МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ИЗВЕСТИЯ

Юго-Западного государственного университета

Серия
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА. МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

№ 4 (17)
2015

Курск

2015. №4 (17)
Научный рецензируемый журнал

ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение

Основан в 2011 г.

Выходит четыре раза в год

Учредитель: ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ №ФС77-44620 от 15.04.11).

Журнал «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» включен в перечень ведущих научных журналов ВАК Минобрнауки России

Редакционная коллегия

С.Г. Емельянов (главный редактор), д-р техн.наук, профессор, ректор ЮЗГУ;
В.С. Титов (заместитель главного редактора), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ;
О.И. Атакищев, д-р техн.наук, профессор;
Н.М. Агарков, д-р мед. наук, профессор;
И.А. Авилова, д-р биол. наук, профессор;
М.В. Бобырь, д-р техн. наук, доцент;
А.А. Бурмака, д-р техн. наук, профессор;
В.Н. Гридин, д-р техн. наук, профессор;
С.В. Дегтярев, д-р техн. наук, профессор;
В.Э. Дрейзин, д-р техн. наук, профессор;

СОДЕРЖАНИЕ

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ! 6

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА 8

Сазонов С.Ю., Титенко Е.А., Ханис Н.А.
Подход к прогнозированию возникновения пожароопасной ситуации в дата-центре на основе нейронных сетей.....8

Емельянов С.Г., Атакищев О.И., Попов С.А.
Особенности моделей на основе стохастических атрибутных метаграмматик для группового управления беспилотными летательными аппаратами.....14

Лисицин Л.А., Лисицин А.Л., Халин Ю.А.
Информационные технологии в управлении персоналом.....22

Бурмака А.А., Говорухина Т.Н., Михайлов А.В.
Алгоритм прогноза и слежения за развитием ситуации при работе адаптивного реконфигурируемого модуля.....25

Бабанин И.Г., Шевцов А.Н., Щитов А.Н., Токарева А.А.
Исследование целесообразности применения средств компенсации дестабилизирующих факторов в спутниковом радиоканале при передаче сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией различной позиционности.....30

Дрейзин В.Э., Борзенков П.С.
Прототипный испытательный расходомерный комплекс для расходомеров-счетчиков газа: испытание устройства задания расхода.....35

Полунин А.В.
Вопросы оценивания погрешности вычисления трехмерных координат объектов бинокулярным вариофокальным оптико-электронным устройством.....41

Ж.Т. Жусубалиев, д-р техн. наук, профессор;
И.В. Зотов, д-р техн. наук, профессор;
Н.А. Кореневский, д-р техн.наук, профессор;
А.П. Локтионов, д-р техн. наук, доцент;
С.П. Серегин, д-р мед. наук, профессор;
А.С. Сизов, д-р техн. наук, профессор;
А.В. Филонович, д-р техн. наук, профессор;
С.А. Филист, д-р техн. наук, профессор;
Л.В. Шульга, д-р мед. наук, профессор

Адрес редакции:
305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.
Телефоны: (4712) 22-25-26
Факс: (4712) 50-48-00.
E-mail: rio_kursk@mail.ru

Оригинал-макет подготовлен А.Е. Серебряковой

Подписано в печать 27.11.15. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 12,1.
Тираж 1000 экз. Заказ . Цена свободная.
Юго-Западный государственный университет
305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.

Плата с аспирантов за публикацию не взимается.

Подписной индекс журнала «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» 44288 в объединенном каталоге «Пресса России»

А.И. Пыхтин, О.В. Овчинкин, Н.К. Зарубина, А.Г. Мезенцева
Модификации алгоритма проведения конкурса при приеме на программы высшего образования в соответствии с изменениями порядка приема в вузы россии в 2015 году.....45

Бабанин И.Г., Дрёмова С.О., Крапивная Н.А.
Имитационная модель экспериментальной высокоскоростной радиоприёмно-передающей системы для организации локальной вычислительной сети в научно-исследовательских институтах.....50

Иваненко Р.Р., Иваненко Ю.Р.
Программно-конфигурируемые сети с использованием протокола Open Flow.....56

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ..... 63

Тубол О.А., Земляков А.В., Байдаченко В.А., Муха Ю.П.
Структурная модель элементов голеностопа в линейном случае.....63

Чухраев А.М., Агарков Н.М., Чеканов И.В., Коломиец И.В., Татьяненко Т.Н., Безлепкина Т.П.
Совершенствование специализированной медицинской помощи по информативным показателям на основе прогнозирования.....67

Иванов В.А., Выдрина Т.Н.
Аурикулярная акупунктурная диагностика язвенной болезни во врачебной практике.....73

Безлепкина Т.П.
Прогнозирование рассеянного склероза с помощью метода Вальда.....77

Быков А.В., Устинов А.Г., Хрипина И.И.
Модель прогнозирования возникновения осложнений ишемии нижних конечностей путем оценки функционального резерва организма.....81

Замулин Д.О., Глаголева Я.В., Макконен К.Ф., Жидких Б.Д., Коломиец И.В., Мишунин М.О.
Моделирование распространенности хронического периодонтита среди детей.....89

Аксёнов В.В.
Диагностика и классификация больных острым эндометритом на основе дискриминантного анализа и информативных диагностических симптомов.....93

Магеровский М.А., Кониченко А.В., Кореневская С.Н., Крупчатников Р.А.
Оценка состояния спортсменов по величине электрической сбалансированности меридианных структур организма.....99

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ.....104

© Юго-Западный государственный университет, 2015

2015. №4(17)
Scientific reviewed journal

Published four a year

PROCEEDINGS

of the SOUTHWEST
STATE
UNIVERSITY
Management, computer facilities,
Computer science. Medical instrument making

CONTENS

RESPECTED COLLEQUES!.....6

INFORMATICS, COMPUTER SCIENCES.....8

Sazonov S.Y., Titenko E.A., Khanis N.A.
Approach to prediction of fire management in the data center based on neural networks.....8

Emelyanov S.G., Atakishchev O.I., Popov S.A.
Features of models based on stochastic attribute metagrammars for group control unmanned aerial vehicles.....14

Lisitsyn L.A., Lisitsin A.L., Hulin Y.A.
Information technology in personnel management.....22

Burmaka A.A., Govorukhina T.N., Mikhaylov A.V.
The algorithm predict and monitor the development of situation adaptive reconfigurable module.....25

Babanin I.G., Shevtsov A.N., Shitov A.N., Tokareva A.A.
Feasibility research of compensation funds destabilizing factor in the satellite radio channels if transmission qam different positional.....30

Dreisin V.E., Borzenkov P.S.
Prototipe sample of adjusting flowmeter complex for gas flowmeters-counters: testinging of prototype gas consumption control device.....35

Polunin A.V.
On objects spatial coordinates calculating accuracy measurment with binocular varifocal optoelectronic device.....41

Pykhtin A.I., Ovchinkin O.V., Zarubina N.K., Mezentseva A.G.
Modifications of the competition algorithm when applying for the higher education programms in accordance with the changes of admission regulations to russian universities in 2015.....45

Babanin I.G., Dremova S.O., Krapivnaya N.A.
Simulation model experimental high radio receivers and transmitting systems for organizations in the local area network of scientific research institutes.....50

Ivanenko R.R., Ivanenko J.R.
Software-defined networks using openflow protocol.....56

MEDICAL INSTRUMENT MAKING.....63

Tubal O.A., Zemlyakov A.V., Bagachenko V.A., Mucha P.J.
Structural model elements of the ankle in the linear case.....63

Chuhraev A.M., Agarkov N.M., Chekanov I.V., Kolomiec I.V., Tatyanenko T.N., Bezlepkina T.P.
Improving specialized medical care on informative indicators based on the prediction.....67

Ivanov V.A., Vydrina T.N.
Auricular visual express diagnostics of gastric ulcer in medical practice.....73

Bezlepkina T.P.
Prognosis of multiple sclerosis using the method of wald.....77

Bikov A.V., Ustinov A.G., Khripina I.I.
Prediction model of complications of lower limb ischemia by evaluating functional reserves.....81

D.O. Zamulin, Ya.V. Glagoleva, K.F. Makkonen, B.D. Zhidkih, I.V. Kolomiets, M.O. Mishunin
Modeling the prevalence of chronic periodontitis among children.....89

Aksenov V.V.
Diagnosis and classification of patients with acute en-dometrium on the basis of discriminant analysis and informative diagnostic symptoms.....93

M.A. Magerovsky, A.V. Konichenko, S.N. Korenevskaya, R.A. Krupchatnikov
Assessment of athletes by the value of the electrical balance of meridian structures of the body..... 99

INFORMATION FOR AUTHORS.....104

© Southwest State University, 2015

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

В материалах, включенных в новый выпуск научного журнала, освещены актуальные проблемы современного научного знания в области теории управления, вычислительной техники, информатики и медицинского приборостроения.

В разделе «Управление, вычислительная техника, информатика» спектр исследуемых проблем широк, тематика статей разнообразна и включает следующие вопросы: особенности построения систем противопожарной безопасности для дата-центров; использование формального аппарата стохастических атрибутных метаграмматик для моделирования группового поведения беспилотными летательными аппаратами; рассматриваются особенности автоматизации системы обработки информации процесса управления и развития персонала; приводится алгоритм прогноза и слежения за развитием ситуации при работе адаптивного реконфигурируемого модуля в детерминированном, вероятностном и интеллектуальном (фреймовом) секторах; представлена процедура определения эквивалентного выигрыша в отношении сигнал/шум при использовании адаптивных фильтров с алгоритмами адаптации по методам наименьшего квадрата, наискорейшего спуска; рассмотрены испытания устройства задания расхода для испытательной расходомерной установки газа и проведен анализ их результатов; описывается бинокулярное оптико-электронное устройство с переменным фокусным расстоянием для вычисления трехмерных координат объектов рабочей сцены; сформулирована задача многокритериальной оптимизации для проведения единого в пределах страны конкурса при приеме на обучение в вузы в условиях указания множества приоритетов специальностей и направлений подготовки в заявлениях абитуриентов, предложен алгоритм ее решения и показаны преимущества такого подхода; рассмотрена имитационная модель радиоприёмно-передающей системы, построенной в среде динамического моделирования Simulink; представлена структура активно развивающихся в последнее время программно-конфигурируемых сетей, основанных на базе открытого стандарта OpenFlow.

В разделе «Медицинское приборостроение» в представленных статьях рассматривается начальный этап создания полной математической модели стопы; предлагается совершенствование специализированной медицинской помощи осуществлять по информативным показателям лабораторных и ультразвуковых исследований, проведенных у больных острым эндометритом; рассмотрен метод ранней аурикулярной диагностики язвенной болезни по морфологическим изменениям в

аурикулярных акупунктурных точках проекции желудочно-кишечного тракта; представлены результаты прогнозирования вероятности развития рассеянного склероза с помощью метода Вальда по совокупности различных медико-социальных факторов риска; рассматривается метод построения модели оценки динамики протекания ишемии нижних конечностей путем оценки состояния гемостаза на основе нечеткой логики Е. Шортлифа; построены математико-картографические модели распространенности периодонтита у детей и дана классификация территорий по степени риска развития патологии; проведена разработка математических моделей для класса пациенток с острым эндометритом для диагностики и классификации больных острым эндометритом на основе дискриминантного анализа и информативных диагностических симптомов; рассматриваются вопросы получения количественных оценок функционального состояния спортсменов по величине энергетической сбалансированности меридианных структур организма.

Журнал отражает достаточно широкий спектр научных результатов. Авторы статей продолжают развивать существующие и выдвигать новые подходы к решению задач в своих предметных областях.

С.Г. Емельянов, д-р техн. наук,
профессор, ректор ЮЗГУ,
главный редактор журнала

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

УДК 614.841.46

С.Ю. Сазонов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: serg_saz@mail.ru)

Е.А. Титенко, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: johntit@mail.ru)

Н.А. Ханис, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: hn@tehshield.ru)

ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ В ДАТА-ЦЕНТРЕ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В статье рассматриваются особенности построения систем противопожарной безопасности для дата-центров. В рамках работы было рассмотрено несколько традиционных подходов к анализу временных рядов, которые могли бы решить поставленную задачу. Сравнение известных подходов показало их частичную применимость для оперативного и достоверного прогнозирования пожароопасных ситуаций на высокотехнологичных объектах. Установлено, что наиболее перспективным для достижения цели (повышение оперативности и достоверности) следует считать не расчетно-логические, а адаптивные подходы к вычислениям.

Предложен подход к прогнозированию возникновения пожароопасной ситуации в дата-центре на основе нейронных сетей с использованием самоорганизующихся карт. Одной из важнейших задач системы пожарной безопасности в дата-центре является возможность предотвращения возникновения пожароопасной ситуации на основе мониторинга ретроспективных данных контроля параметров рабочего состояния вычислительного оборудования и температуры в помещении дата центра. Система может находиться в одном из нескольких состояний, которые были выделены в результате анализа данных мониторинга: нормальная работа, кратковременная нестабильная работа (например, кратковременные перегрузки по току); нестабильная работа (например, перегрузки по току); предаварийный участок (например, рост температуры в результате возникновения перегрузки по току) и участок аварийной работы (модуль или блок с повышенной температурой элементов), при этом состояния 2-4 определяются как состояния, на которых неисправность появилась, однако не перешла в необратимую фазу.

Особенность задачи прогнозирования возникновения пожароопасной ситуации заключается в том, что ограниченные возможности датчиков не позволяют учесть в модели все основные факторы. Неучтенные факторы вносят свой вклад в величину ошибок прогнозирования. Для максимального учета данных «скрытых» факторов в работе предлагается двухэтапная обработка данных временного ряда нейросетью – сначала определение основного тренда ряда, а затем тренда ряда остатков. Итоговое прогнозируемое значение вычисляется как сумма двух прогнозов.

***Ключевые слова**: пожароопасная ситуация, дата-центр, пожар, нейронная сеть, датчик, прогнозирование, анализ.*

***

Введение

Современный этап информатизации общества и массового внедрения информационно-коммуникационных средств во все сферы жизнедеятельности человека привел к росту значения и роли информации в научно-технических, социальных, экономических, политических системах общества. Информация становится общественно значимым ресурсом. Увеличение потребности на все виды информации (научную, техническую, экономическую, юридическую, медицинскую и др.), а также повышение требований к содержанию и формам выдачи данных на поисковый запрос обусловливают создание разветвленной информационной сферы, включающей профессиональную деятельность по созданию, переработке, хранению, передаче и накоплению информации. Одним из системных элементов такой цепочки циркулирования информации являются дата-центры.

Постановка задачи исследования и пути ее решения

Практика применения риск-ориентированных подходов к ведению бизнеса

стимулирует использование дата-центров. В настоящее время компании начали понимать, что вложения в организацию бесперебойной работы критичных ИТ-систем обходятся для многих видов бизнеса гораздо дешевле, чем возможный ущерб от потери данных в результате сбоя. Внедрению дата-центров способствует также принятие законов, требующих обязательного резервирования ИТ-систем, появление рекомендаций по применению модели аутсорсинга ИТ-инфраструктуры, необходимость защиты бизнеса от природных и техногенных катастроф (пожаров, наводнений, землетрясений, терактов и т.д.).

Дата-центр – это сложная техническая система, организационно отвечающая за автоматизацию информационно-поисковых процессов и предоставление/обеспечение информационных услуг или управление хранением данных. Структурно дата-центр включает стойки (шкафы) различных серверов данных хранилищ, соединенные коммутационной системой кабелей, через которые осуществляется передача информационно-управляющих сигналов и собственно данных. Также в состав обязательного окружения дата-центра входят автономные системы вентиляции и охлаждения, работающие параллельно с серверами данных. Высокое энергопотребление и бесперебойность функционирования дата-центра определяют включение в его состав также средств резервного питания.

Пожары на высокотехнологичных объектах, в том числе в дата-центрах различного ведомственного или корпоративного подчинения, имеют особую опасность – ущерб от потери информации или простоя может значительно превосходить ущерб от повреждения самого оборудования или даже всего здания. В 2002 г. сетевой операционный центр в Университете г. Твенте (Нидерланды) был уничтожен пожаром. Ущерб достиг 50 млн евро. В 2003 г. работа Rackshack Data Centre приостановлена на несколько часов из-за пожара в коммутационной стойке. Неделей раньше пожар в Data Center блокировал работу NAC.net offline. В 2006 г. пожар уничтожил серверную стойку хранения информации компании Iron Mountain, более 600 записей с информацией о заказчиках были потеряны. В июне 2008 г. пожар в ЦОД ThePlanet в Хьюстоне (штат Техас), принадлежащего одному из крупнейших хостинг-провайдеров в США, привел к ущербу от остановки деятельности и потери данных клиентов в несколько десятков миллионов долларов. Пожар дата-центра в Грин-Бее (штат Висконсин) уничтожил 75 серверов. В 2009 г. в Сиэтле произошел пожар в дата-центре FisherPlaza, почти на сутки прервав работу нескольких крупных платежных систем, а также сервиса "Бинг Тревел" корпорации "Майкрософт", платежный сервис Geocaching.com, доменного регистратора Dotster, хостинг-провайдера AdHost и еще нескольких десятков других сайтов. Пожар 29 марта 2010 г. в крупнейшем на Украине дата-центре в Одессе нанес колоссальный ущерб, уничтожив огромный массив информации. Согласно официальным данным, опубликованным Американской федеральной комиссией по коммуникациям FCC (USA Federal Communications Commission), средний ущерб от простоя крупных Data- и Call-центров оценивается в 2 млн долларов США в час. Пожар, возникающий на таких объектах, воздействуя на электронное оборудование, может вызывать его повреждение как внешнее, так и скрытое. Причем последний тип наиболее опасен, поскольку зачастую сопровождается потерей информации и сбоями в работе во время выполнения операций по обработке, хранению или передаче данных.

Понимая абсолютную важность сохранения информации, уступающую только угрозе жизни человека, дата-центры следует рассматривать как источник поиска нетривиальных средств обнаружения потенциальных аварий и про-

гнозирования пожароопасных ситуаций. Данные особые условия функционирования дата-центра, конечно, частично снимаются средствами дистанционного мониторинга, осуществляющими визуальный и параметрический контроль прежде всего в интересах пожарной безопасности. Построение системы пожарной безопасности дата-центра является сложным комплексом технических средств. Существует ряд проблем при выборе и построении системы противопожарной защиты. В любом дата-центре наиболее ценными защищаемыми объектами являются хранимая информация и персонал, обслуживающий дата-центр. Следовательно, система пожаротушения должна оказывать минимальное воздействие на работу чувствительного оборудования внутри дата-центра, а также являться безопасной для персонала и окружающей среды.

Общая тенденция компьютерной техники – становиться еще более скоростной, функционально насыщенной и компактной – приводит к неуклонному повышению тепловыделения в процессе ее эксплуатации. В настоящее время его величина уже подошла к опасной границе в 1 кВт/м^2. Эта тенденция заставляет владельцев центров все больше средств вкладывать в обновление серверного оборудования и усовершенствование систем охлаждения. Однако увеличение мощности оборудования за счет повышенного воздухообмена усугубляет опасность значительного разбавления концентрации дыма, предвестника будущего пожара, появляющегося на начальной стадии в очень малых количествах. При этом концентрация дыма в таком помещении может долгое время не превышать величину 0,01% затемн./м. Учитывая, что даже самые совершенные дымовые оптико-электронные пожарные извещатели обладают чувствительностью 0,3% затемн./м и более, можно выдвинуть предположение – система пожарной сигнализации, построенная с использованием таких «грубых» детекторов, способна лишь оповестить о реально возникшем пожаре на стадии интенсивного выделения дыма, зачастую сопровождающегося активным горением [1].

Однако в случае неудовлетворительной работы фильтрующих элементов системы кондиционирования и вентиляции воздуха (либо при их отсутствии) в защищаемое помещение может попадать внешний воздух, неся с собой «непожарный» дым в концентрациях, достаточных для ложного срабатывания датчиков, настроенных на фиксированную пороговую величину (для большинства оптико-электронных дымовых пожарных извещателей ее значение составляет от 0,3 до 4% затемн./м). При этом довольно часты случаи непрерывного ложного срабатывания системы пожарной сигнализации. Как правило, устранение данной проблемы на практике происходит за счет «временной» блокировки/отключения на пульте пожарной панели сигналов от «фонящих» извещателей, что с позиции пожарной безопасности объекта абсолютно не допустимо.

Одной из важнейших информационно-вычислительных задач в системе пожарной безопасности в дата-центре является возможность предотвращения возникновения пожароопасной ситуации на основе мониторинга ретроспективных данных, получаемых с датчиков контроля параметров рабочего состояния вычислительного оборудования и температуры в помещении дата-центра. В силу природы возгорания в дата-центре (в результате «длительного» воздействия тепла на условно горючие компоненты) возможно обнаружение не пожара как самоподдерживающегося процесса, а его раннего начала.

В рамках работы было рассмотрено несколько традиционных подходов к анализу временных рядов, которые могли бы решить поставленную задачу. Ниже приводится краткий анализ применимости данных методов для решения поставленной задачи.

1. *Статистический и эконометрический анализ*.

Методы данной группы в основном ориентированы на получение вероятностных характеристик случайного процесса. Они частично подходят для анализа особенностей поведения сложных объектов, в том числе высокотехнологичных объектов [2].

2. *Частотный анализ*.

Частотный анализ в данном случае, если частотные характеристики образов находятся в одном диапазоне, может быть использован только на этапе предобработки, однако не может полностью решить поставленную задачу в динамике [3].

3. *Процедуры классификации на статических данных*.

Методы данной группы, в частности байесовская процедура классификации, хорошо работают для распознавания нештатных ситуаций на многомерных временных рядах на участках установившегося поведения, когда система входит в стационарное состояние, характеризующееся минимальными измерениями параметров во времени. Более того, именно байесовская процедура сейчас используется в промышленности для классификации на участках установившегося поведения. Однако в динамике, на этапе развития аварийной ситуации, этот подход начинает давать сбои – зачастую одинаковые «среды» (статические векторы показателей датчиков в фиксированные моменты времени) фиксируются датчиками при развитии разных нештатных ситуаций в разные периоды времени [4, 5].

4. *Алгебраический подход*.

Алгебраический подход основан на идее разметки ряда с помощью заранее определенного набора условий, аксиом, накладываемых на точки ряда. Исследования подхода показали высокую эффективность, особенно для рядов с большими искажениями по длине и низкочастотными существенными искажениями по амплитуде. Подход является интересным и перспективным для вывода или доказательства императивных знаний. Вместе с тем он требует недопустимых затрат времени неавтоматизируемых и нетривиальных преобразований/вычислений по подбору систем аксиом, что является большой проблемой для оперативной обработки многомерных временных рядов.

Таким образом, сравнение известных подходов показало их частичную применимость для оперативного и достоверного прогнозирования пожароопасных ситуаций на высокотехнологичных объектах. Тем не менее установлено, что наиболее перспективным для достижения цели (повышение оперативности и достоверности) следует считать не расчетно-логические, а адаптивные подходы к вычислениям. Главное преимущество адаптивных вычислений – возможность автоматически в динамике проводить обучение под меняющиеся параметры внешней среды и состояния самой системы. Аппарат нейронных сетей, нейропродукционных систем представляется одним из наиболее подходящих формальных средств для решения поставленной задачи [6, 7].

Сущность предлагаемого подхода

Сущность предлагаемого подхода в исследовании определяется следующими пунктами:

1) в состав первичных средств обнаружения пожароопасной ситуации предлагается включить как традиционные средства контроля (температура, сила тока), так и специализированные – датчики химических газов, пламени, теплоскоростной измеритель;

2) первичными объектами возгорания следует считать все компоненты дата-центра, находящиеся под нагрузкой и способные повлиять на итоговый результат: сервера, э/сеть, коммутационные каналы, ИБП, системы вентиляции и охлаждения;

3) с целью снижения вероятности ложных срабатываний необходим анализ временных рядов и автоматическое обучение по ретроспективе изменения соот-

ношений параметров для выявления скрытых закономерностей во временных рядах и достоверного прогнозирования возникновения пожароопасной ситуации.

