментов штрих-кода и добавлением шумов и размытия по Гауссу. Данные валидации были получены путем фотографирования штрих-кодов, напечатанных на различных поверхностях. Были смоделированы плохие условия освещения. Некоторые изображения были полностью повернуты, а некоторые штрих-коды на бумажных поверхностях смяты для имитации неровных поверхностей. Данные тестирования и данные для обучения являются двумя непересекающимися подмножествами, состоящими из штрих-кодов. Благодаря тому, что заранее известно количество закодированных цифр, устраняется необходимость последующей обработки. Эксперименты показали, что использование описанного в данной работе подхода с использованием ИНС увеличивает количество распознанных штрих-кодов по сравнению с методами, использующими классические подходы (фильтрации, гистограммная обработка и пр.).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-01-00390).

УДК 004.89

**А.Ю. Кулакович,**

Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
eppi199@mail.ru

## **ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОСТЕЙШЕЙ ОДНОСЛОЙНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИМВОЛОВ**

**Ключевые слова:** *нейронная сеть, распознавание образов, искусственный интеллект, алгоритм, изображение.*

Приведен краткий обзор проблемы потери качества изображения. Рассмотрены и проанализированы методы для восстановления расфокусированных изображений.

Описаны функции смаза и способы дефокусировки изображения, а также механизм по устранению трех основных видов смаза изображения.

Разобран алгоритм деконволюции изображения при помощи фильтра Винера и при помощи метода регуляризации Тихонова. В работе проведен анализ корректности применения фильтра Винера и регуляризации Тихонова для смазанных изображений.

Восстановление изображений является актуальной научной практической проблемой, по причине применения изображения при построении математических и информационных моделей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-01-00390).

УДК 004

**Д.О. Цылко,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
masyanya.7777@yandex.ru

## **СПРАВОЧНАЯ МОДЕЛЬ INTERNET OF THINGS**

***Ключевые слова:*** интернет вещей, машинное обучение, инновации.

Интернет вещей (Internet of Things, IoT), также известный как окружающие технологии или встроенные технологии, является глобальной системой IP-подключенного компьютера сетей, датчиков, приборов, машин и устройств, объединение физического мира с виртуальным миром интернета.

Интернет вещей – ключевая часть будущего интернета. Можно предусмотреть много новых возможностей для бизнеса, маркетинга и для общества в целом. Познавательные технологии IoT позволят для лидеров бизнеса понять, что происходит в мире более глубоко. Вливая интеллект в системы и процессы, предприятия смогут не только делать что-то более эффективно, но повысить удовлетворенность клиентов, открыть для себя новый бизнес возможности и предусмотреть риски и угрозы, чтобы они могли лучше справиться с ними.

IoT – это интеграция широкого спектра интеллектуальных устройств и влияния на человеческую рутину, электронное здравоохранение, электронное обучение, дистанционное обучение, мониторинг, наблюдение. Также IoT играет ключевую роль в автоматизации и интеллектуальном промышленном производстве, умной логистике, умном транспорте и др.

В дополнение к IoT есть, например: интернет-услуги, 3D-интернет, интернет контента и мультисервисные сети связи (next generation networks, NGN). IoT состоит из двух терминов: первый направлен на сетевое ориентированное видение IoT – «интернет-ориентированный»; второе фокусируется на «объектах», которые интегрированы в общую структуру – «вещи ориентированные». Фактически, «интернет вещей» семантически означает «всемирная сеть взаимосвязанных объектов», однозначно адресуемая на основе стандартных протоколов связи».

УДК 004

**В.А. Климчук,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ СТУДЕНТОВ**

***Ключевые слова:** информационная система, контроль знаний, программирование.*

Современное общество идет в ногу со временем. Внедряются новые информационные и компьютерные технологии. На данный момент почти каждый студент не может представить лекцию без презентации. Большинство учащихся уверенно пользуются электронными библиотеками и интернет-ресурсами, используют планшетные компьютеры и смартфоны. В университете появляется все больше современного аппаратно-программного



обеспечения для учебы, которое, к сожалению, в некоторых случаях используется либо с неполной отдачей, либо их не всегда удобно использовать для реализации учебных заданий.