В работе предлагается подход к прогнозированию возникновения пожароопасной ситуации на основе данных мониторинга показаний следующих датчиков:

– датчик CO;
– датчик H_2;
– датчик температуры;
– датчик пламени;
– датчик измерения тока в сети;
– теплоскоростной измеритель;
– датчик геркон (открытие двери).

Как было показано выше, дата-центр является сложной системой. Одна из задач, возникающих при обеспечении противопожарной безопасности дата-центра, состоит в том, чтобы как можно раньше понять, когда в системе появилась неисправность, классифицировать ее и принять меры по ее устранению или уменьшению последствий от нее. При этом в качестве исходных данных обычно существует классификация состояний, неисправностей и набор данных с датчиков, соответствующих единичным реализациям неисправностей.

Система может находиться в одном из нескольких состояний, которые были выделены в результате анализа данных мониторинга: нормальная работа, кратковременная нестабильная работа (например, кратковременные перегрузки по току); нестабильная работа (например, перегрузки по току); предаварийный участок (например, рост температуры в результате возникновения перегрузки по току) и участок аварийной работы (модуль или блок с повышенной температурой элементов), при этом состояния 2-4 определяются как состояния, на которых неисправность появилась, однако не перешла в необратимую фазу.

Особенность задачи прогнозирования возникновения пожароопасной ситуации заключается в том, что хотя временные ряды, снимаемые с датчиков, отвечающих за неисправности одного типа, похожи, однако скорость течения процесса и степень возникшей неисправности могут существенно отличаться. Кроме того, ограниченные возможности датчиков не позволяют учесть в модели все основные факторы. Соответственно, неучтенные факторы вносят свой вклад в величину ошибок прогнозирования. Для того чтобы максимально учесть данные «скрытые» факторы, в работе предлагается двухэтапная обработка данных временного ряда нейросетью – сначала определение основного тренда ряда, а затем тренда ряда остатков. Итоговое прогнозируемое значение вычисляется как сумма двух прогнозов.

Выводы

Таким образом, предлагаемый в работе подход состоит из следующих этапов:

1. Классификация типовых состояний функционирования системы дата-центра по заданным параметрам (уровень концентрации углеводородов, температура, наличие открытого пламени, сила тока в сети, положение двери и т.д.) на основе кластеризации ретроспективных данных мониторинга с помощью самоорганизующихся карт Кохонена (СОК).

2. Прогнозирование временных рядов показаний, снимаемых с датчиков, с помощью нейронной сети на основе ретроспективных данных.

3. Расчет отклонений (ошибок) между прогнозируемыми значениями и показаниями, полученными в результате мониторинга.

4. Прогнозирование временного ряда отклонений (ошибок) между прогнозируемыми значениями и показаниями с помощью нейронной сети.

5. Расчет итоговых прогнозных значений временных рядов показаний, снимаемых с датчиков, как суммы прогнозов 2 и 4 этапов.

6. Определение прогнозируемого типового состояния функционирования системы дата-центра по результатам попадания, рассчитанного на 5 этапе про-

гнозируемого значения, в один из кластеров, полученного на этапе 1.

7. При обнаружении тенденции к возникновению пожароопасной ситуации передать оповещение лицу, принимающему, решения о необходимости принятия мер для ее предупреждения.

Предложенный подход позволит снизить вероятность возникновения пожароопасных ситуаций в дата-центре и, как следствие, сохранить существующее оборудование и ценную информацию.

Список литературы

1. Система сверхраннего обнаружения пожаров на основе регистратора наночастиц / С.Ю. Сазонов, Е.А. Титенко, С.Н. Фролов, О.В. Ефремова // Физика и технология наноматериалов и структур: материалы Международной научно-практической конференции / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2013. – С. 72-75.

2. Емельянов С.Г., Фролов С.Н., Сазонов С.Ю. Метод и модель оценки риска возникновения пожароопасных ситуаций // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2014. – Т. 12, № 5. – С. 21-27.

3. Оценка рисков природных и техногенных катастроф в информационно-аналитических системах поддержки принятия решений / И.В. Зотов, С.Ю. Сазонов, О.В. Ефремова, С.А. Аббакумов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 5 (44). – Ч. 2. – С.19-23.

4. Титенко Е.А., Сазонов С.Ю., Фролов С.Н. Организация мониторинга пожарной безопасности электрических сетей на основе многоагентного подхода // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание – 2013: сборник материалов XI Международной научно-технической конференции. – Курск, 2013. – С. 357-360.

5. Егоров С.И., Сазонов С.Ю., Фролов С.Н. Подход к построению интеллектуальной системы моделирования и управления состоянием пожароопасности сложных технических объектов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2013. – Т. 11, № 8. – С. 50-54.

6. Модель и методы управления сложными техническим объектами на основе продукционной парадигмы вычислений / Е.А. Титенко [и др.] // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. – 2012. – №3. – С. 181-187.

7. Подход к оценке рисков природных и техногенных катастроф с использованием аппарата нечеткой логики / И.В. Зотов, С.Ю. Сазонов, О.В. Ефремова, С.А. Аббакумов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 6 (45). – С. 40-44.

Получено 30.09.15

S.Y. Sazonov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: serg_saz@mail.ru)

E.A. Titenko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: johntit@mail.ru)

N.A. Khanis, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: hn@tehshield.ru)

APPROACH TO PREDICTION OF FIRE MANAGEMENT IN THE DATA CENTER BASED ON NEURAL NETWORKS

This article discusses the features of building fire safety systems for data centers. As part of the work was considered more traditional approaches to the analysis of time series, which might solve the problem. Comparison known approaches showed their partial applicability for quick and reliable prediction of fire dangerous situations at high-tech facilities. It was found that the most promising to achieve the goal (improving efficiency and reliability) should not be considered cash-logic and adaptive approaches to computing.

An approach to forecasting the occurrence of fire hazards in the data center based on neural networks with self-organizing maps. One of the most important tasks of fire safety systems in the data center is the ability to prevent fire hazards, based on historical data for monitoring the operating status of the control parameters of the computing equipment and the room temperature data center. The system can be in one of several states that have been identified by the analysis of monitoring data: normal operation, short-term unstable work (eg short-term over-current); unstable work (for example, over-current); pre-fault portion (e.g., a temperature rise resulting from occurrence of the overcurrent) and the emergency operation section (or module unit with high temperature elements), the state 2-4 is defined as a state in which the fault occurs, however, if not switched irreversibly phase.

The peculiarity of the problem of predicting occurrence of a fire situation is that the limited capacity of the sensors do not allow to take into account in the model of all the main factors. Unaccounted factors contribute to the value of prediction errors. For maximum recording data "hidden" factors in the proposed two-stage data processing time series neural network - first the definition of the basic trend of a number, and then the trend of a number of residues. The final predicted value is calculated as the sum of the two projections.

***Key words**: fire management, data center, fire, neural network, sensor, forecasting, analysis.*

УДК519.8

С.Г. Емельянов, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: esg@swsu.ru)

О.И. Атакищев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aoi007@mail.ru)

С.А. Попов, ведущий научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: p.sergey.a1@mail.ru)

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ АТРИБУТНЫХ МЕТАГРАММАТИК ДЛЯ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Для моделирования группового поведения беспилотными летательными аппаратами и программ управления ими предложено использовать формальный аппарат стохастических атрибутных метаграмматик. Рассмотрены основные определения и классы подобных метаграмматик. Показаны их преимущества при решении рассматриваемого класса задач.

***Ключевые слова**: беспилотные летательные аппараты, моделирование, групповое управлене и поведение.*

***

Одной из наиболее важных задач, решаемых при управлении группировками (коллективами, роями) беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), является задача моделирования вариантов правил управления их коллективным поведением для различных условий и решаемых задач.

В настоящее время для формализованного описания относительно несложных программ коллективного поведения группировок БПЛА различного назначения предложено использовать достаточно представительную группу моделей, среди которых наибольшее распространение получили модели на основе графовой и автоматной формализации, сетей Петри [1, 2]. Данные модели достаточно успешно применяются для описания простых программ поведения (управления) БПЛА, характеризующихся малой размерностью множества возможных вариантов поведения и ограниченными областями изменения параметров условий применения. В то же время в последние годы с ростом сложности решаемых задач, группировок БПЛА возникает необходимость в использовании моделей, обеспечивающих возможность формализации и синтеза программ управления (поведения), характеризующихся большим количеством состояний и воздействий, сложными, зачастую динамически реконфигурируемыми, взаимосвязями между ними [3].

Для решения подобных задач моделирования в известных работах [3, 4] предложено использовать коллегиально-иерархические (КИ) графы, графовые грамматики и метаграмматики.

В отличие от КИ графов при использовании графовых грамматик не накладывается ограничений на вид применяемых графов, возможно рассмотрение не отдельных графовых траекторий, а их пучков. В то же время применение обычных графовых грамматик не позволяет специфицировать достаточно сложные изменения в структуре программ коллективного поведения БПЛА [4]. Возникающие при этом трудности определяются недостаточным учетом в моделях коллективных взаимосвязей и, как показано в [4-7], могут быть преодолены при использовании формального аппарата теории метаграмматик (МГ) [5-7].

В работах [5-9] показано, что метаграмматики включают в свой состав большинство известных и представительное множество новых классов грамматических структур, создающих формальный базис для решения задач спецификации, анализа и синтеза сложноструктурированных правил поведения объектов и систем различной природы.

При этом с учетом основополагающих результатов работ [10, 11] в качестве формальной основы структурно-параметрического описания множества возможных вариантов сложноструктурированных программ коллективного поведения БПЛА в условиях динамично изменяющейся оперативной обстановки целесообразно использовать модификацию метаграмматик – стохастические атрибутные метаграмматики (САМ).

На рисунке представлены основные направления разработки данного класса моделей применительно к решению рассматриваемого класса задач.

В силу того, что в известных работах данный подкласс метаграмматик рассмотрен недостаточно полно, применительно к рассматриваемому классу задач определим САМ как формальную систему определённым образом связанных стохастических атрибутных грамматик:

$$G = \left\langle \left\{ G_i \right\}, W \right\rangle,$$

где $\left\{ G_i \right\}$ – множество стохастических атрибутных грамматик;

W – стохастическая схема метаграмматики, определяющая набор обычных стохастических [5-7] или стохастических атрибутных правил согласования (определённого рода отображений) между грамматиками (элементами грамматик) множества $\left\{ G_i \right\}$.

Проведенный анализ основных особенностей САМ позволил провести их классификацию по основным признакам, характеризующим особенности входящих в них элементов:

1. Признаки характеризующие множество $\left\{ G_i \right\}$:

– тип продукций в $\left\{ G_i \right\}$ по Хомскому;

– специальные свойства $\left\{ G_i \right\}$ и порождаемых языков.

2. Признаки, характеризующие схему САМ:

– тип правил согласования $\left\{ G_i \right\}$;

– интерпретация правил согласования;

– особенности обобщенной схемы САМ в целом.

Проведенный анализ показал, что САМ как средство системного объединения грамматик в целях создания формальных структурно-параметрических описаний сложноструктурированных программ группового поведения БПЛА не накладывают жёстких ограничений на допустимое множество используемых разновидностей стохастических атрибутных грамматик. В то же время для отдельных подклассов атрибутных метаграмматик, аналогично классам МГ, рассмотренным в [5-9], при таком объединении проявляются важные системообразующие особенности САМ, выводящие их за рамки «тривиального объединения» входящих в них элементов (своеобразная «эмерджентность» САМ).

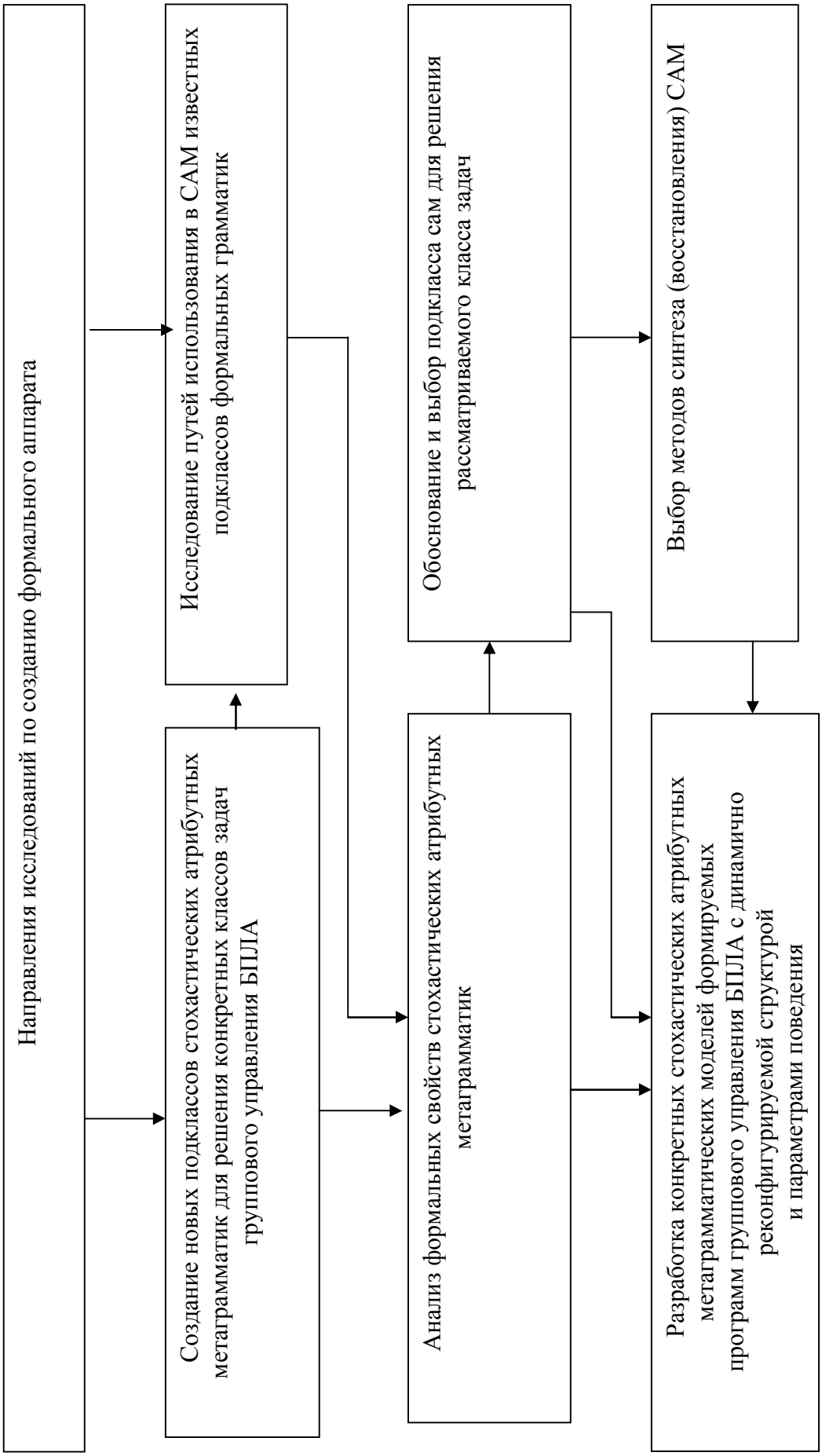


Рис. Основные направления исследований и разработок по созданию моделей на основе САМ.

В рамках предложенной классификации рассмотрены классы САМ, отличающиеся особенностями задания схемы W САМ и используемых в ней правил согласования.

Помимо известных правил согласования типа «терминал → начальный символ» и «начальный символ → начальный символ», используемых в известных атрибутных грамматических системах [10, 11], предлагается использовать в САМ, аналогично МГ, полный спектр отображений между элементами $\langle S, V_N, V_T, P\rangle$ грамматик $\{G_i\}$, а также отображения А→А, отражающие взаимосвязь грамматик по атрибутным компонентам [8], которые будем обобщенно обозначать $AB(I/F)$, где аналогично [5-7] $A, B \in \{S, N, T, P, X\}$ –указатели типа элементов грамматик.

В качестве базовых будем рассматривать следующие указатели:

S – начальные символы;

T – терминальные символы;

N – нетерминальные символы;

P – продукции;

X – наборы атрибутов.

В обозначении AB(I/F):

I – тип интерпретации правил согласования;

F – правила вычисления унаследованных и синтезированных атрибутов при применении правил согласования.

В качестве основных, аналогично [5-7], предлагается рассматривать следующие интерпретации I:

(1) $a \to b$ – "a" порождает "b" или "a" заменяется на "b", аналогично правилам подстановки в грамматиках;

(2) $a * b$ – "a" предшествует "b", конкатенация элементов "a" и "b", аналогично операции конкатенации цепочек в операциях над формальными языками;

(3) $a \bullet b$ – "a" инициирует "b", аналогично передаче управления или инициализации элемента "b";

(4) $a - b$ – "a" допускает "b", "a" разрешает использование элемента "b" – аналогичное отображение "метка продукции" в таблице перехода "–" разрешение применения продукции в программных грамматиках.

Правила вычисления атрибутов определяются конкретной спецификой решаемой задачи.

В соответствии с видом графа, задающего схему W САМ, аналогично [5-7] могут быть формализованы понятия линейных, многоуровневых и сетевых САМ. Указанные выше интерпретации отображений могут быть дополнены в соответствии с особенностями решаемых задач управления коллективами БПЛА и применяемых подклассов грамматик $\{G_i\}$. С целью описания статистических особенностей генерации вариантов структур программ группового поведения (управления) БПЛА и учета параметров окружающей среды, потребности в динамичных модификациях программ поведения, учитываемых в САМ, использованы стохастические отображения для задания правил порождения и согласования. Рассмотрим основные подклассы САМ и их основные свойства.

Будем называть многоуровневой САМ (МСАМ) систему G=<{Gi},Wf>, где G_i – стохастическая атрибутная грамматика, описываемая кортежем G_i = < VNi,VTi,Pci,Ai>, причем V_{Ni} – нетерминальный алфавит, V_{Ti} – терминальный алфавит, P_{ci} – конечное множество стохастических правил подстановки, A_i – атрибутная компонента грамматики G_i [12], Wf – ориентированный стохастический иерархический граф, определяющий взаимосвязи грамматик в МСАМ.

В предложенных обозначениях схема МСАМ представляет собой ориентированный помеченный граф, ребра которого соответствуют заданным правилам согласования (отношениям подчинения и т.п.) одной грамматики более высокого

уровня G_i и другой грамматики более низкого уровня G_g. Метки дуг этого графа определяют тип правил согласования ((I/F),TP(I/F) и т.п. в соответствии с [5]). Аналогичным образом определяются линейные и сетевые САМ.

Атрибутная компонента A_i может быть представлена в следующем виде [5]:

$$A_i = < X_i, \Omega_{fi}, \Omega_{pi}, R_i >,$$

где X_i – множество атрибутов;

Ω_{fi}, Ω_{pi} – множества функций и предикатов, заданных на множестве X_i со значениями в множестве R_i.

Каждому символу $\alpha \in V_{Ni} \cup V_{Ti}$ поставлено в соответствие некоторое подмножество атрибутов из множества X_i (будем обозначать его символом $X_i(\alpha)$, называемых атрибутами символа α), при этом выполнены условия

$$\cup X_i(\alpha) = X_i \text{ и } X_i(\alpha_1) \cup X_i(\alpha_2) = \varnothing, \ \alpha_1 \neq \alpha_2.$$

Все множество атрибутов X_i разбито на два непересекающихся подмножества X_{iy} и X_{ic} ($X_{iy} \cup X_{ic} = X_i$, $X_{iy} \cap X_{ic} = \varnothing$), называемых соответственно множеством унаследованных и множеством синтезированных атрибутов, правила вычисления которых определяются следующим образом [5]:

1) начальное значение каждого унаследованного атрибута начального нетерминального символа Si задается;

2) каждому вхождению унаследованного атрибута xiy в правую часть подстановки ставится в соответствие правило его вычисления $\varphi \in \Omega_{fi} \cup \Omega_{pi}$ как функции (предиката) от некоторых других атрибутов символов, входящих в правую или левую часть данной подстановки;

3) каждому вхождению синтезированного атрибута x_{ic} нетерминального символа в правую или левую часть подстановки ставится в соответствие правило его вычисления как функция (предикат) других атрибутов (как унаследованных, так и синтезированных) символов, входящих в левую иди правую часть данной подстановки.

Пусть на некотором шаге порождения терминальной цепочки применяется подстановка

$$L \rightarrow \alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_n,$$

где $L \in V_N$ и $\alpha_j \in V_N \cup V_T$.

Символом $X_y(L)$, аналогично [5], будем обозначать множество унаследованных атрибутов нетерминального символа L, а символом $X_y(\alpha_j)$ – множество унаследованных атрибутов символа α_j, j=1(1)n.

Значения атрибутов из множества $X_y(L)$ известны, они вычислены в одной из подстановок, применявшихся ранее, когда данный нетерминальный символ *L* был в правой части подстановки. Значения атрибутов $X_y(\alpha_j)$ должны быть вычислены полностью через значения $X_y(L)$ до применения следующей подстановки, а также, возможно, через значения унаследованных атрибутов других символов правой части подстановки, которые уже будут вычислены к моменту вычисления значений данного атрибута.

Подстановке в дереве вывода будет отвечать фрагмент с корнем, помеченным символом L, и ветвями, ведущими в вершины, помеченные символами $\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_n$. Тогда к унаследованным атрибутам символов данной подстановки относятся те и только те атрибуты, которые могут быть вычислены до применения следующей подстановки.

Для процесса вычисления унаследованных атрибутов символов данной подстановки можно построить граф связей атрибутов по информации, в котором из вершины, помеченной символом атрибута $x_{jк}$ ($x_{jк}$ – k-й атрибут символа αj), проведена стрелка в вершину, помеченную символом xml (x_{ml} – l-й атрибут символа α_m), в том случае, когда для вычисления атрибута xml необходимо знание значения атрибута x_{jk}.

Тогда для вычислимости всех унаследованных атрибутов символов данной подстановки необходимо и достаточно, чтобы построенный таким образом граф не содержал циклов.

Приведение графа связей атрибутов по информации от общего вида к явному может быть осуществлено формально с помощью алгоритма Форда–Фолкерсона [4]. С помощью этого же алгоритма можно установить факт наличия циклов в графе связей атрибутов по информации.

Синтезированные атрибуты – это такие, которые могут быть вычислены только после того, как будет применена еще хотя бы одна подстановка после рассматриваемой, возможно, даже только после получения терминальной цепочки.

Определение порядка вычисления синтезированных атрибутов может производиться также по алгоритму Форда–Фолкерсона одновременно с определением порядка вычисления унаследованных атрибутов. При этом порядок вычисления одних и тех же атрибутов произвольного дерева вывода в атрибутной грамматике может оказаться различным. Однако необходимо, чтобы для любого дерева вывода можно было осуществить вычисление всех унаследованных и синтезированных атрибутов, т.е. получить завершенное дерево.

Аналогично [5] САМ, в которой любое дерево вывода завершенное, будем называть корректной.

Среди корректных САМ также будем выделять *L*-атрибутные САМ. Класс *L*-атрибутных грамматик [5] допускает построение довольно простых синтаксических анализаторов (атрибутных МП-автоматов), которые решают задачи о принадлежности той или иной цепочки терминальных символов, снабженных атрибутами, языку, порождаемому заданной атрибутной грамматикой.