Часто преподаватели дают студентам полезные практические учебные задания, которые не всегда можно выполнить на аппаратно-программном обеспечении университета из-за случаев административных ограничений, несовместимостей операционной системы или недостаточной мощности оборудования, а в некоторых случаях даже старое программное обеспечение для обучения некорректно работает на современном оборудовании. Из-за перечисленных выше причин, сегодня практически каждый студент полагается на свое собственное аппаратно-программное обеспечение.

Стационарные ПК есть практически у каждого студента дома, на них, кроме развлечений и личного пользования, студенты могут выполнять большинство учебных заданий, а затем приносить готовые задания на USB-флеш-накопителе и показывать преподавателю на компьютерах университета, но, к сожалению, это не всегда бывает возможным по различным причинам. Другие аппаратно-программные средства студентов – преимущественно смартфоны, ноутбуки и иногда планшеты. Эти средства являются одними из самых часто используемых личных устройств в учебных заведениях. Ноутбуки и смартфоны, как инструмент создания и редактирования мультимедийного контента, еще долго будут востребованы, ведь они сочетают большую производительность и мобильность, с возможностью взять устройство куда угодно и когда угодно.

Стационарные ПК не смогут в полной мере заменить мобильные аппаратно-программные средства, особенно для студентов – одной из наиболее активных групп населения. Студенты довольно часто используют свои ноутбуки в качестве альтернативы компьютерам учебного заведения, когда они не могут показать свое учебное задание или просто реализовать его.

Без хорошего статистического анализа до сих пор остается открытым вопрос, имеют ли студенты с собственными аппаратно-

программными средствами преимущество перед теми, кто ограничивается лишь аппаратно-программными средствами, которые предоставляют учебные заведения, так как не все могут позволить себе приемлемое оборудование для учебы. Также остается открытым вопрос, влияют ли аппаратно-программные средства напрямую на успеваемость студента.

В ходе статистического исследования был проведен анализ использования аппаратно-программных средств ДГТУ для учебной деятельности студентов. Анализируя результаты опроса, удалось выяснить, что студентам с собственными аппаратно-программными средствами, особенно мобильными, определенно легче реализовывать и сдавать учебные задания по сравнению со студентами, которые ограничиваются только аппаратно-программными средствами университета.

В связи с вышеизложенным, принято решение разработать информационно систему контроля выполнения учебных заданий студентов, чтобы минимизировать влияние технических неисправностей и прочих факторов, мешающих учебной деятельности.

Информационная система контроля учебных заданий студентов ДГТУ будет предоставлять следующие возможности:

1. Сдача учебных заданий преподавателю посредством электронного журнала на основе клиент-серверной архитектуры. Основная информация о студентах, преподавателях и предметах берется из электронной информационно-образовательной среды ДГТУ.

2. Возможность студентам выполнять учебные задания на любых аппаратно-программных средствах. Результаты выполнения заданий в виде скриншотов и/или кода хранятся в базе данных, нужен только доступ в интернет.

3. Контроль успеваемости студентов по наличию выполненных учебных заданий. Разграничение по учетной записи, выставление рейтинга.

4. Общение с преподавателем посредством информационной системы. Обсуждение поэтапного выполнения заданий с помощью внутреннего чата, без излишних переписок по электронной почте.

Данная информационная система помогает более эффективно использовать рабочее время научно-педагогического состава, повышать объективность оценивания, своевременно выявлять учебные проблемы, корректировать дальнейшую учебную деятельность студентов, мотивировать их работу на занятиях.

УДК 004

**Д.О. Цынко,**  
Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону,  
masyanya.7777@yandex.ru

## **ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ (INTERNET OF THINGS)**

***Ключевые слова:*** интернет вещей, машинное обучение, инновации.

Интернет на самом простом уровне представляет собой сеть интеллектуальных устройств – от холодильников, которые предупреждают вас об отсутствии некоторых продуктов, к промышленным датчикам, которые подключены к интернету, чтобы они могли обмениваться данными, но интернет вещей (Internet of Things, IoT) далек от простого вызова для ИТ-отделов.