САМ будем называть *L*-атрибутной, если в ее составе есть хотя бы одна грамматика, для которой выполняются следующие условия:

1) в каждом правиле вычисления значения унаследованного атрибута некоторого символа, стоящего в правой части подстановки, каждый аргумент представляет собой либо унаследованный атрибут левой части подстановки, либо произвольный унаследованный атрибут некоторого символа, стоящего в правой части подстановки левее рассматриваемого символа;

2) в каждом правиле вычисления значения синтезированного атрибута символа, стоящего в левой части подстановки, каждый аргумент представляет собой либо унаследованный атрибут этого символа, либо произвольный атрибут одного из символов правой части подстановки.

Таким образом, свойство *L*-атрибутности накладывает дополнительные ограничения на правила вычисления унаследованных и синтезированных атрибутов. Суть ограничений состоит в том, что в L-атрибутной грамматике при вычислении унаследованных атрибутов используются только значения унаследованных атрибутов символов, стоящих в дереве вывода левее данного атрибута. Синтезированные атрибуты левой части подстановки здесь должны в качестве аргументов использовать только аргументы символов правой части подстановки и унаследованные атрибуты нетерминала левой части. Условия определения автоматически делают *L*-атрибутную грамматику корректной.

Проведенный предварительный анализ особенностей применения САМ для спецификации структуры сложных, динамично изменяемых программ группового поведения, к классу которых могут быть отнесены и программы коллективного поведения БПЛА, показал, что они позволяют:

– существенно облегчить модификацию структурного описания многоуров-

невых иерархических программ коллективного поведения, причем при локальных структурных изменениях программ в САМ изменяются лишь некоторые грамматики и (или) правила согласования отдельных уровней;

– обеспечить наглядность и соответствие модели структуре формируемой программы;

– в явном виде (в рамках одной из грамматик, входящих в САМ) задавать законы изменения структуры развивающихся (динамично реконфигурируемых) программ группового поведения БПЛА;

– при использовании в САМ вероятностных мер, задании соответствующих атрибутных правил решать задачи динамичной оптимизации структуры формируемой программы с использованием соответствующих модификаций методов синтаксического анализа метаграмматик [14,15].

Список литературы

1. Математические модели организаций / А.А. Воронин, М.В. Губко, С.П. Мишин, Д.А. Новиков. – М.: ЛЕНАНД, 2008.

2. Григорьев Л.И., Кершенбаум В.Я., Костогрызов А.И. Системные основы управления конкурентоспособностью в нефтегазовом комплексе. – М.: Изд-во НИНГ, 2008.

3. Системы виртуального окружения в задачах реагирования, предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций / Д.А. Байгозин, Ю.М. Батурин, Т.Н. Борисов [и др.] // Интеллектуальные информационные системы. – 2008. – №2.

4. Нечеткая многоуровневая модификация метода анализа иерархий и способ определения оценок предпочтительности альтернативных вариантов создания сложных систем космического назначения в условиях повышения неопределенности внешней среды / С.Г. Емельянов, О.И. Атакищев, Д.А. Стребков, В.А. Заичко // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 5 (44). – Ч. 2. – С. 50-60.

5. Сизов А.С., Стребков Д.А. Выбор гипотез в синтезируемых технических системах в условиях неопределенности // Телекоммуникации. – 2002. – № 12.

6. Андреев А.Ф. Проблемы теории управления в военном деле // Вестник академии военных наук. – 2008. – № 3 (24).

7. Нечеткая модель действий обучаемого в чрезвычайных ситуациях / А.С. Сизов, Р.П. Кошкин, М.Н. Смирнов, Д.А. Стребков // Телекоммуникации. – 2005. – № 3.

8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: [пер. с англ.]. – М.: Радио и связь, 1993.

9. Кини Р.А., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: [пер. с англ.]. – М.: Радио и связь, 1981.

10. Дюбин Г.Н., Суздаль В.Г. Введение в прикладную теорию игр. – М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 2000.

11. Андрейчикова О.Н. Оценка последствий в компьютерных системах принятия решений // Информационные технологии. – 1998. – № 3.

12. The use of structural linguistic methods for processing of vector geo-information data in the SXF format / O.I. Atakishchev [et al.] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 9-21.

13. Algorithm of synchronous digital hierarchy signal recognition / O.I. Atakishchev [et al.] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 309-313.

14. Atakishchev O.I. Metagrammars and Particularities in their application to formal description of signals and protocols // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 497-509.

15. Application of grammars with β-controlled precursor for solving the prob-

lems of structural and linguistic signal recognition in synchronous digital hierarchy / O.I. Atakishchev [et al.] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 509-515.

16. Моделирование процессов создания и управления распределенными коллективными геоинформационными системами / О.И. Атакищев, С.Г. Емельянов, В.Н. Николаев, М.В. Шиленков. – Старый Оскол: ТНТ, 2009.

17. Атакищев О.И. Метаграмматики и особенности их применения для формального описания сигналов и протоколов документальных служб связи и передачи данных // Телекоммуникации. – 2001. – № 10, 12. – Ч. 1, 2.

18. Емельянов С.Г., Атакищев О.И., Атакищева И.В. Особенности применения структурно-лингвистического подхода на основе метаграмматик при выборе стратегии управления сложноструктурированными объектами и системами // Перспективные системы и задачи управления: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции-КЧР. – Домбай, 2007. – С. 27-29.

19. Атакищева И.В. Особенности использования структурно-лингвистического метода для решения задач управления в автоматизированных системах обучения иностранному языку // Язык для специальных целей: система, функции, среда: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. – Курск, 2008. – С. 34-35.

20. Атакищева И.В. Особенности использования компьютерных технологий в сфере обучения иностранным языкам в системе высшего профессионального образования // Язык для специальных целей: система, функции, среда: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. – Курск, 2010. – С. 10-12.

21. Атакищева И.В., Атакищев А.О. Основные принципы создания подсистем управления выбором стратегий и программ обучения автоматизированным обучающим системам // Образование. Инновации. Качество: материалы IV Международной научно-методической конференции. – Курск, 2010. – С. 205-207.

22. Атакищева И.В., Емельянов С.Г., Атакищев О.И. Управление выбором стратегий и программ обучения иностранному языку в автоматизированных обучающих системах высшего профессионального образования на основе структурно-лингвистического подхода: монография. – М: Изд-во МТУСИ, 2010. – 120 с.

23. Емельянов С.Г., Атакищева И.В. Особенности структурно-лингвистических моделей для описания вариантов реализации сложноструктурированных стратегий автоматизированного обучения английскому языку // Образование. Инновации. Качество: материалы IV Международной научно-методической конференции. – Курск, 2010. – С. 224-226.

24. Атакищева, И.В. Атакищев О.И., Емельянов С.Г. Концептуальная модель управления формированием структуры адаптивных программ и курсов обучения иностранному языку // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии. – 2013. – № 1 (46). – С. 31-35.

25. Формальные грамматики, метаграмматики, грамматические сети и их применение при решении задач поддержки принятия решений / С.С. Аджемов, С.Г. Емельянов, О.И. Атакищев, С.А. Макаренков. – М.: Изд-во МТУСИ, 2010.

26. Эталонная модель двойственно-атрибутной транслирующей метаграмматики и структурно-лингвистический способ обработки сложноорганизованных данных / И.В.Атакищева, С.Г. Емельянов, С.В. Жижина [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Серия: Технологическая систематика. – 2006. – Вып. 14. – С. 24-28.

27. Атакищева И.В. Общие особенности концептуальной модели процесса управления формированием структуры курсов обучения иностранному языку студентов технических специальностей // Известия Тульского государственного университета. Серия: Технологическая систематика. – 2006. – Вып.15. – С. 23-29.

28. Основные особенности применения метаграмматик для формального описания вариантов сложноструктурированных стратегий автоматизированного обучения / С.Г.Емельянов, О.И. Атакищев, И.В.Атакищева [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Серия: Технологическая систематика. – 2006. – Вып. 15. – С. 48-55.

Получено 05.10.15

S.G. Emelyanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: esg@swsu.ru)

O.I. Atakishchev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (email: aoi007@mail.ru)

S.A. Popov, Leading Researcher, Southwest State University (Kursk) (e-mail: p.sergey.a1@mail.ru)

FEATURES OF MODELS BASED ON STOCHASTIC ATTRIBUTE METAGRAMMARS FOR GROUP CONTROL UNMANNED AERIAL VEHICLES

To simulate the behavior of a group UAV programs and their management, proposed to use the formal apparatus of stochastic attribute metagrammars. The basic definitions and classes are made. Their advantages in solving this class of problems are discussed.

***Key words**: unmanned aerial vehicles, modeling, group management and behavior.*

УДК: 004.622

Л.А. Лисицин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: leo_263@mail.ru)

А.Л. Лисицин, аспирант, Курский государственный университет (e-mail: vip.lisicin@mail.ru)

Ю.А. Халин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: yur-khalin@yandex.ru)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ

В статье рассматриваются особенности автоматизации системы обработки информации процесса управления и развития персонала. Для обработки сложной структуры трудно формализуемых показателей предлагается продукционный подход к решению задачи.

***Ключевые слова**: управление персоналом, информационные технологии, продукции.*

***

История общества с точки зрения развития информации пережила два кризисных периода. Первый период характеризует экономические связи ограниченных коллективов (род, семья. племя), когда сложность управления людьми стала превосходить способности одного человека. Появились два механизма управления: иерархическая система, когда руководитель заводит себе помощников, и (второй механизм) – были введены правила взаимоотношения между людьми и социальными группами (предприятиями, государствами). Эти правила изначально создавала религия, а потом – законодательная система. Реализация второго ме-

ханизма позднее стала осуществляться экономическими регуляторами, основанными на внедрении товарно-денежных отношений.

Второй кризисный период связан с ограниченной способностью к переработке информации у всего населения стран, когда сложность задач управления экономикой стала расти быстрее числа занятых в ней людей.

В США и в России статистика констатировала рост численности управленческого персонала до 50% от общей численности работников предприятия по сравнению с началом XX века [1].

Возникла ситуация, когда как бы каждым рабочим командует управленческий работник: по мере укрупнения предприятий, более частого обновления выпускаемой ими продукции и технологий растет потребность в обслуживающих видах деятельности, а соответственно, и численность управленческого персонала, что и приводит к такому результату.

То есть сложилась парадоксальная ситуация, что эффективность управления повышать некуда. Для решения проблемы во второй половине XX века началась разработка автоматизированных систем управления – АСУ. В дальнейшем были предложены более радикальные изменения в управлении экономикой – учет закономерностей функционирования и развития сложных систем с активными элементами.

Наиболее перспективным направлением повышения эффективности работы кадровой службы в условиях современного предприятия является автоматизация обработки информации для процессов управления персоналом (УП). Структура информации о персонале объективно определяется как разнородная и нечетко формализованная, что позволяет классифицировать управление персоналом как сложную систему [2]. Сложность автоматизации обусловлена в анализе сложной структуры плохо формализуемых показателей персонала (показатели могут относиться к экономической категории, психологии и т.д., имеют разную значимость в оценке). Для обеспечения корректного решения задачи оценки уровня управления и развития персонала необходимо учитывать особенности показателей персонала, например разнородных по свойствам и единицам измерения [3]. Поэтому необходимо провести нормализацию параметров и заменить действительные значения на безразмерные величины. Для корректного использования показателей необходима их экспертная оценка, чтобы они наиболее точно отражали ситуацию.

Недетерминированный характер вычисления оценки персонала обусловливает использование адекватного математического аппарата – продукционных исчислительных систем [4].

Сущность продукционного подхода решения данной задачи заключается в следующем. Продукции (или «правила») представляются на естественном для пользователя языке. База знаний при продукционном подходе представляет собой множество продукций, описывающих «элементарные знания» о предметной области в виде

$$O \rightarrow P, \qquad (1),$$

где O – заменяемое слово-образец в рабочем алфавите $\mathfrak{R}$;

P – заменяющее слово-подстановка в рабочем алфавите $\mathfrak{R}$;

$\rightarrow$ – метасимвол, не принадлежащий $\mathfrak{R}$.

Экспертная ситема (ЭС) с точки зрения теоретического проектирования описывается множеством

$$(R, B, I), \qquad (2)$$

где R – область символьных данных в рабочем алфавите $\mathfrak{R}$;

B – база знаний (БЗ) в виде недерминированной системы продукций;

I – интерпретатор продукций (машина вывода).

Машина вывода является важнейшим звеном ЭС.

Цикл работы машины вывода заключается в применении к текущим обрабатываемым данным из рабочей памяти активных правил из базы знаний и модификации самой базы знаний.

При подсчете оценки персонала формирование множества альтернатив рассматривают как линейные конструктивные объекты (слова) в заданном рабочем алфавите. Буквы рабочего алфавита трактуются как имена событий, которые могут вступать в структурно-иерархические отношения между собой. Кроме того, для ранжирования альтернатив возможно расширение пространства рабочего алфавита путем добавления атрибутов: исходной вероятности индикатора события и веса индикатора события. Такое расширение позволит совместить статистические и детерминированные методы оценки простого (неструктурированного) объекта (события) со структурно-лингвистическими методами распознавания. Например, если мы условимся рассматривать предметную компетенцию персонала в пределах от 0 до 3 баллов, а психологическую компетентность от 0 до 2 баллов, тогда оценка персонала будет находиться в пределах 0-5 баллов.

Процедура поиска решений сводится к подсчету всевозможных коэффициентов из исходных индикаторов события и их модификации на основе правил преобразования.

Задачу оценки персонала (ОЦ) можно определить как формальный объект следующего вида:

$$ОЦ=<A, SF,КР, P, G, S>, \quad (3)$$

где A – общий рабочий алфавит множества оценок;

SF,КР – алфавиты первичного состояния (например, индикаторов вероятности и веса события);

P: O => T – конечное множество правил преобразования, включающих вероятность его срабатывания;

G – множество ограничений (тупиковых) состояний;

S – вывод решений (машина вывода).

В алфавит первичного состояния могут входить описание вида деятельности, уровня квалификации, трудовой функции, категории компетенции. Вид деятельности характеризует сферу задач персонала и может формироваться поразному. Наиболее просто выглядит классификация по признаку различий объектных систем: «человек–техника» (Техника), «человек–человек» (Социум), «человек–знаковые системы» (Экономика) [5, 6].

Получается множество сфера задач (SF):

$$SF=\{Техника, Социум, Экономика\}. \quad (4)$$

Уровень квалификации, трудовая функция и категория компетенции являются характеристиками участника рабочего процесса. С целью увеличения наглядности для данного множества можно принять его классификацию в соответствии с понятием «категория персонала» (КР), характеризуемым обобщенными категориями: руководитель (Рук), специалист (Сп), рабочий (Р). Получается состав множества КП в виде

$$КР=\{Рук, Сп, Р\}. \quad (5)$$

Предположим, что для оценки персонала ОЦ мы используем из 4-х показателей (сфера задач, категория персонала, личные характеристики и результаты достижений) с одинаковыми коэффициентами значимости.

Тогда фрагмент программы «УП» ЭС, позволяющей произвести оценку персонала, будет работать по следующей схеме:

1. ЕСЛИ по одному из тестов получена оценка 0,

ТО итоговая оценка не может быть выше 3.

2. ЕСЛИ по двум и более тестов получена оценка 0,

ТО итоговая оценка - 2.

3. ЕСЛИ по итогам ответов на основные вопросы тестируемый набрал 3 балла,

ТО итоговая оценка - 3.

4. ЕСЛИ по итогам тестов на основные вопросы тестируемый набрал 4 балла,

ТО итоговая оценка - 4.

5. ЕСЛИ по итогам ответов на основные тесты тестируемый набрал 5 баллов,

ТО итоговая оценка - 5.

В связи с тем, что правила зависят друг от друга, важно учесть возможность влияния одних правил на другие. Требуется разработка специальных правил, препятствующих образованию ошибочных комбинаций.

Список литературы

1. Смолкин А.М. Менеджмент: основы организации. – М.: Информ, 2001.

2. Халин Ю.А., Лисицин А.Л. Системы поддержки принятия управленческих решений в условиях неполной информации // Известия Юго-Западного государственного книверситета. – 2012. – № 4. – С. 95-100.

3. Головина Е.А. Сравнительный и индикативный подходы в задаче совершенствования автоматизированной системы управления персоналом // Современное состояние естественных и технических наук. – 2015. – № XVIII. – С. 43–46.

4. Попов Э.В. «ЭС», решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. – М.: Наука, 1987. – 278с.

5. Костров А.В. Информационный менеджмент. Оценка уровня развития информационных систем: монография. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2012. – 144 с.

6. Николаев В.Н. Метод оценки и управления экономическими и интеллектуальными ресурсами инфраструктуры предприятия по критерию «эффективность-стоимость» // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2013.–№ 4 (20).– С. 70-74.

Получено 12.10.15

L.A. Lisitsyn, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: leo_263@mail.ru),

A.L. Lisitsin, Post-Graduate Student, Kursk State University (e-mail: vip.lisicin@mail.ru),

Y.A. Hulin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: yur-khalin@yandex.ru).

INFORMATION TECHNOLOGY IN PERSONNEL MANAGEMENT

Features of system automation information processing management and staff development are described in the article. Proposed approach to the solution of the problem for handling complex structures is difficult formalized indices of production.

***Key words**: personnel management, information technology, production.*

УДК 504.064.38

А.А. Бурмака, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Т.Н. Говорухина, канд. техн. наук, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: govtn@mail.ru)

А.В. Михайлов, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Amikhayloff@gmail.com)

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗА И СЛЕЖЕНИЯ ЗА РАЗВИТИЕМ СИТУАЦИИ ПРИ РАБОТЕ АДАПТИВНОГО РЕКОНФИГУРИРУЕМОГО МОДУЛЯ

В работе приводится алгоритм прогноза и слежения за развитием ситуации при работе адаптивного реконфигурируемого модуля в детерминированном, вероятностном и интеллектуальном (фреймовом) секторах.

***Ключевые слова**: адаптивный реконфигурируемый модуль, алгоритм прогноза и слежения, построение новой ситуации.*

***

В настоящее время существует противоречие между современными требованиями эффективного получения и обработки телеметрической информации при обслуживании контролируемых процессов и систем и возможностями существующих средств, методов и приемов обработки данных.

В соответствии с этим представляется актуальным поиск путей и разработка методов, алгоритмов и средств, позволяющих оптимизировать построение первичной информационной и управляющей сетей. Одним из возможных путей решения данного противоречия является создание адаптивного реконфигурируемого модуля, повышающего техническую эффективность работы телеметрической системы (ТМС).

В современных условиях требуемая эффективность управления объектом или (и) целенаправленным процессом (ЦНП) в рамках функциональных возможностей модуля [10] обеспечивается с помощью введения элементов самоорганизации [1, 4, 5, 10, 11], составляющих реконфигурируемую часть автономного адаптивного модуля. В этом случае в качестве дополнения к детерминированной и вероятностной (марковской) матрицам решений используется матрица нечетких решений. Иначе преобразование исходной нечеткой задачи в систему четких простых задач [8], основанных на использовании множеств уровня α, в качестве которых используются классифицированные локальные компоненты базы знаний на основе упрощенной фреймовой структуры, где каждый из фреймов содержит минимально необходимую структурированную информацию [7], определяющую класс ситуаций в соответствии с динамической моделью состояний и динамической моделью наблюдений [3] для управляемого объекта и ЦНП при наличии априорной неопределенности относительно параметров и характеристик входных воздействий для адаптивного модуля. В этом случае функционально-структурная организация реконфигурируемого модуля имеет интеллектуальную направленность. Система фреймов, отображаемая в памяти реконфигурируемой части модуля (в виде сети «классовых» секторов и связей, т.е. отношений между ними [6, 7]), может быть использована не только как структура для формирования типовых ситуаций в условиях неопределенности (или нечеткости), но и для создания интеллектуальной платформы [7, 9] при создании новых ситуационных вариантов и их совершенствования в процессе отслеживания ситуаций, что является важным фактором при реконфигурации функциональной организации модуля.

После определения рабочего словаря информативных признаков $\{\hat{a}_j^{(r)}\}$ для r-го объекта в j-м сеансе работы и в его режиме $X(\psi)$ в необходимой последовательности выполняются следующие операции:

1. На основе априорно сформированной матрицы ограничений с использованием методики линейного программирования (имеем матрицу линейных неравенств) формируются доверительные интервалы согласно конкретному режиму $X(\psi)$ функционирования сложного динамического объекта (СДО) и ЦНП для каждого из элементов рабочего словаря $A_p\{\hat{a}_j^{(r)}\}$ [2].

2. В соответствии с групповым кодом $A_p\{\hat{a}_j^{(r)} \pm \Delta a_j^{(r)}\}$ определяется код бинарных отношений (код строки).

3. Проверяется матрица «код – решение» на существование адекватного решения $\gamma_k(E_p)$, т.е. идентифицируется ситуация C_S.

4. При наличии γ_k проверяется единственность решения:

4.1. Если γ_k – единственное, то по коду идентификации ситуации из матрицы управлений выбирается соответству-

ющее управляющее адресное воздействие и формируется донесение ядру ТМС;

4.2. Если идентифицируется несколько решений (размытая, нечеткая ситуация), то с использованием матрицы вероятностей отыскивается такое решение, когда $\gamma_k = \gamma_k(max\, P_{j\ell})$ [12], и далее повторяется операция 4.1.

5. Если при опросе детерминированной матрицы «код – решение» однозначная идентификация ситуации отсутствует, то по бинарному коду отношений из памяти значений выбирается наиболее подходящий сектор фреймов, где затем по критерию уверенности [8] идентифицируется наиболее подходящая ситуация.

Таким образом, функция построения новой ситуации реализуется путем выбора (по коду бинарных отношений рабочего словаря, текущих оценок входящих в него признаков и доверительных интервалов) наиболее близкого класса (сектора) фреймов из второй части базы знаний, где выбирается наиболее подходящий образ и путем алгоритмического преобразования в нем отдельных элементов в соответствии с критерием уверенности формируется новый образ (наиболее пригодный). При этом одна часть образа (информация, в нем заложенная) указывает, как применить новый фрейм в данной ситуации, другая часть – что предположительно может повлечь его применение [5, 7], а третья, что следует предпринять, если результат получится отрицательным (или недостаточно уверенным, ненадежным).

Важным моментом является прогнозирование развития ситуации на контролируемом объекте. Часть ЦНП в этом случае технологически имеет инерционный характер (т.е. контролируемые процессы – медленно меняющиеся функции во времени), поэтому вероятность быстрого изменения одного или нескольких признаков рабочего словаря для таких СДО и ЦНП небольшая, а следовательно, достаточно просто контролируется развитие ситуации:

– если идентификация ситуации произошла в детерминированном режиме и соответствующий эталон опознан (информация о нем передана в ОЗУ реконфигурируемой части модуля), то запускается алгоритм слежения за развитием ситуации, даже если сама ситуация идентифицирована как «нормальное» поведение СДО и (или) течение ЦНП;

– если идентификация осуществлена в рамках марковской модели, то проверяется (путем уточнения текущего состояния объекта) возможность изменения состояния СДО (ЦНП), позволяющего идентифицировать ситуацию с большей вероятностью или скорректировать ситуацию, позволяющую судить о ней как о более достоверной в данном анализируемом случае;

– если ситуация не идентифицирована ни в детерминированном, ни в вероятностном, ни в интеллектуальном (фреймовом) секторах проверок, то ей присваивается номер нештатной ситуации, отправляется донесение верхней трате ТМС, а слежение за «параметрическим» состоянием СДО ведется в режиме «корзины», откуда текущий массив данных может быть задействован верхним уровнем ТМС.

Алгоритм прогноза и слежения за развитием ситуации $C_j^{(r)}$ представлен на рисунке.

Поскольку для каждого из признаков $\hat{a}_j^{(r)}$ по определению при описании образа (эталона) ситуации на языке признаков указываются пределы их изменения в виде линейных неравенств, т.е. $\{\hat{a}_j^{(r)} \pm \Delta\hat{a}_j^{(r)},\ \hat{a}_{j\min}^{(r)} < \hat{a}_j^{(r)} < \hat{a}_{j\min}^{(r)}\}$, то имеется возможность определения интервалов $[\hat{a}_{j\min}^{(r)} < \hat{a}_{j\min}^{(r)} + \Delta_a < \hat{a}_j^{(r)}]$ и $[\hat{a}_j^{(r)} < \hat{a}_j^{(r)} + \Delta_a < \hat{a}_{j\max}^{(r)}]$, в пределах которых ситуация по данному признаку идентифицируется как нештатная.

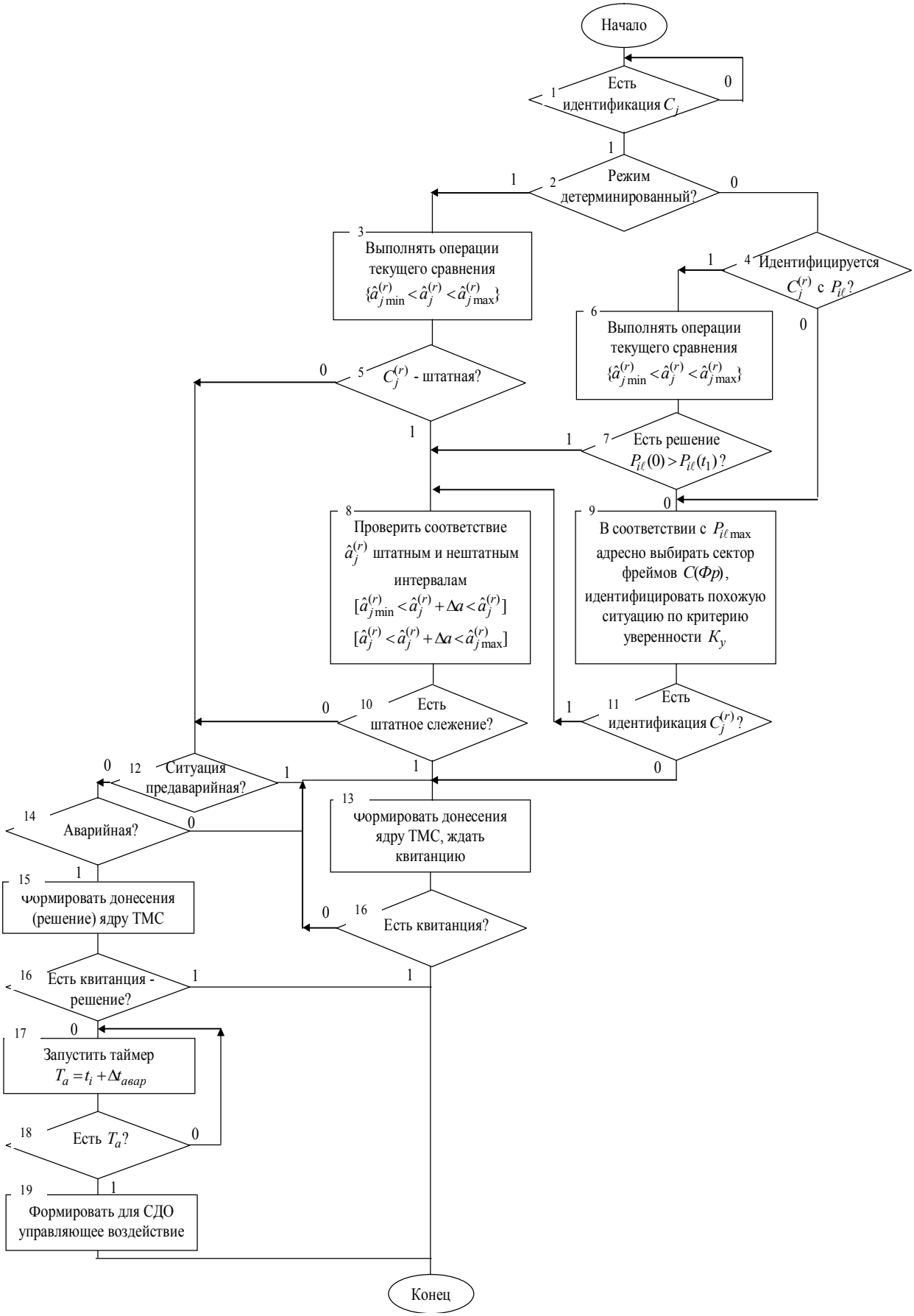


Рис. Алгоритм прогноза и слежения за развитием ситуации $C^{(r)}_j$

Если в процессе контроля СДО выясняется тенденция приближения текущих значений данного признака к любому из предаварийных интервалов для данного образа, то посылается донесение подсистеме (ядру) верхнего уровня ТМС с прогнозируемым временем вхождения объекта или процесса в предаварийное или аварийное состояние. Если при этом за допустимое время ожидания реакции ТМС в целом не происходит (при наличии «квитанции» нет решения), то решающим блоком модуля формируется соответствующее управляющее воздействие, поступающее на управляемый элемент СДО.

Если ситуация определена как аварийная, то радикальное решение и соответствующее управление СДО выполняется модулем единолично с последующим донесением верхней страте ТМС.

Список литературы

1. Абдикеев Н.М. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие / под ред. К.И. Курбакова. – М.: КОС-ИНФ, 2003. – 188 с.

2. Бурмака А.А., Говорухина Т.Н., Михайлов А.В. Алгоритмы управления и обработки информации адаптивными реконфигурируемыми модулями // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2015. – № 9. – С. 49-55.

3. Говорухина Т.Н., Бурмака А.А., Михайлов А.В. Построение динамических моделей состояния и наблюдения сложных динамических объектов и целенаправленных процессов // Современные тенденции в образовании и науке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Тамбов, 2014. – Ч. 6. – С. 28-29.

4. Говорухина Т.Н., Бурмака А.А. Информационно-логическая измерительная система с нечетким множеством состояний // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. – № 2. – Ч. 3. – С. 134-138.

5. Говорухина Т.Н., Бурмака О.А. Организация целенаправленного информационного процесса в произвольной территориально распределенной сети информационно-логической измерительной системы // Образование и наука: современное состояние и перспективы развития: международная научно-практическая конференция. – Тамбов, 2013. – Ч. 10. – С. 21-22.

6. Говорухина Т.Н. Формирование целевой и основных функций сбора и обработки информации, доставляемой автономными периферийными аппаратно-программными модулями // Биомедицинские и технические системы: анализ, проектирование, управление: сборник материалов II студенческой региональной научно-технической конференции / Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2012. – С. 73-76.

7. Минский М. Фреймы для представления знаний. – М.: Энергия, 1979. – 152 с.

8. Рыков А.С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация. – М.: МИТИС, Издательский дом «Руда и металлы», 2005. – 352 с.

9. Хант Э. Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1978. – 558 с.

10. Шелухин О.И., Тенякиев А.М., Осин А.В. Моделирование информационных систем. – М.: Радиотехника, 2005. – 386 с.

11. Dorf R.C. Modern control systems. – Reading: Addison-Wesley, 1990. – 603 p.

12. Modeling and control of adaptive mechanical structures / U. Gabbert, editor Warrendale Pa: Society of Automotive Engineer, 1999. – 458 p.

Получено 14.10.15

A.A. Burmaka, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

T.N. Govorukhina, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: govtn@mail.ru)

A.V. Mikhaylov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: Amikhayloff@gmail.com)

THE ALGORITHM PREDICT AND MONITOR THE DEVELOPMENT OF SITUATION ADAPTIVE RECONFIGURABLE MODULE

The paper presents an algorithm of forecasting and monitoring the situation at the adaptive reconfigurable module in a deterministic, probabilistic and intellectual (frame-) sectors.

***Key words**: adaptive reconfigurable module, algorithm for forecasting and tracking, the construction of the new situation.*

УДК 621.396.61, 621.396.62, 004.942

И.Г. Бабанин, преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: babanin_ivan@bk.ru)

А.Н. Шевцов, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Aleksey_shevtsov@mail.ru)

А.Н. Щитов, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: shchitov.1996@mail.ru)

А.А. Токарева, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Nast-u-sha@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ КОМПЕНСАЦИИ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ В СПУТНИКОВОМ РАДИОКАНАЛЕ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИГНАЛОВ С КВАДРАТУРНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ПОЗИЦИОННОСТИ

Представлена процедура определения эквивалентного выигрыша в отношении сигнал/шум при использовании адаптивных фильтров с алгоритмами адаптации по методам наименьшего квадрата, наискорейшего спуска. Показано, что в системах с КАМ-16 и ниже использование данных средств компенсации нецелесообразно.

***Ключевые слова**: квадратурная амплитудная модуляция, уравнение энергетического потенциала радиолинии, потери в достоверности передаваемых данных.*

***

Современные спутниковые инфокоммуникационные системы с высокими скоростями обмена данными используют спектрально-эффективные сигнальные конструкции, такие как квадратурно-амплитудная модуляция с позиционностью созвездия 5, 6, 7 и выше, амплитудно-фазовая модуляция типа АФМ – 32, АФМ – 64 и выше. Несмотря на повышенные скорости передачи данных, такие системы энергетически неэффективны, поэтому это приводит к использованию в них помехоустойчивых кодов БЧХ, Рида-Соломона, Хемминга и др., тем самым снижая информационную эффективность.

Не снижая информационной и спектральной эффективностей, необходимо исследование целесообразности применения средств компенсации дестабилизирующих факторов (СКДФ), входящих в уравнение энергетического потенциала радиолинии ($L_{ачх}$, $L_{фчх}$):

$$P_n G_n = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\lambda}\right) - 228.6 - \frac{G_{пр}}{T} + h^2 + R + L, \quad (1)$$

где P_n – мощность передатчика;

G_n – коэффициент усиления передающей антенны;

λ – длинна волны;

r – расстояние от передатчика до приёмника;

G_{np} – коэффициент усиления приемной антенны;

T – шумовая температура приёмной системы;

R – скорость передачи информации;

L – потери мощности сигнала на трассе распространения радиосигнала.

Дестабилизирующие факторы, возникающие в спутниковом радиоканале из-за таких явлений, как многолучевость, пространственное затухание, фазовые искажения в ионосфере и др., можно представить в виде пространственного фильтра. Причем влияние неидеальности амплитудно-частотной и фазово-частотной характеристик пространственного фильтра на достоверность принимаемых данных с использованием сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией показано в работах [1, 2, 3].

Для исследования целесообразности применения средств компенсации энергетических потерь нешумового характера необходимо построение полунатуральной модели спутникового радиотракта, включающего в свой состав:

1) устройство генерирования сигналов типа integer;

2) устройство формирования сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией (УФС);

3) имитатор спутникового радиоканала (ИСР);

4) устройство приема и обработки радиосигналов спутниковых линий связи, содержащее в себе структурно-функциональные блоки адаптивной фильтрации, с использованием алгоритмов адаптивной фильтрации методом наименьших квадратов (RMS), наискорейшего спуска (LMS) (УПиОР);

5) устройство подсчета ошибок при передаче радиосигналов.

В качестве критерия оценки целесообразного использования адаптивных фильтров (АФ) выступает проигрыш в достоверности передаваемых данных по каналу связи (Pr). Не эффективным считаем применение СКДФ при величине $P_r < 3дБ$ $(P_{ош} = 10^{-6})$.

Построение устройств п. 2, 3, 4 выполнено на базе FPGA-платформ типа Cyclone II FPGA Starter Development Board, п. 1, 5 – на базе персонального компьютера (ПК).

Структурно-функциональные схемы п. 2, 3, 4 показаны на рисунках 1, 2, 3.

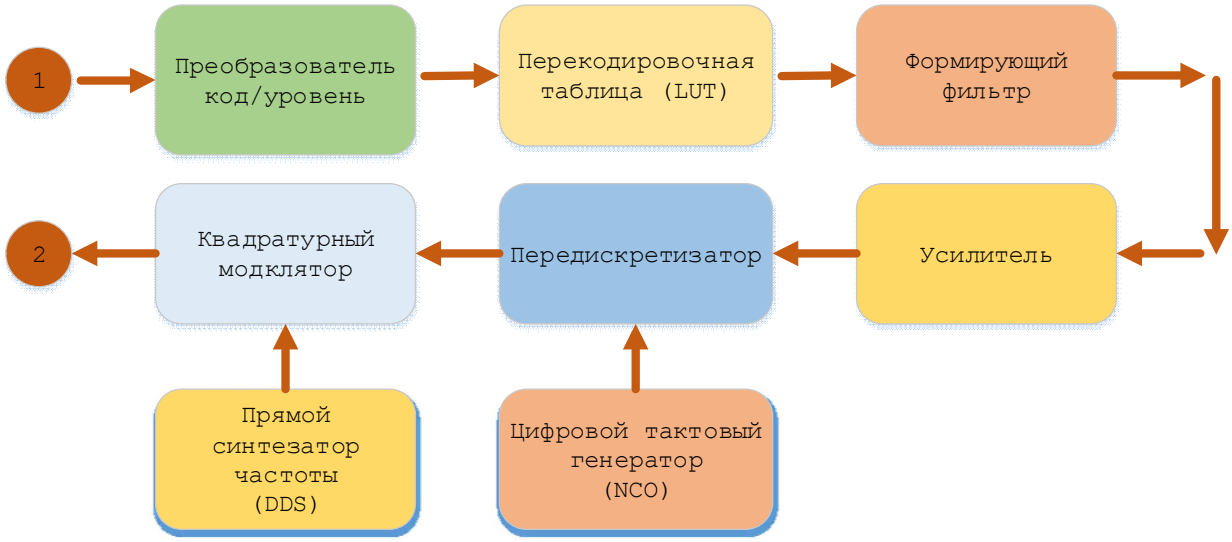


Рис. 1. Структурно-функциональная схема устройства формирования сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией

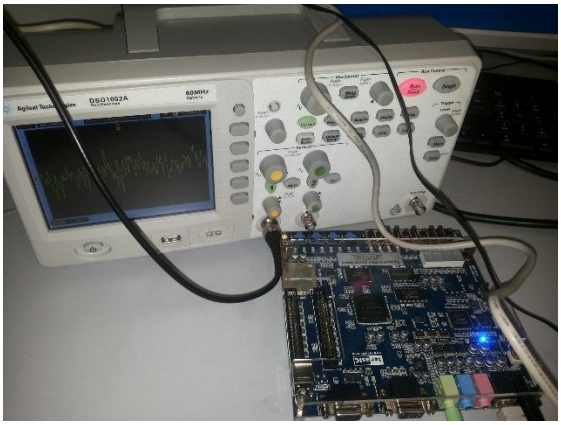


Рис. 2. Имитатор спутникового радиоканала

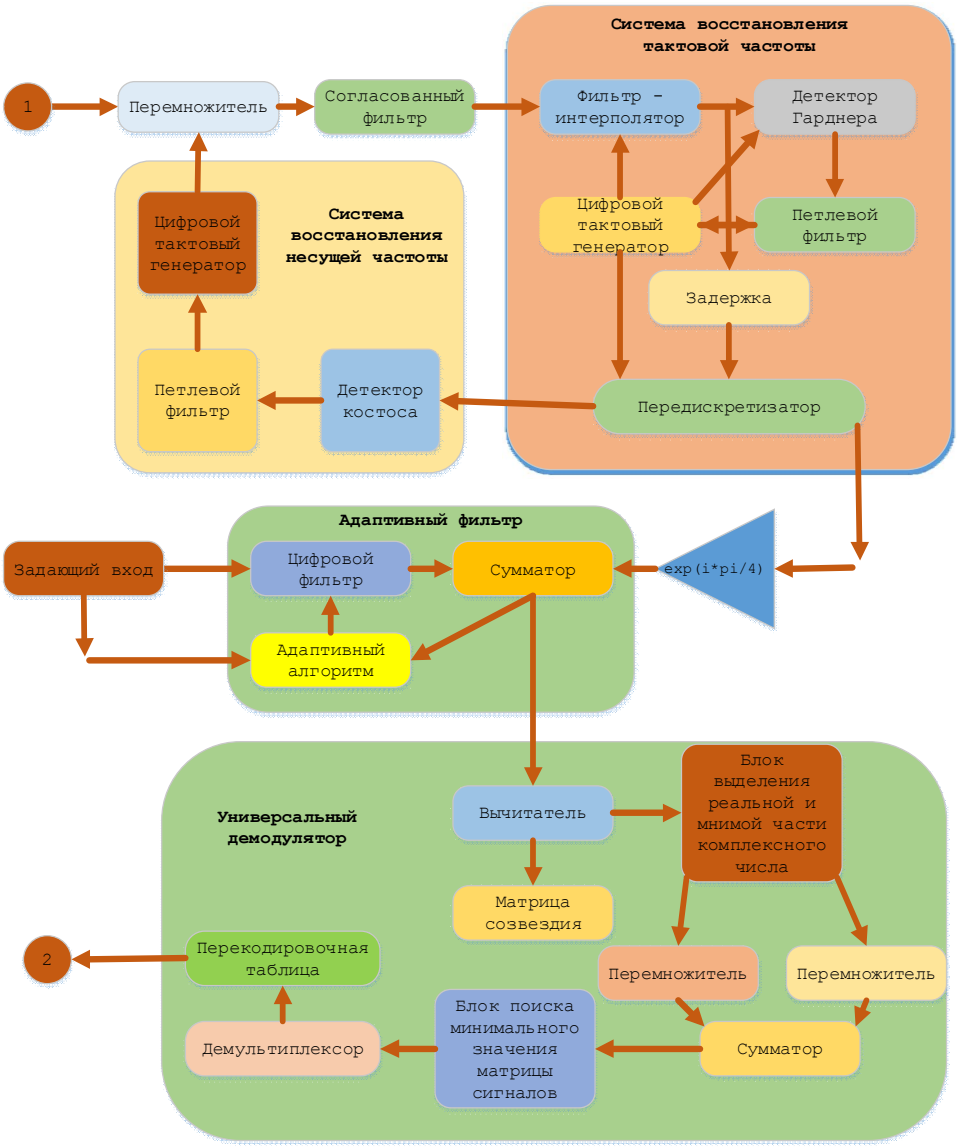


Рис. 3. Структурно-функциональная схема
устройства приема и обработки радиосигналов

Фрагмент HDL-кода УФС, УПиОР и ИСР представлен ниже:

```
Delay7_process : PROCESS (clk, reset)
  BEGIN
    IF reset = '1' THEN
      Delay7_out1 <= 0.0;
    ELSIF clk'EVENT AND clk = '1' THEN
      IF enb = '1' THEN
        Delay7_out1 <= In1;
      END IF;
    END IF;
  END PROCESS Delay7_process;
    Gain7_out1 <= 0.14497581965423703 * Delay7_out1;
  Delay8_process : PROCESS (clk, reset)
  BEGIN
    IF reset = '1' THEN
      Delay8_out1 <= 0.0;
    ELSIF clk'EVENT AND clk = '1' THEN
      IF enb = '1' THEN
        Delay8_out1 <= In1;
      END IF;
    END IF;
  END PROCESS Delay8_process;
```

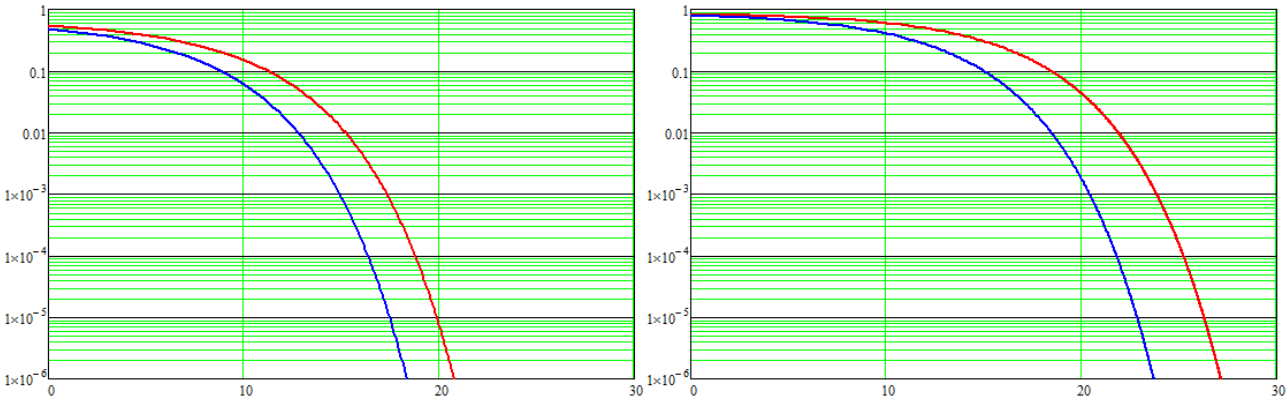


Рис. 4. Зависимости вероятности ошибки на символ от среднего отношения сигнал/шум без/с использованием(я) адаптивного фильтра с алгоритмом адаптации методом наименьших квадратов при приёме сигналов с КАМ-16, КАМ-64

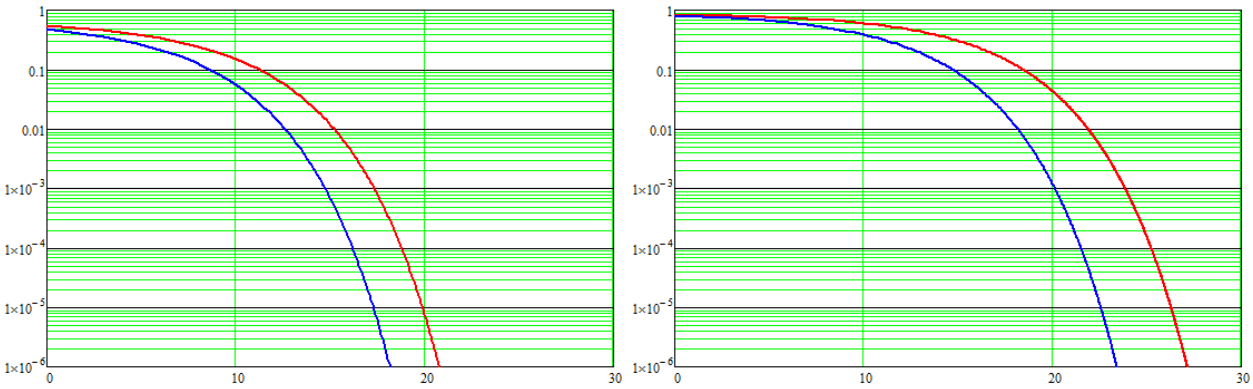


Рис. 5. Зависимости вероятности ошибки на символ от среднего отношения сигнал/шум с/без использованием(я) адаптивного фильтра с алгоритмом адаптации методом наискорейшего спуска при приёме сигналов с КАМ-16, КАМ-64

На базе полученного полунатурального макета получены зависимости достоверности принимаемых данных по спутниковому радиоканалу от отношения сигнал/шум для систем без/с использованием адаптивных фильтров с алгоритмами RMS, LMS при приёме сигналов КАМ-16, КАМ-64, представленные на рисунках 4, 5.

Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют о следующем:

– в спутниковых системах при приёме сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией позиционностью 6 и выше использование адаптивный фильтров, обучающихся с «учителем», представляется эффективным;

– адаптивные фильтры с различными методами адаптации обеспечивают примерно одинаковый выигрыш, так для алгоритма типа RMS – 12,5%, для алгоритма типа LMS – 13,6%, с учетом того, что все вычисления проводились при вероятности ошибки на символ $P_{ош} = 10^{-6}$.