Использование IoT для получения твердой выгоды включает в себя пересмотр некоторых идей, которые долгое время не вызывали сомнений. Для многих компаний IoT представляет собой огромный приток новых устройств, многие из которых трудно обеспечить и управлять. Это сопоставимо с появлением BYOD, за исключением того, что новые вещицы потенциально сложнее защитить, не все работают на одной из трех или четырех основных операционных систем.

## ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ СИНТЕЗ PN-СЕТЕЙ, РЕАЛИЗУЮЩИХ ЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

**Ключевые слова:** *PN-сети, формализация синтеза, базис.*

При представлении процессов управления в робототехнике часто используются сетевые модели. Одной из таких моделей являются PN-сети, обладающие математическим аппаратом анализа, позволяющим проводить формальный анализ моделей проведением оценок свойств достижимости, ограниченности, живости и др. Однако создаются структуры PN-сетевых моделей, формализованные модели синтеза отсутствуют. Целесообразна разработка метода формализованного синтеза PN-сетевых моделей. В основу метода может быть положено решение задачи построения структуры PN-сети по формуле логической функции в виде композиции фрагментов сети, соответствующих базису логической функции. При выборе базиса, в котором представляется логическая функция, целесообразно использовать максимально простую форму соответствующего фрагмента ингибиторной PN-сети.

Для функции, представленной в базисе Шеффера, фрагмент PN-сети, реализующий функцию  $P_3 = P_1 | P_2$ , представлен на рис. 1.

На рис. 2 представлена PN-сеть, реализующая логическую функцию  $P_5 = (P_1 | P_2) | P_3$ . В прямоугольниках используются фрагменты PN-сети в базисе Шеффера (см. рис. 1).

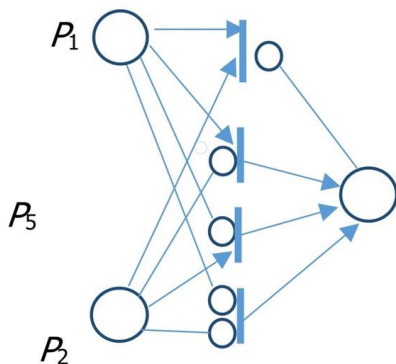


Рис. 1. PN-сеть, реализующая функцию  $P_3 = P_1|P_2$

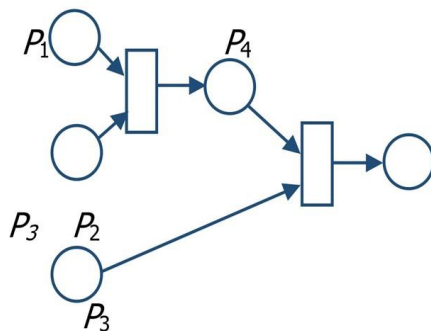


Рис. 2. PN-сеть, реализующая функцию  $P_5 = (P_1|P_2)|P_3$

Если по PN-сети получить логическую формулу и минимизировать ее, то можно упростить сетевую модель.

## Содержание

Секция «ПРОБЛЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»....	5
Чувииков Д.А. МИВАРНЫЕ МОДЕЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ ДТП.....	5
Левченков А.Н., Шабанов Р.М. К ВОПРОСУ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ (на примере МТО ПАО Сбербанк).....	6
Чистяков А.Д. СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ СЕТИ.....	8
Полуян А.Ю., Петренкова С.Б., Паскевич Д.Ю. ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ НЕЧЕТКО СФОРМУЛИРОВАННЫХ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ БИОНИЧЕСКИХ И ИММУННЫХ АЛГОРИТМОВ.....	9
Остроух Е.Н., Требухин А.В., Панасенко П.А., Солопова О.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНАЦИЙ АЛГОРИТМОВ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ...	10
Остроух Е.Н., Демьянов А.М., Панасенко П.А. БИОНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ.....	12
Чернышёв Ю.О., Пшеничный И.С. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ДОКУМЕНТООБОРОТАВ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ УГРОЗАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАРУШИТЕЛЯ.....	13
Зайка Д.Д., Ломонос Г.Т. ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС «ИГРА ФУТБОЛ» ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ УЧАЩИХСЯ.....	14
Пикалёв Я.С. ГЛУБИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ.....	16
Адамова Л.Е., Варламов О.О. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОЗДАНИЯ МИВАРНОЙ СИСТЕМЫ ПОНИМАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО РУССКОГО ПИСЬМЕННОГО ЯЗЫКА «ВИРТУАЛЬНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ».....	17
Варламов О.О. МИВАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РОЛЬ В СОЗДАНИИ АВТОНОМНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОВ.....	18

Варламов О.О. СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НЕОБХОДИМОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	20
Агибалов О.И., Золотарев А.А., Остроух Е.Н. УСЛОВНАЯ И БЕЗУСЛОВНАЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ БИОИНСПИРИРОВАННЫМИ АЛГОРИТМАМИ.....	21
Зотов А.И., Гриценко В.В., Черпаков А.В. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНОЙ МАШИНОЙ.....	22
Богданова Н.Ю., Гриненко М.А., Орловский В.В. СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СТУДЕНТОВ, ПОСТУПАЮЩИХ НА ВОЕННУЮ КАФЕДРУ, И КАНДИДАТОВ – НА КОНТРАКТНУЮ СЛУЖБУ В РЯДЫ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ.....	24
Венцов Н.Н., Шумилов И.Ю. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЧЕТКИХ ЗАПРОСОВ НА ЯЗЫКЕ PYTHON ПРИ ПОМОЩИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА.....	26
Остроух Е.Н., Демьянов А.М., Панасенко П.А. ПЕРЕХОД ОТ ЗАДАЧИ УСЛОВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ К ЗАДАЧЕ БЕЗУСЛОВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ.....	28
Ландышев В.А., Левченков А.Н., Ландышева О.Н. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ КЛАСТЕРА ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН.....	29
Микушин Н.А., Ядровская М.В. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ.....	31
Секция «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ».....	33
Пешхоев И.М. ВЕТВЛЕНИЯ РАВНОВЕСИЙ СЖАТОЙ УПРУГОЙ ПЛАСТИНЫ С ДИСЛОКАЦИЯМИ И ДИСКЛИНАЦИЯМИ НА НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОМ ОСНОВАНИИ.....	33
Соловьев А.Н., Соболев Б.В., Васильев П.В., Булахов А.В. ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКИХ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ.....	34

Пожарский Д.А., Пожарская Е.Д. КОНТАКТНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНО-НЕОДНОРОДНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ.....	35
Ляпин А.А. ВЫДЕЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПРИ ВИБРОДИАГНОСТИКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	36
Цымбалов Д.С., Яценко О.В., Ладоса Е.Н. ДИНАМИКА ОЗОНОВЫХ ДЫР, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЗАПУСКАМИ ЖИДКОТОПЛИВНЫХ РАКЕТ.....	38
Кисляков Е.А., Матросов А.А. ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К ПРОЧНОСТНЫМ РАСЧЕТАМ НЕСУЩИХ БЛОКОВ МСП.....	39
Матросов А.А., Педенко А.Н. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ НЕСУЩЕЙ ПАНЕЛИ ЦИФРОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ.....	41
Порядина Н.А., Серебряная И.А. АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДА ИСПЫТАНИЯ КИРПИЧА НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЖАТИИ.....	42
Нижник Д.А., Матросов А.А., Серебряная И.А. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В КИРПИЧАХ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ.....	43
Ладоса Е.Н., Цымбалов Д.С. ДИНАМИКА ВНУТРИЦИЛИНДРОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	45
Соловьев А.Н., Ивенский К.И., Оганесян П.А., Романенко П.В. НЕОДНОРОДНО ПОЛЯРИЗОВАННЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В УСТРОЙСТВАХ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ.....	46
Соловьев А.Н., Бабаев М.В. РАЗРАБОТКА АКТИВНЫХ МАГНИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ РОТОРА АВТОМОБИЛЬНОЙ ТУРБИНЫ.....	47
Григоренко К.С., Хартиев С.М., Соловьев А.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРЕННИХ ВОЛН МОРЕЙ И ОКЕАНОВ.....	49
Соловьев А.Н., Деркун А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОМПОЗИЦИОННЫХ МУЛЬТИФЕРРОИКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ СВЯЗНОСТИ.....	50