Список литературы

1. Богомазов А.Ю., Бабанин И.Г., Мухин И.Е. Расчет эквивалентных энергетических потерь в ионосфере при приёме сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией различной позиционности // T-Comm. Электроника и транспорт. – 2014. – Т. 8, № 3. – С. 31-35.

2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практические применения. – СПб.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1093 с.

3. Довбня В.Г., Вольский В.А. Помехоустойчивость приёма многопозиционных сигналов с квадратурной амплитудной манипуляцией в канале с межсимвольной интерференцией // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 2. – С. 17-20.

4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учебник для вузов. – СПб., 2002. – 586 с.

Получено 15.10.15

I.G. Babanin, Lecturer, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: babanin_ivan@bk.ru)

A.N. Shevtsov, Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Aleksey_shevtsov@mail.ru)

A.N. Shitov, Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: shchitov.1996@mail.ru)

A.A. Tokareva, Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Nast-u-sha@mail.ru)

FEASIBILITY RESEARCH OF COMPENSATION FUNDS DESTABILIZING FACTOR IN THE SATELLITE RADIO CHANNELS IF TRANSMISSION QAM DIFFERENT POSITIONAL

Provides procedures for determining the equivalent gain in the signal / noise ratio by using adaptive filters algorithms adaptation by the least squares method, the steepest descent. It has been shown that in systems with QAM-16 and the use of these agents less compensation is impractical.

***Key words**: quadrature amplitude modulation, the equation of the energy potential of the radio link, the losses in the reliability of the transmitted data.*

УДК 621.6.05

В.Э. Дрейзин, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел.: +7 (4712) 58-71-00)

П.С. Борзенков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: pahahowl@mail.ru)

ПРОТОТИПНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ РАСХОДОМЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСХОДОМЕРОВ-СЧЕТЧИКОВ ГАЗА: ИСПЫТАНИЕ УСТРОЙСТВА ЗАДАНИЯ РАСХОДА

В статье рассмотрены испытания устройства задания расхода для испытательной расходомерной установки газа и проведен анализ их результатов.

***Ключевые слова**: устройство задания расхода, испытательный расходомерный комплекс, поверка расходомера, стабилизация расхода, эластичный резервуар.*

***

В [1] был проведен обзор существующих испытательных расходомерных установок газа и предложена структурная схема испытательного расходомерного комплекса (ИРК) нового типа с эластичным резервуаром для поддержания постоянства давления воздуха. Подробно описана конструкция этой установки и показаны её преимущества по сравнению с установками с колокольным мерником. Основными новыми элементами этой установки являются эластичный резервуар, используемый для хранения и поддержания постоянства давления расходуемой среды (вместо колокольного мерника), и устройство задания расхода с дискретным регулированием. В данной статье приводятся и обсуждаются результаты испытаний упрощённой модельной испытательной расходомерной установки газа, целью которых являлось определение работоспособности этих новых элементов и перспектив их внедрения в серийные ИРК, построенные по предложенной схеме.

Однако при попытке изготовления спроектированного УЗР выявились серьёзные технологические трудности изготовления точно подогнанной пары поршня и расходозадающей трубки с минимальным зазором между поршнем и внутренней поверхностью трубки. Поэтому трубку пришлось укоротить за счёт устранения отверстий для создания расходов от 100 до 125 % от Q_{max} для D_y = 25 мм, а зазор между внутренней поверхностью трубки и поршнем устранить за счёт резиновых уплотнительных колец, надеваемых на поршень. Диаметры и порядок следования отверстий в боковой стенке трубы УЗР для данного случая приведены в таблице. Чертеж трубки данного УЗР приведен на рисунке 1, а чертежи поршня УЗР и его держателя – на рисунке 2.

Для испытания прототипного образца УЗР была изготовлена упрощенная установка, структурная схема которой приведена на рисунке 3.

Насос 1 нагнетал воздух в эластичный резервуар 2 (надувная кровать с габаритными размерами 195×150×42 см – объём воздуха составляет примерно 1,2 м^3). На надувную кровать укладывалась плоская плита, нагружаемая грузом заданной массы, для получения необходимого избыточного давления воздуха (1 кПа). В этом случае давление воздуха обеспечивается не упругостью стенок эластичного резервуара, а весом нагрузки, и при расходовании воздуха давление в установке поддерживается постоянным. В качестве эталонного средства 3 измерения использовался диафрагменный счетчик газа СГК-2,5, характеризуемый относительной погрешностью ±3% и максимальным расходом 4 м^3/ч.

Для измерения дифференциального давления на входе УЗР использовался датчик дифференциального давления testo 510, характеризуемый погрешностью ±10Па +1,5% от измеренного значения в диапазоне измерений от 0,101 до 10 кПа.

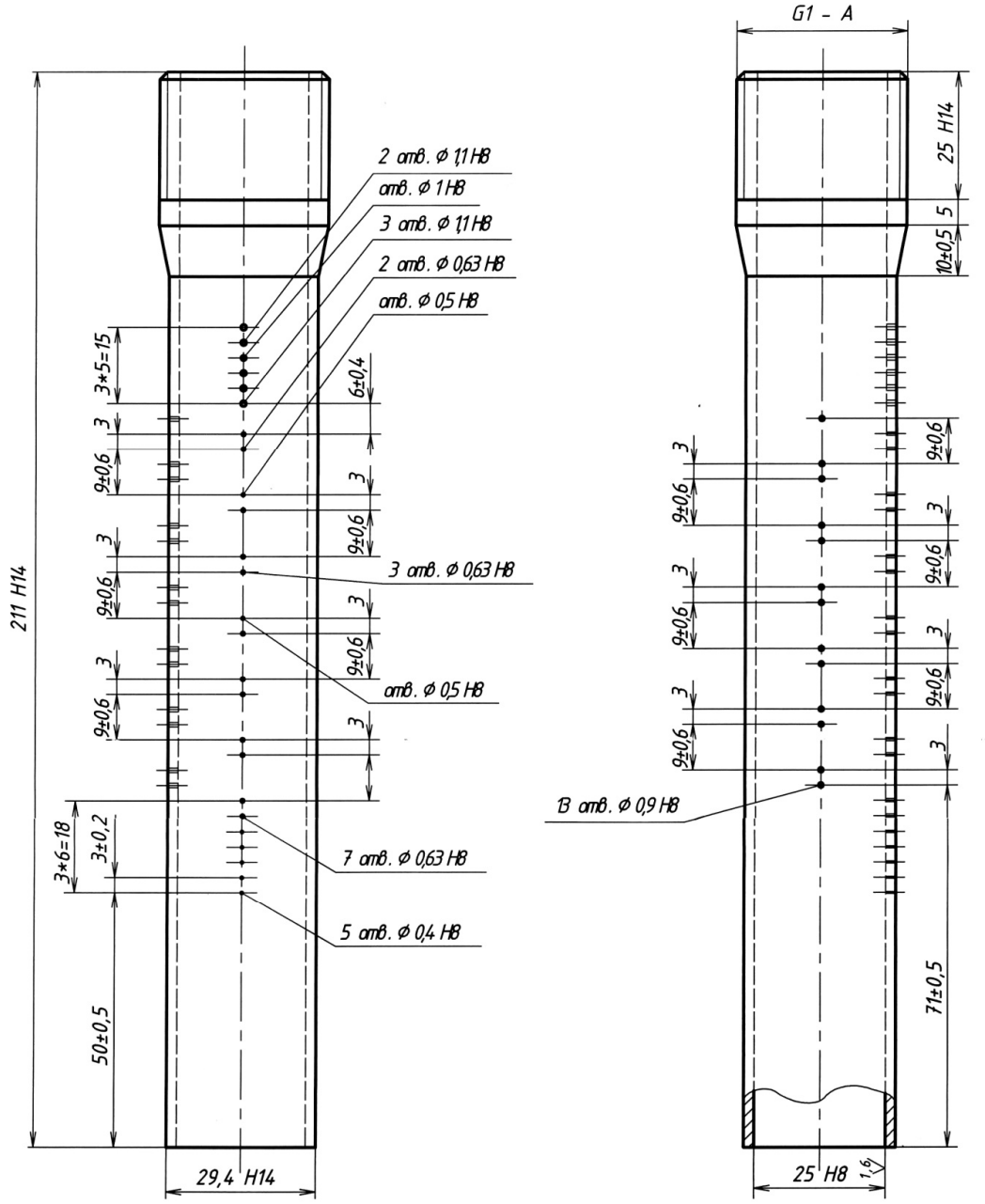
Порядок следования и расчётные значения расхода в градуировочных точках прототипного экземпляра УЗР

№ отверстия	Диметр отверстия, **мм**	Расход для D_y = 20 мм, % от Q_{max}	Расход для D_y = 25 мм, % от Q_{max}	**№ отверстия**	Диметр отверстия, мм	Расход для D_y = 20 мм, % от Q_{max}	Расход для D_y = 25 мм, % от Q_{max}	**№ отверстия**	Диметр отверстия, мм	Расход для D_y = 20 мм, % от Q_{max}	Расход для D_y = 25 мм, % от Q_{max}
1	0,4	1.0146	0.6764	**17**	0,9	50.994	33.996	**33**	1.1	112.89	75.264
2	0,4	2.0293	1.3528	**18**	0,63	53.511	35.674	**34**	1.1	120.56	80.379
3	0,4	3.0438	2.0293	**19**	0,5	55.097	36.731	**35**	1.1	128.23	85.495
4	0,4	4.0584	2.7057	**20**	0,9	60.233	40.155	**36**	1.0	134.57	89.722
5	0,4	5.0730	3.3821	**21**	0,9	65.370	43.580	**37**	1.1	142.24	94.837
6	0,63	7.5901	5.0601	**22**	0,63	67.887	45.258	**38**	1.1	149.91	99.952
7	0,63	10.107	6.7380	**23**	0,63	70.404	46.936				
8	0,9	15.244	10.162	**24**	0,9	75.540	50.360				
9	0,9	20.380	13.587	**25**	0,9	80.677	53.785				
10	0,63	22.897	15.565	**26**	0,63	83.194	55.462				
11	0,63	25.414	16.943	**27**	0,5	84.779	56.520				
12	0,9	30.551	20.367	**28**	0,9	89.916	59.944				
13	0,9	35.687	23.792	**29**	0,9	95.053	63.337				
14	0,63	38.204	25.469	**30**	0,63	97.569	65.046				
15	0,63	40.721	27.147	**31**	0,63	100.09	66.724				
16	0,9	45.858	30.572	**32**	0,9	105.223	70.149				

Измерения проводились следующим образом: после каждого накачивания нагруженного резервуара в УЗР открывались все 38 отверстий, через которые стравливалось давление до значения в 1 кПа. Начиная с этого значения, давление в эластичном резервуаре при расходовании воздуха изменялось незначительно (во время экспериментов падение давления составляло не более 5 Па в минуту). После того как избыточное давление в УЗР достигало требуемого уровня, поршень задвигался в трубу до нужной позиции для данного опыта, засекалось

время на секундомере, считывалось начальное значение на эталонном счетчике, считывалось давление с датчика дифференциального давления. После того как истекал требуемый интервал времени (2 минуты), считывалось конечное значение на эталонном счетчике, считывалось давление с датчика дифференциального давления. Для расчетов использовалось среднее арифметическое давлений в начале и конце опыта, расход по эталонному расходомеру определялся по разности показаний в конце и в начале опыта, деленной на время между моментами снятия показаний со счетчика.

Результаты двух серий экспериментов приведены на рисунке 4.



1. Неуказанные предельные отклонения размеров ±0,2мм

Рис. 1. Трубка с отверстиями УЗР

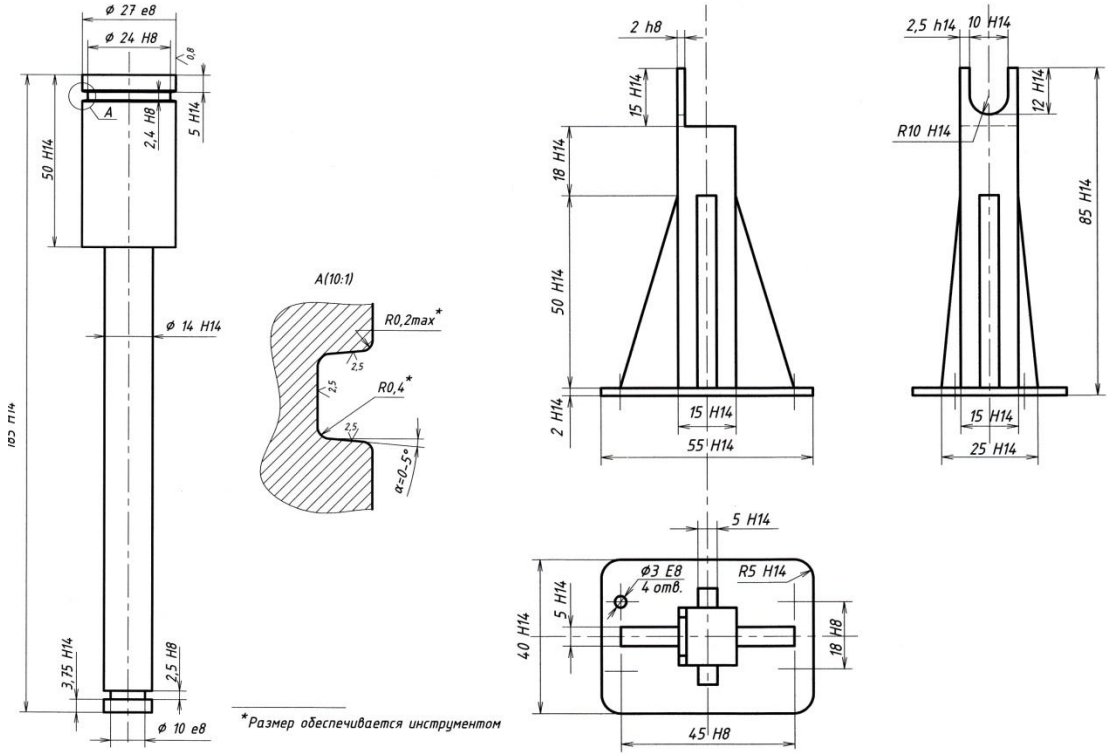


Рис. 2. Поршень и держатель поршня УЗР

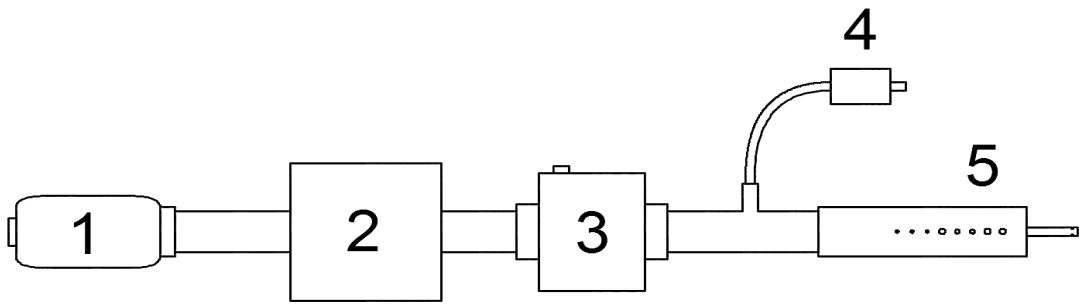


Рис. 3. Структурная схема установки для испытания прототипного образца УЗР: 1 – насос; 2 – устройство хранения расходуемой среды (эластичный резервуар); 3 – эталонное средство измерения расхода газа; 4 – датчик дифференциального давления; 5 – УЗР

Обсуждение результатов

По графикам на рисунке 4 можно сказать, что результаты имеют достаточную повторяемость, так как линии двух циклов почти полностью совпадают. При этом очевидна пропорциональность значений расхода, полученных по показаниям эталонного счетчика газа, и значений, рассчитанных с использованием формулы Сен-Венана (1) по избыточному давлению в УЗР и известному суммарному сечению открытых отверстий.

На основании полученных экспериментальных данных был вычислен поправочный коэффициент Kr = 0,7128, который учитывает трение воздуха о стенки отверстий и в дальнейшем будет использоваться при расчете площадей поперечного сечения отверстий в новых УЗР.

Во время работы установки для испытания прототипного УЗР был выявлен ряд недостатков:

– увеличение нагрузки на пластину эластичного резервуара отрицательно сказывается на стабильности ее горизонтального положения;

– после нескольких рабочих циклов отверстия с малыми диаметрами начали

забиваться частицами резины уплотнительного кольца, надеваемого в паз на поршне;

– материалы, из которых были изготовлены трубка и поршень, оказались слишком мягкими (дюралюминий и латунь), а привод поршня не обеспечивал тонной соосности движения поршня в полости трубки, в результате чего иногда возникали заклинивания поршня, что влекло за собой ухудшение состояния внутренней поверхности трубки.

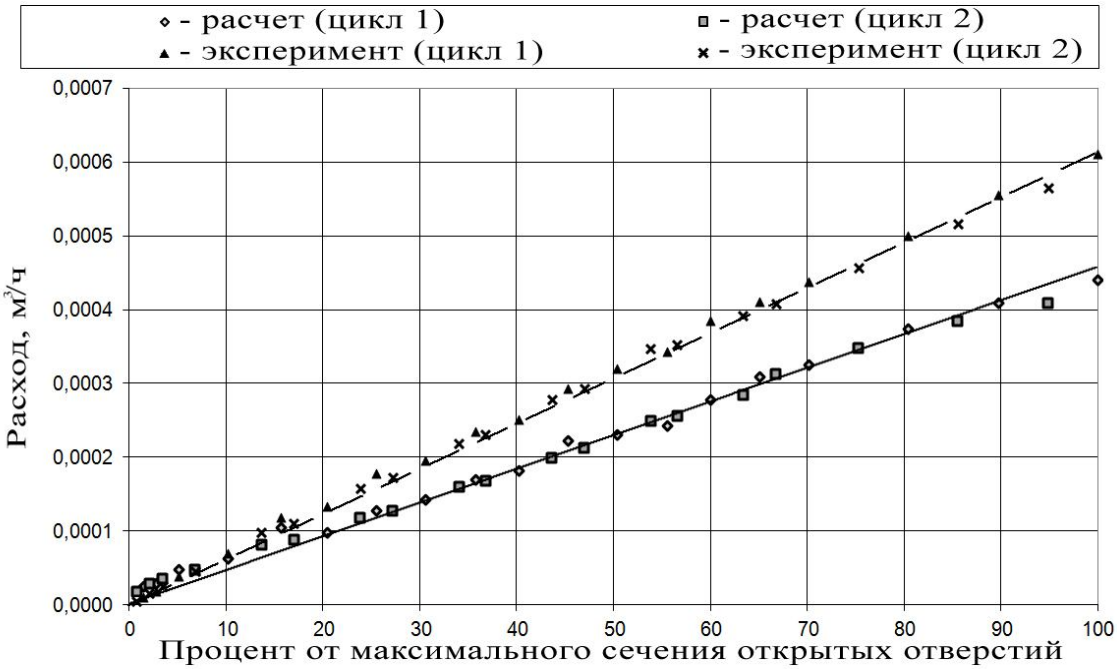


Рис. 4. Зависимость значений расхода воздуха, полученных по показаниям эталонного расходомера (сплошная линия) и рассчитанных по избыточному давлению в УЗР (штриховая линия), от сечения открытых отверстий в УЗР (в процентах от максимально задаваемого сечения)

Во время экспериментов пришлось снизить нагрузку с 400 кг до 300 кг и увеличить долю давления, обусловленного упругостью стенок эластичного резервуара, для достижения требуемых 1 кПа, что повлекло увеличение скорости падения избыточного давления в эластичном резервуаре с 1 Па/мин до 5 Па/мин. Учитывая, что в реальных условиях при проведении поверки на каждую точку расхода приходится менее одной минуты, то изменение давления менее чем на 0,1% является хорошим результатом и говорит о пригодности данного метода создания избыточного давления для расходомерных установок.

Для достижения большего постоянства избыточного давления воздуха в системе и для обеспечения возможности применения большей нагрузки начата разработка специального подвеса, стабилизирующего положение нагружаемой пластины. Также разрабатывается УЗР нового типа, в котором выявленные недостатки будут устранены.

Выводы

Проведенные испытания упрощённой ИРУ газа не ставили своей целью добиться высокой точности установки, а были направлены на экспериментальную проверку работоспособности основных принципов и технических решений, закладываемых в разрабатываемый ИРК.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы.

1. Результаты проведенных испытаний в целом показали работоспособность заложенных в разрабатываемый комплекс решений.

2. Одним из важных достоинств разрабатываемого комплекса является возможность получения потока расходуемой среды без пульсаций давления. Этот фактор очень важен при испытаниях акустических расходомеров-счетчиков или ротаметров, не допускающих наличия пульсаций давления расходуемой среды и не создающих таких пульсаций.

3. Использование эластичного резервуара со статической нагрузкой позволяет обеспечить высокое постоянство давления расходуемой среды во время рабочего цикла установки при многократно большем запасаемом её объёме по сравнению с колокольными мерниками, во много раз дешевле последних и удобней в эксплуатации. Выявленная нестабильность нагружаемой пластины на данный момент ограничивает максимальное рабочее давление, но в дальнейшем данный недостаток будет сведен к минимуму.

4. УЗР на основе трубки с калиброванными отверстиями и поршня в принципе показало работоспособность и высокую воспроизводимость результатов. При этом идеализация формулы Сен-Венана для расчёта прохождения газообразной или жидкой среды через отверстие, состоящее в отсутствии учёта трения среды о стенки отверстия, легко устраняется введением поправочного коэффициента, который несложно определить экспериментально для каждой конкретной конструкции УЗР данного типа.

5. Вместе с тем данная конструкция УЗР оказалась весьма сложна в изготовлении технологически. Использование резиновых уплотняющих колец на поршне приводит со временем к забиванию малых отверстий в трубке микрочастицами резины, а изготовить достаточно длинную пару трубка – поршень с микроскопическим зазором между ними без уплотняющих колец технологически весьма сложно. Поэтому сейчас разрабатывается новая, более технологичная конструкция УЗР.

Список литературы

1. Борзенков П.С. Устройства создания и стабилизации расхода в испытательной расходомерной установке газа // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 1(14). – С. 58-65.

2. Гиргидов А.Д. Техническая механика жидкости и газа. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. – 395 с.

3. ГОСТ – Р 8.324-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Счетчики газа. Методика поверки [Электронный ресурс]. – URL: http://vsegost.com/Catalog/58/5866.shtml.

Получено 16.10.15

V.E. Dreisin, Doctor of Engineering Science, Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: +7 (4712)58-71-00)

P.S. Borzenkov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: pahahowl@mail.ru)

PROTOTIPE SAMPLE OF ADJUSTING FLOWMETER COMPLEX FOR GAS FLOWMETERS-COUNTERS: TESTINGING OF PROTOTYPE GAS CONSUMPTION CONTROL DEVICE

Results of testing work of prototype gas consumption control device were considered in the article. The analysis of prototype gas consumption control devices wes presented here.

***Key words**: gas consumption control device, adjusting flowmeter complex, flowmeter adjusting, consumption stabilization, flexible bag.*

УДК 681.5.01

А.В. Полунин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: alp77@mail.ru)

ВОПРОСЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ БИНОКУЛЯРНЫМ ВАРИОФОКАЛЬНЫМ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМ УСТРОЙСТВОМ

Рассматривается бинокулярное оптико-электронное устройство с переменным фокусным расстоянием для вычисления трехмерных координат объектов рабочей сцены. Описывается геометрическая модель отображения характерных точек объекта рабочей сцены на плоскости изображений оптико-электронных датчиков, приводятся аналитические выражения для расчета точностных характеристик оптико-электронного устройства. Приведены результаты экспериментальных исследований.