Зиборов Е.Н., Соловьев А.Н., Шевцов С.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	51
Курбатова Н.В., Герасименко Т.Е. РАЗРАБОТКА РЕДАКТОРА МАТЕРИАЛОВ В AСELAN-COMPOS.....	53
Соловьев А.Н., Михайлов И.Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ В СЛОИСТЫХ КОНСТРУКЦИЯХ, ВЫЗВАННЫХ МАГНИТНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ.....	54
Секция «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В МЕХАТРОНИКЕ И РОБОТОТЕХНИКЕ».....	56
Малюков С.П., Саенко А.В. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА ТОНКОПЛЕНЧНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР.....	56
Чернов Н.Н., Палий А.В. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ТЕЛА В АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ ПОТОКЕ.....	57
Ломонос Г.Т. МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА.....	58
Лихолетов А.В., Толстых М.А. УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ ПОСРЕДСТВОМ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ.....	59
Толстых В.К., Пшеничный К.А. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ.....	61
Тугенгольд А.К. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ МЕХАТРОННЫХ ОБЪЕКТОВ...	62
Тугенгольд А.К. АВТОНОМНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ МНОГООПЕРАЦИОННЫМИ СТАНКАМИ.....	63
Лукьянов Е.А., Зайцев А.Ю. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОЛЛАБОРАТИВНЫМИ РОБОТАМИ.....	65

Тугенгольд А.К., Изюмов А.И. СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В СОСТАВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕГО МОДУЛЯ E-MIND MACHINE.....	67
Карнаухов Н.Ф., Филимонов М.Н., Смяцкий Д.А. НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫМ ПРИВОДОМ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ НАГРУЗКИ...	69
Онышко Д.А., Пурчина О.А., Фугаров Д.Д. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И НАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРЯДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....	72
Лукиянов Е.А., Семенов В.С., Долгих А.В. ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ РЕШЕНИЙ.....	73
Лысенко А.Ф., Хашев Д.Р. УПРАВЛЕНИЕ БИОМЕХАТРОННЫМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ПРОТЕЗОМ КИСТИ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ И ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ.....	75
Скубак П.Г., Лысенко А.Ф. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ РОБОТОТИЗИРОВАННОГО РЕАБИЛИТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА.....	77
Гаранин Е.О., Лысенко А.Ф. ЛОГИЧЕСКАЯ МУЛЬТИАГЕНТНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СОРТИРОВОЧНОГО ЦЕНТРА.....	79
Мартынов В.В., Быкадоров Д.А., Богданов Е.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ЗАЩИЩЕННЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ.....	81
Секция «ПЕРСПЕКТИВЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ».....	83
Еремеев В.В. ОБ АНАЛИЗЕ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛИТ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ.....	83

Подколзина Л.А. ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОБУЧЕНИЯ КЛАССИФИКАТОРА ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....	84
Кулакович А.Ю. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОСТЕЙШЕЙ ОДНОСЛОЙНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИМВОЛОВ.....	85
Цылко Д.О. СПРАВОЧНАЯ МОДЕЛЬ INTERNET OF THINGS....	86
Климчук В.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ СТУДЕНТОВ.....	87
Цылко Д.О. ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ (INTERNET OF THINGS).....	90
Фатхи Д.В., Фатхи В.А. ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ СИНТЕЗ PN-СЕТЕЙ, РЕАЛИЗУЮЩИХ ЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ.....	91

Научное издание

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Материалы Всероссийской научной конференции

(Дивноморское, 24–26 сентября 2018 г.)

Редактор Е.Ю. Прорешная

Компьютерная обработка: Е.Ю. Прорешная

---

В печать 27.09.2018.

Формат 60×84/8. Объем 6,2 усл. п.л.

Тираж 100 экз. Заказ № 664. Цена свободная.

---

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1