***Ключевые слова**: бинокулярное оптико-электронное устройство, техническое зрение, пространственные координаты, погрешность вычисления.*

***

Задача пространственного очувствления робототехнических устройств и систем посредством автоматического построения трехмерной рабочей сцены по поступающим с оптико-электронных датчиков (ОЭД) двумерным изображениям является востребованной для многих областей практического применения в науке и промышленности. В настоящее время для решения подобных задач чаще всего используется принцип бинокулярного зрения с использованием предварительно настроенной посредством калибровки пары идентичных ОЭД [1].

Одним из недостатков существующих устройств бинокулярного зрения является относительно низкая точность определения параметров пространственного положения объектов на больших расстояниях, что обусловлено необходимостью реализации широкого угла обзора и практически нулевой диспарантностью изображений удаленных объектов [2].

Рассматриваемое бинокулярное вариофокальное оптико-электронное устройство (ОЭУ) отличается от известных использованием бинокулярного принципа трехмерного восприятия при сохранении в одном из видеодатчиков функции изменения фокусного расстояния, что позволяет получать увеличенные изображения удаленных объектов [3-6].

Для оценки точностных характеристик бинокулярного вариофокального ОЭУ и выбора рациональных параметров при его реализации на современной и перспективной элементной базе необходимо получить функциональные зависимости, отражающие взаимосвязь параметров точности вычисления трехмерных координат, внутренних параметров оптико-электронного устройства и внешних параметров среды.

Вычисление трехмерных координат характерных точек осуществляется на основе вычисления их двумерных координат на каждом из стереопары изображении [5], а обнаружение характерных точек, в свою очередь, осуществляется посредством обнаружения и последующего сопоставления перепадов яркости на изображениях. Таким образом, на точность вычисления трехмерных координат влияют точность определения двумерных координат, которая зависит от точности измерения перепада яркости при поиске характерной точки, которая среди прочих случайных помехах зависит от шума изображения.

При аналого-цифровом преобразовании максимальную погрешность находим по следующей формуле [2]:

$$\varepsilon_{\max} = {log_2 N_I}/{2}, \qquad (1)$$

где N_I – число градаций квантования амплитуды яркости.

Среднее квадратическое отклонение аналого-цифрового преобразования амплитуды яркости находим по формуле

$$\varepsilon_{\text{СКО}} = {\sqrt{3\sigma_I}}/{2^b}, \qquad (2)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение значений непрерывной функции яркости;

b – разрядность переменной для хранения величины яркости.

Вследствие искажения яркости пиксела I_{re} на случайную равномерно распределенную в диапазоне [0, $\varepsilon_{\max}$] величину ε результирующая яркость I_n пиксела изображения примет следующее значение:

$$I_n = I_{re} + \varepsilon. \quad (3)$$

При выделении характерной точки вычисляется перепад яркости G между пикселами с яркостями I_1, I_2 и сравнение вычисленного значения G с априори заданным порогом P_G. Исходя из того, что амплитуды I_1, I_2 при аналого-цифровом преобразовании случайно искажены на ε, то для определения минимальной погрешности вычисления перепада яркости считаем, что амплитуда I_1 одного из пикселов подвержена шуму с максимальным значением $\varepsilon_{\max}$, а амплитуда I_2 не искажена. В этом случае абсолютная погрешность вычисления G максимальна и равна $\varepsilon_{\max}$. Определим погрешность ε_{pg} вычисления разности между G и пороговым значением P_G при обнаружении характерных точек.

Производится сравнение зашумленной I_1 и без шума I_2 величин амплитуд яркости с порогом P_G, погрешность ε_{pg} определяется как

$$\varepsilon_{pg} = \varepsilon_{\max} / P_g. \quad (4)$$

Фактически процесс поиска и сопоставления характерных точек сводится к нахождению совокупности из N_p точек с перепадами амплитуд, измеренными с погрешностью ε_{pg}.

Тогда совокупная погрешность εnpg снижается в N_p раз:

$$\varepsilon_{npg} = \varepsilon_{pg} \cdot \frac{1}{N_p}. \quad (5)$$

В [5] рассматривается модель расположения оптико-электронных датчиков и формирования изображения. Для описания процесса вычисления трехмерных координат некоторой произвольной точки рабочей сцены T_i рассмотрим модифицированную геометрическую модель расположения плоскостей изображений ОЭД бинокулярного ОЭУ (рис. 1).

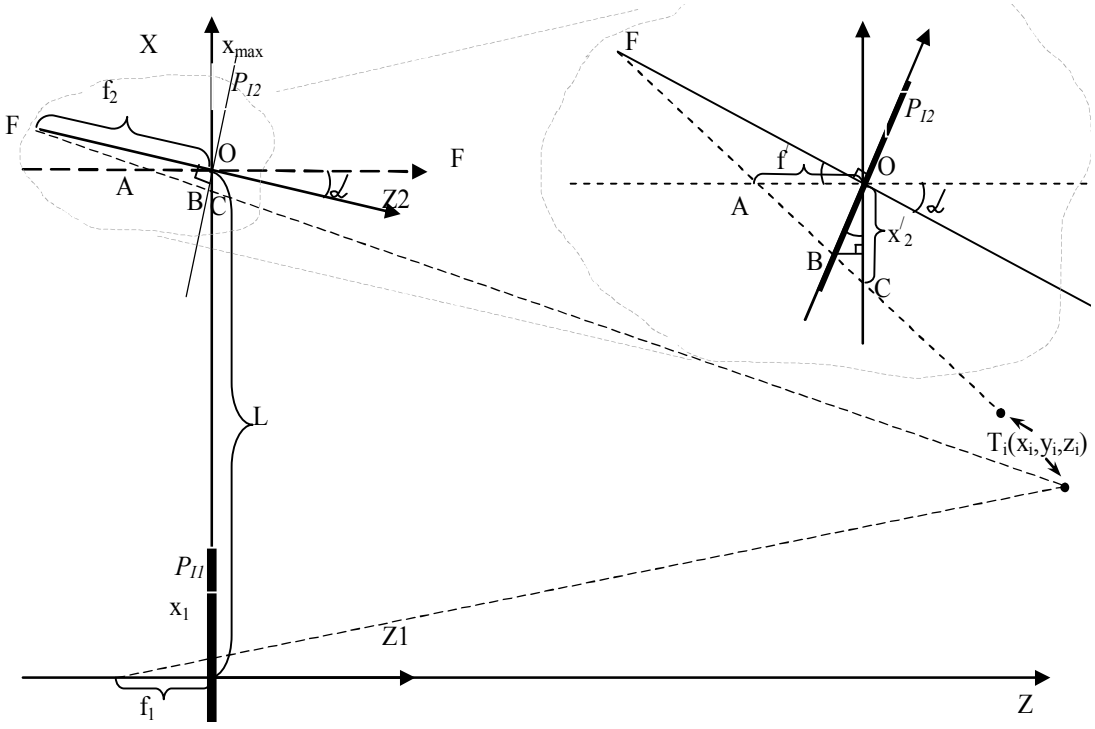


Рис. 1. Геометрическая модель расположения плоскостей изображений ОЭД бинокулярного ОЭУ и отображения точки T_i объекта рабочей сцены

Пусть x_{1Ti}, x_{2Ti} – абсциссы, y_{1Ti}, y_{2Ti} – ординаты точки T_i на изображениях с первого и второго ОЭД соответственно. Тогда выражения (6), (7), (8) могут быть использованы при расчетах трехмерных координат при непараллельных оптических осях ОЭД в составе бинокулярного ОЭУ [5]:

$$z_{Ti} = \frac{f_1 f_2' \left(-x_{1Ti} L_{WS1} x_{2\max} + x_{1\max} L_{WS2} x_{2Ti}' + x_{1\max p} x_{2\max} L\right)}{x_{1Ti} L_{WS1} x_{2\max} f_2' - x_{2Ti}' L_{WS2} x_{1\max} f_1}; \quad (6)$$

$$x_{Ti} = x_{1Ti} \frac{\left(f_1 + z_{Ti}\right)}{f_1}; \quad (7)$$

$$y_{Ti} = y_{1Ti} \frac{\left(f_1 + z_{Ti}\right)}{f_1}. \quad (8)$$

Далее, используя для расчета координат точки выражения (6) – (8), определим погрешность определения трехмерных координат характерных точек.

Запишем выражение для вычисления погрешности *dz*:

$$dz = \sqrt{\left(\begin{array}{l} \dfrac{l_{1\max}\left(x_{2p} l_{2\max} f_2 + x_{2\max} f_2 L - f_1 l_{2\max} x_{2p}\right)}{x_{1p} l_{1\max} x_{2\max} f_2 - x_{2p} l_{2\max} f_1 x_{1\max}} - \\ \dfrac{x_{1p} l_{1\max}^2 \left(x_{2p} l_{2\max} f_2 + x_{2\max} f_2 L - f_1 l_{2\max} x_{2p}\right) x_{2\max} f_2}{\left(x_{1p} l_{1\max} x_{2\max} f_2 - x_{2p} l_{2\max} f_1 x_{1\max}\right)^2} \end{array}\right)^2 dx_{1p} + \left(\begin{array}{l} \dfrac{x_{1p} l_{1\max}\left(l_{2\max} f_2 - f_1 l_{2\max}\right)}{x_{1p} l_{1\max} x_{2\max} f_2 - x_{2p} l_{2\max} f_1 x_{1\max}} + \\ \dfrac{x_{1p} l_{1\max}\left(x_{2p} l_{2\max} f_2 + x_{2\max} f_2 L - f_1 l_{2\max} x_{2p}\right) l_{2\max} f_1 x_{1\max}}{\left(x_{1p} l_{1\max} x_{2\max} f_2 - x_{2p} l_{2\max} f_1 x_{1\max}\right)^2} \end{array}\right)^2 dx_{2p}}. \quad (9)$$

Аналогичным образом вычисляется погрешность для координат *x* и *y*.

Рассмотрим методику проведения экспериментальных исследований при определении погрешностей вычисления трехмерных координат объектов рабочей сцены.

1. Выполнялась калибровка ОЭУ и установка условного нуля мировой системы координат. Фокусное расстояние второго ОЭД устанавливалось равным фокусному расстоянию первого ОЭД.

2. На рабочей сцене в диапазоне от 0,1 до 17 метров от ОЭУ размещались тестовые объекты известной геометрически правильной формы на известных расстояниях с шагом в 1м.

3. Запускался процесс обнаружения ОЭУ объектов и измерения координат характерных точек, им принадлежащих.

4. Для каждой характерной точки дополнительно вручную посредством рулетки с погрешностью 0,5 мм уточнялись координаты (дальность, смещение по горизонтали и смещение по вертикали относительно расположения ОЭУ).

5. Для каждой характерной точки вычислялась абсолютная погрешность измерения дальности и абсолютная погрешность вычисления смещения в горизонтальной плоскости.

6. Оценивалась средняя квадратическая погрешность измерений и доверительный интервал по каждому из параметров – по дальности, по смещению в горизонтальной плоскости, по величине линейных размеров объекта. Результаты заносились в таблицу.

7. Фокусное расстояние второго ОЭД устанавливалось в величину, рав-

ную двойному фокусному расстоянию первого ОЭД. Шаги 2 – 7 повторялись.

8. Фокусное расстояние второго ОЭД устанавливалось в величину, равную тройному фокусному расстоянию первого ОЭД. Шаги 2 – 7 повторялись.

9. Строились функциональные зависимости, иллюстрирующие зависимости погрешностей от дальности, смещения и размера объекта.

В результате проведенных испытаний погрешность вычисления трехмерных координат составила:

– на дальностях до 10 метров – 0,5% от дальности;

– на дальностях от 10 до 30 метров – 1,3% от дальности.

На рисунке 2 представлены зависимости погрешности вычисления дальности z и координаты x точек объектов рабочей сцены.

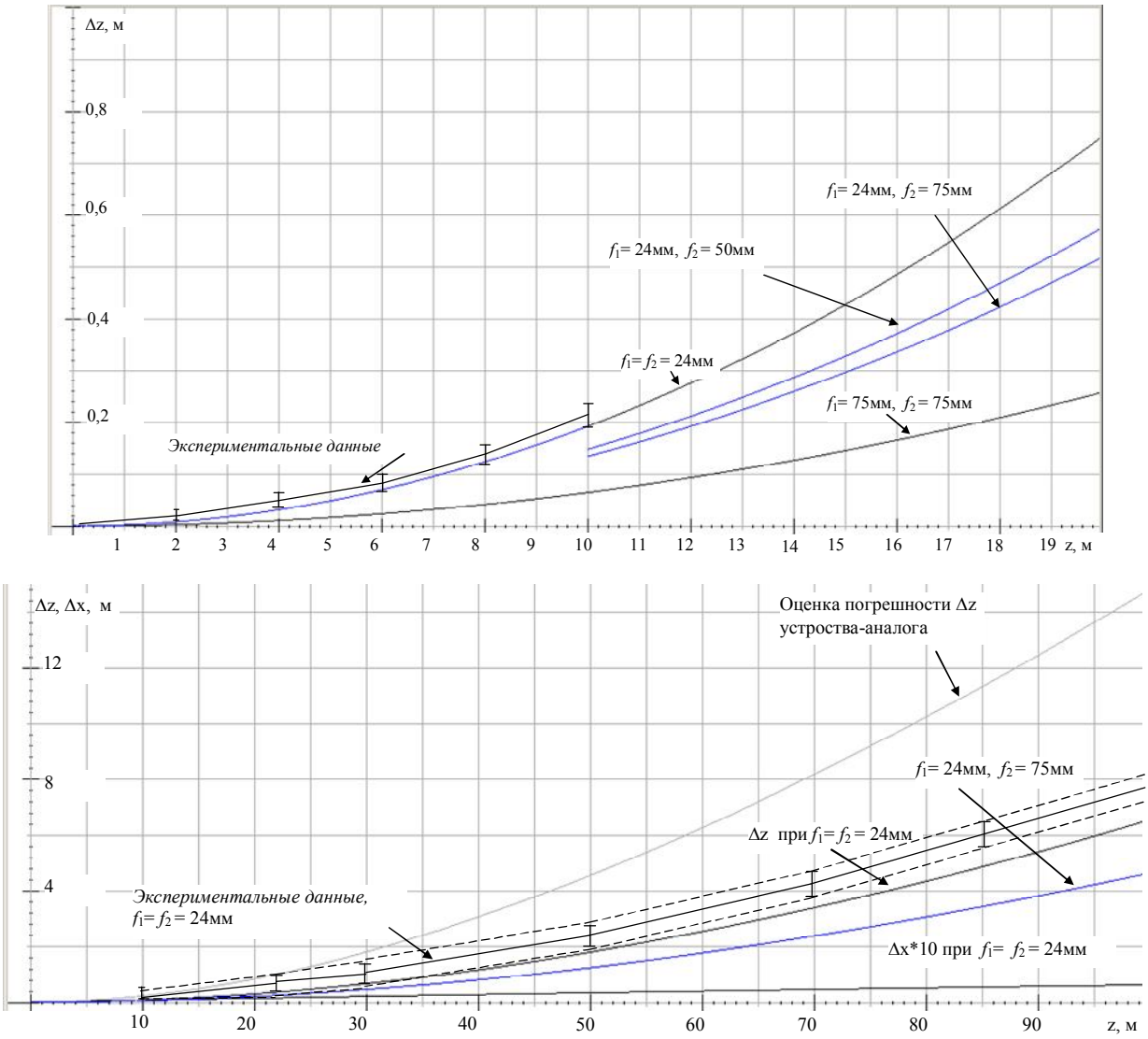


Рис. 2. Зависимости погрешности определения дальности и абсциссы точек от дальности при различных параметрах ОЭУ

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что рассматриваемое ОЭУ позволяет с большей по сравнению с аналогами точностью определять координаты трехмерных объектов (в 1,5 – 2,1 раза на дальности до 10 м, в 3,8 – 4,2 раза на дальности до 100 м).

Список литературы

1. Адаптивные системы технического зрения / В.Н. Гридин, В.С. Титов, М.И. Труфанов [и др.]; Центр информационных технологий в проектировании РАН. – М.: Наука, 2009. – 441 с.

2. Методы компьютерной обработки изображений / под ред. В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, 2001. – 784 с.

3. Полунин А.В., Титов В.С., Вакун В.В. Оптико-электронное устройство обнаружения и распознавания объектов городской транспортной инфраструктуры // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – № 4. – С. 40-43.

4. Полунин А.В., Болецкий Е.Б., Труфанов М.И. Аппаратно-ориентированные алгоритмы формирования трехмерной модели рабочей сцены бинокулярным вариофокальным оптико-электронным устройством // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2014. – № 2. – С. 60-66.

5. Полунин А.В. Метод, алгоритмы и бинокулярное оптико-электронное устройство с переменным фокусным расстоянием для трехмерного зрения мобильного транспортного робота: дис. … канд. техн. наук: 26.12.2014 / Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2014. – 124 с.

6. Пат. 144820 на полезную модель Рос. Федерация, МПК G06K9/00. Оптико-электронное устройство для трехмерного восприятия с оптико-электронным датчиком с трансфокатором / Полунин А.В., Труфанов М.И. – №2014114545; заявл. 11.04.2014; опубл. 27.08.2014.

Получено 22.10.15

A.V. Polunin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: alp77@mail.ru)

ON OBJECTS SPATIAL COORDINATES CALCULATING ACCURACY MEASURMENT WITH BINOCULAR VARIFOCAL OPTOELECTRONIC DEVICE

A binocular optoelectronic device with variable focal length for working stage objects position data calculating is under review. On the basis of geometrical model of distinguished points mapping to image sensors planes analytical expressions for measurement accuracy characteristics are constructed. The paper reports experimental data.

***Key words**: binocular optoelectronic device, computer vision, three-dimensional coordinates accuracy measurement.*

УДК 378

А.И. Пыхтин, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: sephiroth_kstu@mail.ru)

О.В. Овчинкин, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ovchinkin_o_v@mail.ru)

Н.К. Зарубина, преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: nkzarubina@yandex.ru)

А.Г. Мезенцева, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: mezenceva.alena@yandex.ru)

МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМА ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА ПРИ ПРИЕМЕ НА ПРОГРАММЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ ПОРЯДКА ПРИЕМА В ВУЗЫ РОССИИ В 2015 ГОДУ

В статье сформулирована задача многокритериальной оптимизации для проведения единого в пределах страны конкурса при приеме на обучение в вузы в условиях указания множества приоритетов специальностей и направлений подготовки в заявлениях абитуриентов, предложен алгоритм ее решения и показаны преимущества такого подхода.

***Ключевые слова**: многокритериальная оптимизация, поддержка принятия решений, модифицированный алгоритм.*

***

В настоящее время процедуру приема в вузы России можно охарактеризовать следующими особенностями: с 2009 года завершился переход к единому государственному экзамену (ЕГЭ) как к основному способу контроля знаний для выпускников школ и основному критерию отбора при приеме в высшие учебные заведения, сведения о результатах ЕГЭ аккумулируются в единой информационной базе данных; с 2012 года Министерство образования и науки Российской Федерации перешло к схеме «подушевого» финансирования вузов для усиления мер по контролю над соблюдением нормативных документов в области приема в вузы, для обеспечения максимальной открытости процедур приема по отношению к абитуриентам, с 2012 года введена в эксплуатацию федеральная информационная система обеспечения проведения государственной итоговой аттестации обучающихся, освоивших основные образовательные программы основного общего и среднего общего образования, и приема граждан в образовательные организации для получения среднего профессионального и высшего образования (ФИС), в которую заносятся все сведения об абитуриентах каждого российского вуза с указанием выбранных ими для поступления специальностей и направлений, льготах, набранных на ЕГЭ и вступительных испытаниях баллах и т.д.

Все это создает предпосылки к унификации автоматизированных информационных систем, используемых в вузах для организации приемных кампаний. Для функционирования таких систем разработаны и внедрены специализированные алгоритмы конкурсного отбора, применять которые можно как в отдельных вузах, так и в ассоциациях вузов [2, 3, 4, 5, 9].

В 2015 году в процедуру приема были внесены некоторые изменения, которые потребовали частичной адаптации существующих алгоритмов. Так, с 2015 года при поступлении в вузы учитывается портфолио абитуриентов, результаты оценивания итогового сочинения [7], ранжирование абитуриентов при прочих равных условиях осуществляется с учетом баллов по каждому отдельному предмету и приоритетов этих предметов, устанавливаемых вузом.

Несколько изменилась и процедура зачисления. Теперь на 1-м этапе приема зачисление осуществляется из числа абитуриентов, представивших в установленные сроки оригинал документов об образовании, на 80% бюджетных мест, а на 2-м этапе приема осуществляется зачисление до заполнения 100% мест. При этом на первом этапе возможно поступление лиц с меньшими баллами, чем на втором.

Сущность конкурса заключается в том, чтобы распределить множество претендентов (абитуриентов, школьников) $P=\bigcup_i p_i$ $(i=\overline{1,\,k})$ на множество имеющихся вакансий (бюджетных мест) $V=\bigcup_l V_l$ $(l=\overline{1,\,n})$. Каждый из претендентов участвует в конкурсе на некоторую совокупность вакансий (мест в рамках одной специальности или направления подготовки) V_i^P из множества V $(V_i^P \subseteq V)$. Претендент упорядочивает вакансии из V_i^P в соответствии со своими предпочтениями, т.е. каждой $V_l \subset V$ ставится в соответствие ее приоритет – целое неотрицательное число $s(p_i,V_l)$, причем $s(p_i,V_l)=\infty$ для всех $V_l \not\subset V_i^P$ и $1 \le s(p_i,V_l) \le \left|V_i^P\right|$, $s(p_i,V_{l1}) \ne s(p_i,V_{l2})$ для любых $l1 \ne l2$, $l1,l2=\overline{1,\left|V_i^P\right|}$. Каждой вакансии V_l соответствует формализованное представление группы требований $U_l=\bigcup u_{l,k}$, где $k=\overline{1,\left|U_l\right|}$, выполнение которых необходимо для получения права претенденту занять одну из вакансий V_l. Примерами таких требований является преодоление порогового значения по каждому из предметов, сдаваемых пре-

тендентом. Каждый претендент соответствует одной из определенных законодательством России категорий $CP_j \in CP$, $j = \overline{1, |CP|}$.

Чтобы ранжировать претендентов, необходимо для каждой конкурсной позиции претендента p_i рассчитывать значение модифицированной оценочной функции:

$$z(p_i, V_l) = \left(\begin{array}{l} \sum_{k=1}^{|U_l|} r(p_i, u_{l,k}) \cdot q(u_{l,k}) + SB(p_i, V_l) \cdot S_{\max} + \\ + NET(p_i) \cdot F_{\max} + W(p_i, V_l) \end{array} \right) \cdot \prod_{k=1}^{|U_l|} h(p_i, u_{l,k}),$$

где $r(p_i, u_{l,k})$ – количественная оценка выполнения претендентом p_i требования $u_{j,k}$ из множества U_l, т.е. результаты испытаний (ЕГЭ);

$q(u_{l,k})$ – весовой коэффициент k-го показателя из множества требований U_j, определяемый законодательством России в области образования (в настоящее время равен 1);

$0 \le SB(p_i, V_l) \le 1$ - функция оценки итогового сочинения претендента;

$S_{\max}$ - максимально возможный балл, назначаемый за итоговое сочинение претендента, этот балл устанавливается вузом в пределах от 0 до 10;

$0 \le NET(p_i) \le 1$ - оценка «портфолио» претендента, т.е. индивидуальных достижений и способностей претендента к научной, творческой, физкультурно-спортивной и иной деятельности;

$F_{\max}$ - максимально возможный балл, назначаемый за «портфолио» претендента (с 2015 года равен 10 баллам в соответствии с [8]);

$W(p_i, V_l)$ – функция, определяющая утвержденный в рамках законодательства России порядок ранжирования различных категорий претендентов. Значение $W(p_i, V_l) = W(CP_j)$, если претендент соответствует категории CP_j. Если претенденты категории CP_{j1} претендуют на первоочередное зачисление по сравнению с претендентами категории CP_{j2}, то $W(CP_{j1}) >> W(CP_{j2})$;

$h(p_i, u_{l,k})$ – признак выполнения ($h(p_i, u_{l,k}) = 1$) или невыполнения ($h(p_i, u_{l,k}) = 0$) претендентом p_i k-го условия из множества U_l.

Слагаемые $SB(p_i, V_l)$ и $NET(p_i)$ введены для устранения коллизий при выборе претендентов. Сущность возникающих коллизий сводится к тому, что на некоторое подмножество вакансий $V_l^C \subset V_l$ претендует множество претендентов $P_l^C \subset P$, причем $|V_l^C| < |P_l^C|$, с одинаковым значением оценочной функции $z(P_l^C, V_l^C)$. В соответствии с требованиями [8] в 2015 году суммарное значение $S_{\max} + F_{\max}$ не должно превышать 20, в 2016 году планируется уменьшить этот показатель до 10.

Результатом принятия решений при приеме является нахождение матрицы зачислений D размерностью K на N, каждый элемент которой $d_{il} = d(p_i, V_l)$ равен единице, если в результате конкурсного отбора претендент p_i рекомендован к зачислению (переводу) на вакансию подмножества V_l, и равен нулю в противном случае. Для нахождения матрицы D требуется решить задачу многокритериальной оптимизации общей целевой функции, соответствующей приёму наиболее подготовленных к продолжению обучения претендентов при зачислении каждого претендента не более чем на одну специальность с наибольшим возможным приоритетом и при соблюдении ограничений на количество имеющихся вакансий:

$$\max_{x\in X}\left\{F_C(x), F_p^i(x); i=1,2,...,K\right\},\ x=(d(p_1,V_1),d(p_1,V_2),...,d(p_K,V_N)),$$

$$X=\left\{x\,\middle|\,d(p_i,V_l)=\{0;1\},\forall l\left(\sum_i d(p_i,V_l)\le|V_l|\right),\forall i\left(\sum_l d(p_i,V_l)\le 1\right);i=\overline{1,K};l=\overline{1,N}\right\},$$

где $F_C(x)=\sum_i\sum_l d(p_i,V_l)\cdot z(p_i,V_l)$ - целевая функция, соответствующая приёму претендентов, наиболее подготовленных к освоению дальнейшей образовательной программы (имеющих наибольшую сумму баллов по результатам ЕГЭ);

$F_p^i(x)=\sum_l d(p_i,V_l)/s(p_i,V_l)$ – целевая функция претендента p_i, который заинтересован в занятии вакансии с наибольшим приоритетом.

При этом необходимо обеспечить выполнение условия: для каждого претендента p_i, распределенного на вакансию $V_l^{/}$, не существует вакансии $V_l^{//}$, такой что $z(p_i,V_l^{//})\ge\min_{i1}(z(p_{i1},V_l^{//})\cdot d(p_{i1},V_l^{//}))$ и $s(p_i,V_l^{//})<s(p_i,V_l^{/})$ для $i1: s(p_{i1},V_l^{//})\ne\infty$.

Для нахождения субоптимального значения x (и, соответственно, матрицы D) при условии выбора в качестве главного критерия $F_C(x)$ создан следующий алгоритм [1, 2, 6, 9]:

1. Для всех конкурсных позиций вычисляется $z(p_i,V_l)$.

2. Для каждой совокупности вакансий строится рейтинг-список претендентов, упорядоченных по убыванию значений оценочной функции, обнуляется матрица зачислений D, все конкурсные позиции отмечаются как необработанные.

3. Из рейтинг-списка выбирается первая совокупность одинаковых вакансий $V_{\max}$.

4. Выбирается необработанная конкурсная позиция и соответствующий ей претендент $p_{\max}$ с оценочной функцией $z_{\max}=\max(z(p_i,V_{\max}))$. Если все позиции обработаны, то пометить $V_{\max}$ как обработанную и перейти к пункту 6.

5. Если $\sum_i d(p_i,V_{\max})<|V_{\max}|$, т.е. имеются свободные вакансии и отсутствуют коллизии, то распределить на одну из вакансий $p_{\max}$, т.е. установить $d(p_{\max},V_{\max})=1$. Для всех V_l, таких что $s(p_{\max},V_l)>s(p_{\max},V_{\max})$, установить $d(p_{\max},V_l)=0$, а все конкурсные позиции $z(p_{\max},V_l)$ пометить как обработанные с примечанием, что $p_{\max}$ распределен на $V_{\max}$. Текущую конкурсную позицию также обозначить как обработанную. Если произошли изменения матрицы зачислений, кроме как в позиции $d(p_{\max},V_{\max})$, то перейти к пункту 3, иначе – перейти к пункту 4.

6. Из рейтинг-списка выбирается следующая необработанная совокупность одинаковых вакансий $V_{\max}$, переход к пункту 4. Если V обработано и не было ни одного изменения матрицы D, то конец алгоритма, иначе – переход к пункту 3.

Чтобы адаптировать указанный алгоритм к процедуре зачисления абитуриентов на 80% вакансий на первом этапе зачисления, достаточно изменить условие в пункте 5 алгоритма на $\sum_i d(p_i,V_{\max})<round\left(0{,}8\cdot|V_{\max}|\right)$, где *round* – функция округления вещественного числа до целого в большую сторону.

Чтобы адаптировать указанный алгоритм к процедуре зачисления абитуриентов на 100% вакансий на втором этапе зачисления, необходимо:

1. Сформировать по результатам работы первого этапа зачисления матрицу зачислений *D0*.

2. Уменьшить количество одинаковых вакансий на количество распреде-

ленных на них на первом этапе претендентов, т.е. $|V_l| = |V_l| - \sum_i d0(p_i, V_l)$.

3. Видоизменить пункт 5 первоначального алгоритма: «если $\sum_i d(p_i, V_{\max}) < |V_{\max}|$, то распределить на одну из вакансий $p_{\max}$, т.е. установить $d(p_{\max}, V_{\max}) = 1$. Если для некоторой V_l, такой что $s(p_{\max}, V_l) > s(p_{\max}, V_{\max})$, $d(p_{\max}, V_l) = 1$, то увеличить количество одинаковых вакансий на 1, т.е. $|V_l| = |V_l| + 1$. Для всех V_l, таких что $s(p_{\max}, V_l) > s(p_{\max}, V_{\max})$, установить $d(p_{\max}, V_l) = 0$, а все конкурсные позиции $z(p_{\max}, V_l)$ пометить как обработанные с примечанием, что $p_{\max}$ распределен на $V_{\max}$. Текущую конкурсную позицию также обозначить как обработанную. Если произошли изменения матрицы зачислений, кроме как в позиции $d(p_{\max}, V_{\max})$, то перейти к пункту 3, иначе – перейти к пункту 4».

Суть данной модификации состоит в том, что сначала количество вакансий уменьшается на количество распределенных на первом этапе претендентов (остается 0-20% вакансий). Далее на свободные вакансии или распределяются новые претенденты, или перераспределяются претенденты на вакансии с большим приоритетом. Во втором случае занятая ранее претендентом вакансия высвобождается и процесс повторяется.

Таким образом, в работе предложены модификации алгоритма проведения конкурса по направлениям подготовки и специальностям высшего образования, позволяющие адаптировать указанный алгоритм к современным особенностям приема в вузы России.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-5226.2015.8.

Список литературы

1. Пыхтин А.И., Емельянов И.П. Концепция организации приема в вузы на основе проведения единого всероссийского конкурса по направлениям подготовки и специальностям // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – № 2(47). – С. 86-89.

2. Овчинкин О.В., Пыхтин А.И. Алгоритм проведения конкурсного отбора претендентов при приёме в вуз на второй и последующие курсы в условиях указания множества упорядоченных по приоритету направлений подготовки в заявлении // Открытое образование. – 2013. – № 6(101). – С. 66-71.

3. Овчинкин О.В., Пыхтин А.И., Емельянов И.П. Алгоритм процесса управления приёмом лиц на второй и последующие курсы в вузах // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – № 1 (46). – С. 64-70.

4. Овчинкин О.В., Пыхтин А.И. Об использовании претендентами возможности множественного выбора специальностей и направлений подготовки в заявлении при приёме в вуз на второй и последующие курсы // Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции (Москва, 01 апреля 2013 г.) / Мин-во обр. и науки. – М.: «АР-Консалт», 2013. – Ч.V. – С. 41-43.

5. Овчинкин О.В., Пыхтин А.И. Особенности использования множества упорядоченных по приоритету направлений подготовки в заявлении претендентов при проведении конкурсного отбора для зачисления в вуз на второй и последующие курсы // Информационно-коммуникационное пространство и человек: материалы III Международной научно-практической конференции (Прага, 15-16 апреля 2013 г.) – Прага: Vedecko vydavatelske centrum “Sociosfera-CZ”, 2013. – С.137-139.

6. Овчинкин О.В., Пыхтин А.И., Емельянов И.П. Способы решения отдельных социальных проблем управления при проведении приёмных кампаний

в вузах // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – №1. – С. 317-322.

7. Зарубина Н.К., Овчинкин О.В., Пыхтин А.И. Оценка качества подготовки абитуриентов при приеме в вуз по результатам ЕГЭ и итоговому сочинению // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8-3. – С. 481-485.

8. Порядок приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры на 2014/15 учебный год [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rg.ru/2014/02/25/poryadok-dok.html (дата обращения: 30.09.2015).

9. Pykhtin A.I., Ovchinkin O.V., Zeveleva I.A. The algorithm for a single competition for admission to higher education programmes // International journal of applied engineering research. – 2015. – № 7 (10). – P. 18425-18434.

Получено 29.10.15

A.I. Pykhtin, Candidate of Engineering Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: sephiroth_kstu@mail.ru)

O.V. Ovchinkin, Candidate of Engineering Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ovchinkin_o_v@mail.ru)

N.K. Zarubina, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: nkzarubina@yandex.ru)

A.G. Mezentseva, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: mezenceva.alena@yandex.ru)

MODIFICATIONS OF THE COMPETITION ALGORITHM WHEN APPLYING FOR THE HIGHER EDUCATION PROGRAMMS IN ACCORDANCE WITH THE CHANGES OF ADMISSION REGULATIONS TO RUSSIAN UNIVERSITIES IN 2015

The paper formulates the multi-objective optimization problem when applying for admission to universities regarding united competition within the country in cases when an applicant indicates a set of priority specialities and areas of training. We offer the algorithm of its solution and we demonstrate the advantages of such an approach.

***Key words**: multiobjective optimization, decision support, modified algorithm.*

УДК 621.396.61, 621.396.62

И.Г. Бабанин, преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел.: 89510748485)

С.О. Дрёмова, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел.: 89207244174)

Н.А. Крапивная, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ РАДИОПРИЁМНО-ПЕРЕДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИНСТИТУТАХ

Показана имитационная модель радиоприёмно-передающей системы, построенной в среде динамического моделирования Simulink. Данная модель оптимизирована под разработку программных IP-ядер для комплексов с применением программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

***Ключевые слова**: научно-исследовательские организации, высокоскоростные локальные вычислительные сети, квадратурная амплитудная модуляция.*

***

Последние десятилетия ознаменовались стремительным ростом инструментальных возможностей науки. Лавинообразно растет объём экспериментальных данных, получаемых в различных областях науки. Необходимость передачи сверхбольших объемов данных, получаемых в результате научных экспериментов, а также для их обработки с использованием уникального научного оборудования, совместное выполнение проектов сотрудниками распределенных научных лабораторий, организация работы с базами данных научной информации требуют наличия высокоскоростных каналов связи в локальных сетях научно-исследовательских центров.

Очевидно, что обычные сетевые бизнес-средства для научного сообщества недостаточны. Реалии современной науки предъявляют к сетевой инфраструктуре высокие требования.

Объёмы данных, генерируемые крупнейшими научными проектами, или уже достигли предела скорости каналов передачи информации, или же в ближайшее время потребуют от сетей передачи данных пропускной способности в несколько, а то и в десятки раз превышающие стандартные на сегодняшний день величины. В связи этим необходимы принципиально новые технологические решения, позволяющие существенно увеличить скорость передачи данных с помощью уже существующих коммуникационных сетей. В связи с этим становится актуальным поиск решения для увеличения скорости передачи данных.

Современные беспроводные локальные вычислительные сети создаются на основе семейства стандартов IEEE 802.11.

В настоящее время широко используются в Российской Федерации преимущественно три стандарта группы IEEE 802.11.

Основные характеристики, необходимые для сравнения, представлены в таблице.

Основные характеристики стандартов группы IEEE 802.11

Стандарт	802.11g	802.11a	802.11n
Частотный диапазон, ГГц	2,4-2,483	5,15-5,25	2,4 или 5,0
Метод передачи	DSSS,OFDM	DSSS,OFDM	MIMO
Скорость	1-54 Мбит/с	6-54 Мбит/с	6-300 Мбит/с
Совместимость	802.11 b/n	802.11 n	802.11 a/b/g
Метод модуляции	BPSK, QPSK, OFDM	BPSK,QPSK, OFDM	BPSK, 64-QAM
Дальность связи в помещении, м	20-50	10-20	50-100
Дальность связи вне помещения, м	250	150	500

Из приведенной выше таблице видно, что наиболее высокой скоростью передачи данных обладает стандарт IEEE 802.11n. Стандарт IEEE 802.11n позволяет передавать данные на расстояние до 100 м со скоростью 300 Мбит/с.

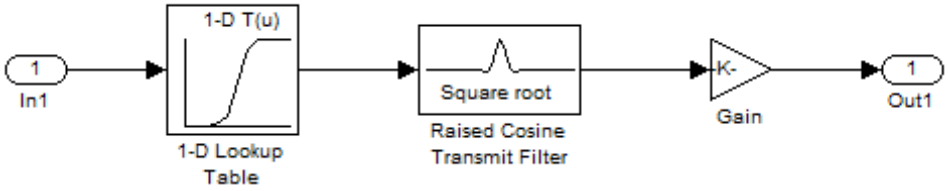
Самым очевидным и простым способом увеличения скорости передачи данных является такой, как повышение позиционности созвездия.

В работах [1, 2] представлены структурно-функциональные схемы передающей части цифровой системы связи:

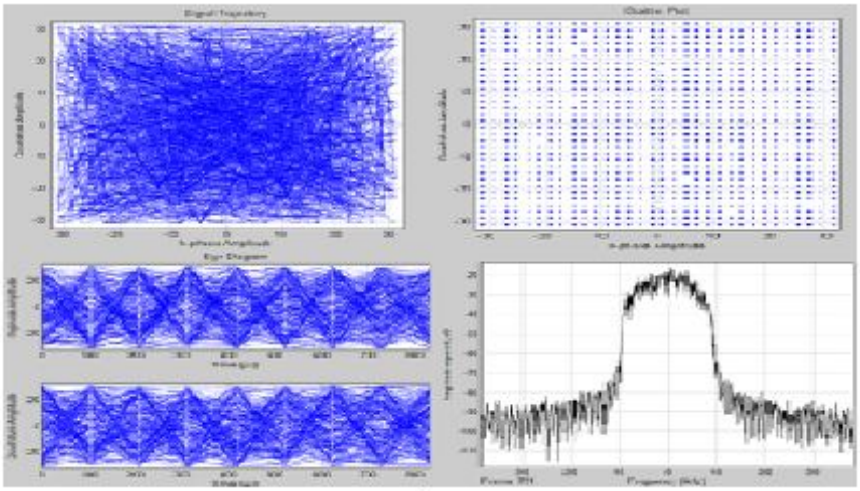
1) архитектура передающей части цифровой системы связи с аналоговой квадратурной обработкой сигнала;

2) архитектура передающей части цифровой системы связи с цифровой квадратурной обработкой сигнала (рис. 1, *а*).

а)



б)



в)

Рис. 1. Структурно-функциональная схема радиопередающего устройства: *а* – архитектура передающей части цифровой системы связи с цифровой квадратурной обработкой сигнала; *б* – общий вид модели передающей системы; *в* – блоки отображения информации о сигнале

Достоинством второго подхода является полное избавление от проблем аналоговой квадратурной обработки сигнала, так как цифровая обработка сигналов позволяет создать квадратурный гетеродин с идеальной разностью фаз и одинаковой амплитудой выходных сигналов, а операции перемножения и фильтрации в цифровом виде выполняются абсолютно идентично для квадратурных каналов.

Имитационная модель передающего устройства цифровой системы связи с использованием модуляции КАМ-1024 показана на рисунке 1, *б*.

Модель передающей системы включает в себя следующие блоки:

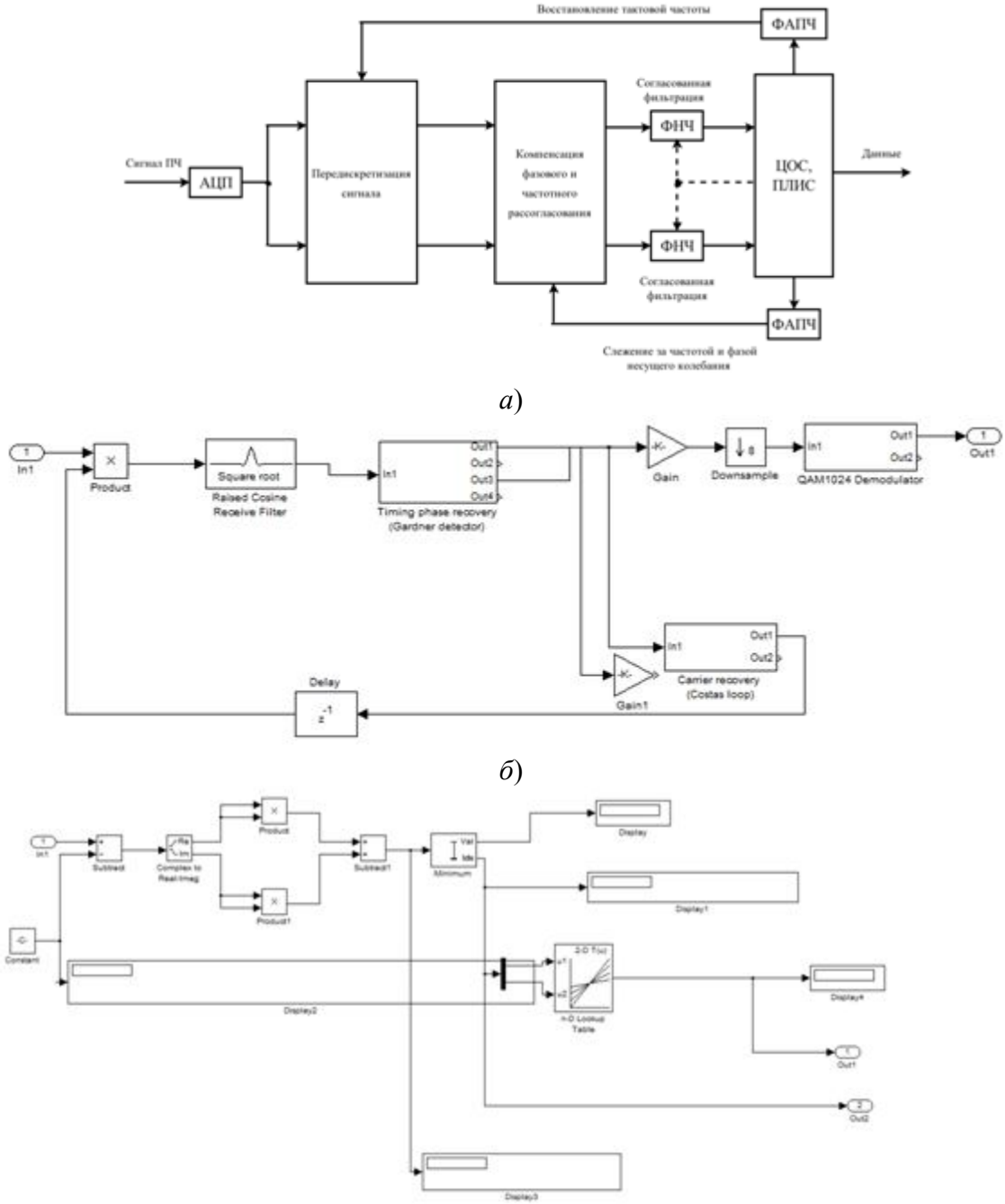
1-D Lookup Table – перекодировочная таблица, необходимая для формирования сигнально-кодовой конструкции в амплитудно-фазовой плоскости с использованием кода Грея;

Raised Cosine Transmit Filter – формирующий фильтр с характеристикой корень из приподнятого косинуса;

Gain – усилитель сигнала.

Данные о работоспособности системы отображены в блоках информации о сигнале (рис. 1, *в*).

На сегодняшний день можно выделить три поколения архитектур приемников цифровой связи: первого, второго и третьего поколений. Так как архитектура третьего поколения имеет значительный ряд преимуществ, то для построения имитационной модели приемной части будем пользоваться ей (рис. 2, *а*).



а)

б)

в)

Рис. 2. Структурно-функциональная схема радиоприемного устройства:
а – архитектура третьего поколения приемников цифровой связи; *б* – общий вид модели устройства приема сигнально-кодовых конструкций; *в* – демодулятор сигнала с квадратурной амплитудной модуляцией

Как видно из рисунка 2, аналого-цифровое преобразование осуществляется на промежуточной или несущей частоте в так называемом свободном режиме, т. е. частота тактирования АЦП никак не подстраивается и не отслеживается.

Кроме того, при достаточной полосе пропускания аналогового тракта АЦП и хорошей полосовой фильтрации сигнала возможна реализация работы преобразователя не только в первой зоне Найквиста, но и в любых других.

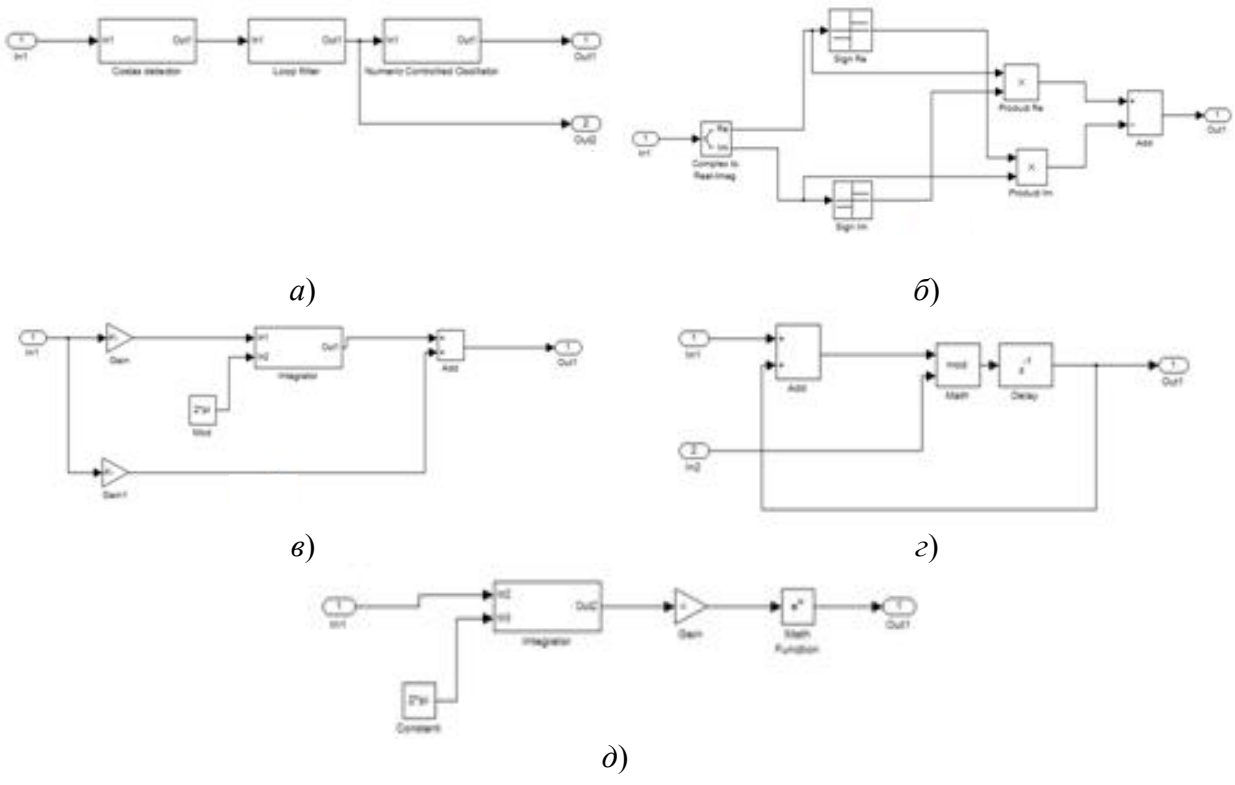
Перенос спектра сигнала на нулевую промежуточную частоту выполняется совместно с его передискретизацией фильтрами-интерполя-торами, после чего происходит восстановление несущей частоты и когерентное детектирование сигнала.

Имитационная модель устройства приема и обработки сигналов состоит из усилителя, формирующего фильтра с характеристикой корень из приподнятого косинуса, блока понижения частоты дискретизации и блока демодуляции (рис. 2, *б*).

Демодуляция сигнала выполняется на основе подсчета метрик и выполняется в виде универсального демодулятора (рис. 2, *в*).

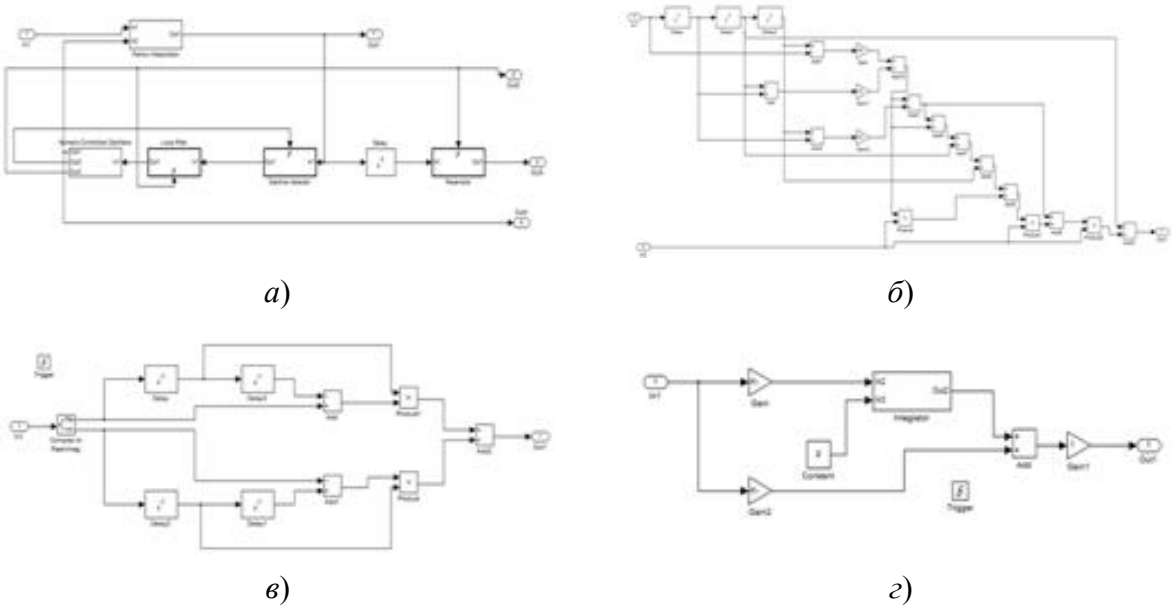
Имитационная модель системы восстановления несущего колебания и составляющие элементы блока синхронизации по несущему колебанию представлены на рисунке 3.

Имитационная модель петли символьной синхронизации и элементы, входящие в блок петли символьной синхронизации, представлены на рисунке 4. Необходимость использования данной схемы рассмотрена в работе [3].



а) *б*) *в*) *г*) *д*)

Рис. 3. Элементы блока синхронизации по несущему колебанию: *а* – петля Костаса; *б* – детектор Костаса; *в* – фильтр петли обратной связи; *г* – интегратор; *д* – генератор комплексного сигнала, управляемый кодом



а) *б*)

в) *г*)

Рис. 4. Элементы блока петли символьной синхронизации: *а* – петля символьной синхронизации; *б* – фильтр-интерполятор (структура Фарроу); *в* – детектор Гарднера; *г* – фильтр петли обратной связи

Фрагмент кода разработанного IP-ядра КАМ-модулятора представлен ниже:

```
always @(posedge clk or posedge reset)
  begin : Delay_process
    if (reset == 1'b1) begin
      Delay_out1 <= 0.0;
    end
    else begin
      if (enb) begin
        Delay_out1 <= In1_double;
      end
    end
  end

  always @* Gain1_out1 = -0.020585308912725867 * Delay_out1;

  always @(posedge clk or posedge reset)
    begin : Delay1_process
      if (reset == 1'b1) begin
        Delay1_out1 <= 0.0;
      end
      else begin
        if (enb) begin
          Delay1_out1 <= Delay_out1;
        end
      end
    end
```

Таким образом, в данной статье представлена имитационная модель устройств генерирования, формирования и приёма, обработки радиосигналов для построения локальных сетей с высокими скоростями обмена данными.

Практическая ценность результатов заключается:

– в возможности проведения моделирования на предмет функционирования системы в условиях повышенной электромагнитной обстановки в различных научно-исследовательских организациях;

– в возможности использования модели для генерация HDL-кода с целью синтеза программного IP-ядра для комплексов высокоскоростного обмена данными, построенных на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС);

– в дооснащении модели перспективными структурно-функциональными элементами, такими как адаптивные фильтры со слепой адаптацией, устройства компенсации фазового дисбаланса квадратурных составляющих и др.

Список литературы

1. Боев Н.М. Системы связи. Подвижные системы связи: учебно-методическое пособие. – Красноярск: Изд-во Сиб. федер. ун-та, 2013. – 59 с.

2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

3. Бабанин И.Г., Хотынюк С.С. Помехоустойчивость приёма многопозиционных сигналов с квадратурной амплитудной манипуляцией в канале с межсимвольной интерференцией // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – №2.

Получено 09.11.15

I.G. Babanin, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (tel.: 89510748485)

S.O. Dremova, Student, Southwest State University (Kursk) (tel.: 89207244174)

N.A. Krapivnaya, Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

SIMULATION MODEL EXPERIMENTAL HIGH RADIO RECEIVERS AND TRANSMITTING SYSTEMS FOR ORGANIZATIONS IN THE LOCAL AREA NETWORK OF SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTES

Shows a simulation model of the transmission system radio receivers built in the environment of dynamic simulation Simulink. This model is optimized for the development of software IP-cores for complexes with the use of programmable logic integrated circuits (FPGAs).

***Key words**: research organizations, high-speed local area networks, quadrature amplitude modulation.*

УДК 621.391.037.372

Р.Р. Иваненко, старший инженер технического отдела войсковой части 53982
(e-mail:matuzalem_salo@mail.ru)

Ю.Р. Иваненко, студентка, Рязанский ГРТУ (тел.: 8-920-980-03-73)

ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫЕ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА OPEN FLOW

Представлена структура активно развивающихся в последнее время программно-конфигурируемых сетей, основанных на базе открытого стандарта OpenFlow. Проведен анализ преимуществ таких сетей в сравнении с традиционными.

***Ключевые слова**: архитектура, маршрутизация, виртуализация сетей, коммутатор, логическая сеть.*

***

Значительный рост количества и разнообразия мобильных устройств, развитие технологий беспроводной связи привели к тому, что сегодня число их пользователей превысило число пользователей сетей с фиксированной связью. Рост мощности мобильных терминалов приводит к увеличению вычислительной емкости приложений, что требует увеличения пропускной способности каналов связи. Объем мобильного трафика стремительно растет, а виды трафика становятся все более разнообразными. По данным ведущих производителей сетевого оборудования, трафик удваивается примерно каждые девять месяцев, что в ближайшие несколько лет приведет к увеличению нагрузки на несколько порядков. Согласно прогнозам компании Cisco в ближайшие 5 лет объем трафика увеличится в 4 раза, при этом мобильный трафик будет удваиваться ежегодно.

Современные компьютерные сети включают в себя множество отдельных элементов сети, выполняющих определенные функции: маршрутизаторы, коммутаторы, балансировщики нагрузки, NAT (Network Address Translation), брандмауэры. Технология SDN предлагает отказаться от подобной тенденции развития компьютерных сетей, осуществив переход от отдельных сетевых элементов к программируемым сущностям.

С использованием приложений можно оптимизировать транспортные потоки, чтобы найти кратчайший путь, как это делают современные распределенные протоколы маршрутизации, и оптимизировать сеть для максимального использования связей, сделать мобильность устройств бесшовной или создавать различные домены для разных пользователей.

Для понимания сложностей реализации протоколов маршрутизации рассмотрим, как работает маршрутизация в современных сетях.

Сети состоят из конечных устройств (ПК и сервер) и промежуточных устройств, соединенных кабельной системой. Пакет поступает на один порт, маршрутизатор рассматривает его и отправляет его через порт, который сделает пакет на один шаг ближе к месту назначения. Каждый маршрутизатор периодически опрашивает своих соседей, к каким сетям он подключен, и каждый сосед хранит эту информацию и использует для построения структуры всей сети. Хотя маршрутизаторы делятся топологической информацией между собой, каждый из них выполняет расчет маршрутов индивидуально. Даже если в топологии сети два близлежащих маршрутизатора рассчитают аналогичные результаты, они не передадут друг другу результаты перекрывающихся расчетов. Так как каждому циклу процессора требуется определенная величина мощности, это дублирование является не энергоэффективным. Реализация сложных алгоритмов маршрутизации требует большой вычислительной мощности устройств.

Маршрутизатор является дорогостоящим устройством, которое выполняет те же вычисления, что и все остальные, только чтобы получить несколько другой результат. Большие сети требуют больших вычислений.

При росте предприятия сеть растет и каждый маршрутизатор должен быть модернизирован для обработки дополнительных вычислений. Типы и количество портов на маршрутизаторе не изменятся, но процессор больше не будет обладать достаточной мощностью для выполнения алгоритмов. Иногда оказывается достаточным увеличение оперативной памяти, но часто необходимо произвести замену процессорного блока на более дорогой.

На сегодня число фактически (активно) используемых протоколов более 600, и эта цифра далеко не конечная.

Можно выделить следующие проблемы современных компьютерных сетей [1]:

• научно-технические – в настоящее время невозможно контролировать и надежно предвидеть поведение таких сложных объектов, как глобальные компьютерные сети;

• экономические – сети дороги, сложны и требуют для своего обслуживания высококвалифицированных специалистов;

• проблемы развития – в архитектуре современных сетей имеются существенные барьеры для экспериментирования и создания новых сервисов.

Решением кризиса компьютерных сетей стало появление принципиально нового подхода к их построению – программно-конфигурируемых сетей (ПКС).

SDN-архитектура

Концепцию новой сетевой архитектуры программно-конфигурируемых сетей предложили в 2007 году сотрудники Стэнфордского университета [2]. С тех пор сети ПКС развивались преимущественно в научной лаборатории Стэнфорда и Беркли и в промышленно значимых масштабах еще не использовались. Появление данной технологии было связано с несколькими моментами:

• сети традиционной архитектуры проприетарны, закрыты для исследований и практически любых изменений извне. Оборудование разных производителей часто между собой плохо совместимо;

• рост трафика в геометрической прогрессии и тезис о том, что сети нынешней архитектуры не смогут с ним справиться на необходимом уровне качества;

• рост количества протоколов и их стеков в сети.

Исследователи из Стэнфорда и Беркли предположили, что в компьютерных сетях возможно разделить функции управления и передачи данных.

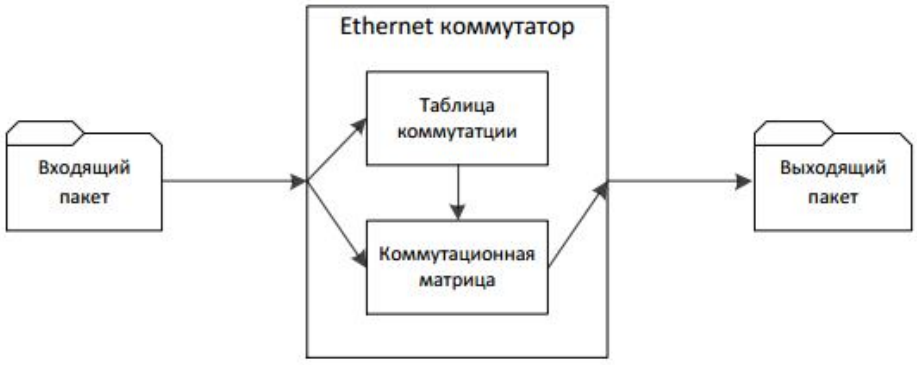


Рис. 1. Обработка и передача данных в коммутаторе Ethernet

При передаче данных коммутатор Ethernet подает запрос к таблице коммутации (рис. 1). Затем на основании полученной информации коммутационная матрица осуществляет дальнейшую обработку и передачу данных на целевой исходный порт.

В коммутаторе Ethernet одновременно реализуются и управление, и передача данных. Уровень управления представлен встроенным контроллером, уровень передачи данных – таблицей коммутации и коммутационной матрицей.

Контроллер обладает некоторыми интеллектуальными функциями, позволяющими ему самому принимать решения о передаче данных на основе информации о структуре сети. Но непосредственно управлять принятием решения невозможно – можно лишь конфигурировать контроллер, задавая определенные наборы правил и приоритетов. Это ограничивает функциональность коммутатора и всей сети. В частности, организацию связей «каждый с каждым» в такой сети нельзя построить без сетевого устройства третьего уровня – маршрутизатора.

Проблему разделения уровня управления и передачи данных исследователи Стэнфорда и Беркли предложили решить в рамках подхода, получившего название SDN (Software Defined Networking).

В архитектуре SDN можно выделить три уровня [2]:

• инфраструктурный уровень, предоставляющий набор сетевых устройств (коммутаторов и каналов передачи данных);

• уровень управления, включающий в себя сетевую операционную систему, которая обеспечивает приложениям сетевые сервисы и программный интерфейс для управления сетевыми устройствами и сетью;

• уровень сетевых приложений для гибкого и эффективного управления сетью.

Стандарт OpenFlow

В основе концепции SDN лежит интенсивно развивающийся открытый стандарт OpenFlow — стандарт, определенный общественной организацией Open Networking Foundation (ONF, открытый фонд сетевых технологий) в 2011 году [3]. Данный фонд образован альянсом компаний Deutsche Telekom, Facebook, Google, Microsoft, Verizon и Yahoo, ориентирован на продвижение и стандартизацию программно-конфигурируемых сетей. О важности нового движения свидетельствует быстрорастущий состав ONF, куда вошли уже больше 40 крупнейших компаний мира, в числе которых Brocade, Cisco, Citrix, Oracle, Dell, Ericsson, HP, IBM, Juniper, Marvell, NEC, Netgear, NTT, Riverbed и ряд других.

Интерфейс OpenFlow обеспечивает доступ и связь между уровнями управления и инфраструктуры архитектуры SDN как физической, так и виртуальной. OpenFlow использует термин контроллер, который, основываясь на общей конфигурации и информации во всей сети, передает по защищенному каналу команды для каждого маршрутизатора (ПКС коммутатора) в отдельности.

Центральный контроллер имеет точную информацию о структуре и топологии сети. Это позволяет оптимизировать продвижение пакетов данных и, в частности, обеспечивать связи «каждый с каждым» на уровне L2, не прибегая к IP-маршрутизации (рис. 2).

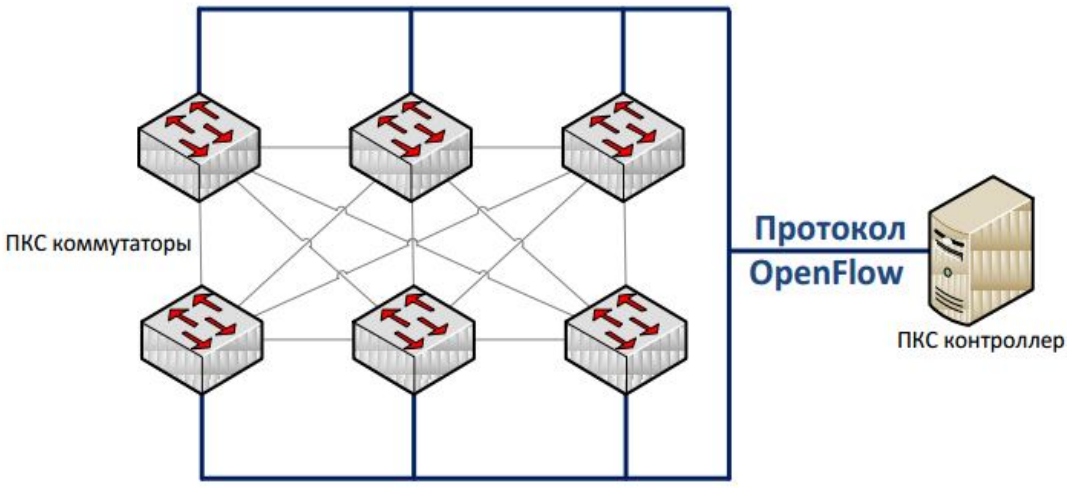


Рис. 2. Топология SDN-сети на основе OpenFlow

В ПКС-коммутаторе с поддержкой OpenFlow реализован только уровень передачи данных. У каждого коммутатора своя уникальная таблица, которую он заполняет только на основании информации, полученной от центрального кон-

троллера. Эта таблица коммутации получила название FlowTable (таблица потоков), так как по ПКС-сети передаются потоки данных, а не единичные пакеты. С помощью подобных таблиц входящие пакеты классифицируются, основываясь на порту, MAC-адресе, IP-адресе и других средствах.

У каждого поступившего пакета «вырезается» заголовок (битовая строка определенной длины). Для этой битовой строки в таблицах потоков, начиная с первой, ищется правило, у которого поле признаков ближе всего соответствует заголовку пакета [4]. При наличии совпадения над пакетом и его заголовком выполняются преобразования, определяемые набором инструкций, указанных в найденном правиле. Запись о потоке может предписывать переслать пакет в определенный порт (обычный физический порт, либо виртуальный, назначенный коммутатором, или зарезервированный виртуальный порт, установленный спецификацией протокола).

Зарезервированные виртуальные порты определяют общие действия пересылки: отправка контроллеру, широковещательная (лавинная) рассылка, пересылка без OpenFlow. Виртуальные порты могут точно определять группы агрегирования каналов, туннели или интерфейсы с обратной связью.

При отсутствии нужного правила в первой таблице пакет инкапсулируется и отправляется контроллеру, который формирует соответствующее правило для пакетов данного типа и устанавливает его на коммутаторе (или на наборе управляемых им коммутаторов), либо пакет может быть изменен или сброшен. Инструкции конвейера обработки позволяют пересылать пакеты в последующие таблицы для дальнейшей обработки и в виде метаданных передавать информацию между таблицами. Инструкции также определяют правила модификации счетчиков, которые могут быть применены для сбора разнообразной статистики (рис. 3).

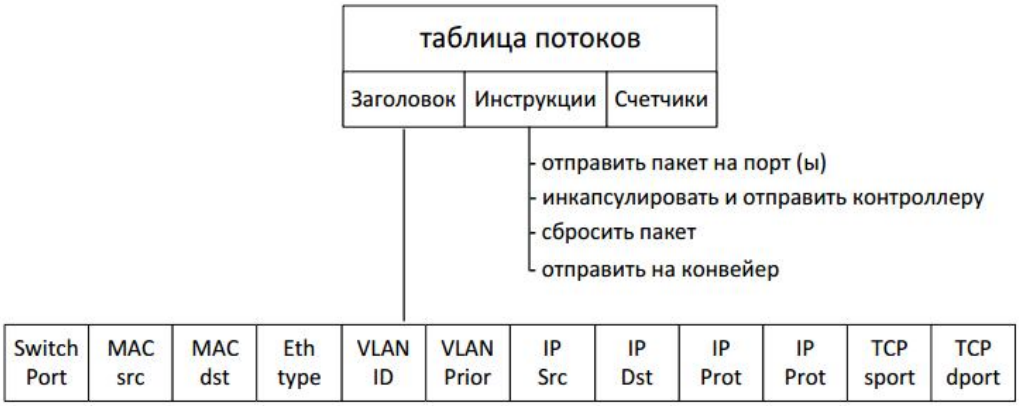


Рис. 3. Таблица потоков в OpenFlow-коммутаторе

Традиционные сети могут выбирать маршруты, основываясь на скорости каналов, но при этом им трудно эффективно справляться с реальной детализацией (даже используя MPLS TE – Multiprotocol Label Switching Traffic Engineering). OpenFlow, напротив, позволяет запрограммировать сеть для всевозможных оптимизаций на основе каждого потока. Это означает, что высокочувствительный к задержкам трафик может использовать самый быстрый путь, в то время как объемные потоки могут идти по самым «дешевым» маршрутам. Вместо того, чтобы основываться на конкретных конечных устройствах, OpenFlow дает возможность использовать для классификации широкие пределы, вплоть до типа трафика, поступающего от каждой конечной точки.

Протокол OpenFlow не ограничивается только управлением трафиком. Поскольку совместимое с OpenFlow устройство способно также переписывать пакеты, оно может действовать как NAT или AFTR (Address Family Transition Router). Так как оно может отбрасывать пакеты, устройство способно действовать как брандмауэр. Оно также может реализовать ECMP (equal-cost multi-path) или другие алгоритмы балансировки нагрузки.

Маршрутизаторы могут иметь разные правила для разных потоков, проходящих через них. Они могут распределять нагрузку для одного потока, использовать брандмауэр для другого и изменять заголовки пакетов для третьего потока. То есть отдельные элементы сети становятся значительно более гибкими в условиях OpenFlow по сравнению с традиционной сетью.

OpenFlow предназначен для использования в пределах одной организации. Все маршрутизаторы в домене OpenFlow работают как единое целое. Контроллер управляет всеми маршрутизаторами, которые он контролирует. Интернет-провайдер может использовать OpenFlow, чтобы контролировать свои маршрутизаторы, но не может контролировать сети клиентов. Предприятие может использовать один OpenFlow-домен для управления сетью внутри большого центра обработки данных, а также другой домен OpenFlow для управления доступа к глобальной компьютерной сети.

В рамках SDN активно развивается виртуализация сетей с целью более эффективного использования сетевых ресурсов. Под виртуализацией сети понимается изоляция сетевого трафика – группирование (мультиплексирование) нескольких потоков данных с различными характеристиками в рамках одной логической сети, которая может разделять единую физическую сеть с другими логическими сетями или сетевыми срезами (network slices). Каждый такой срез может использовать свою адресацию, свои алгоритмы маршрутизации, управления качеством сервисов и т. д.

Виртуализация сети позволяет увеличить:

– эффективность распределения сетевых ресурсов и регулировать нагрузку на них;

– изолировать потоки разных пользователей и приложений в рамках одной физической сети;

– администраторам разных срезов использовать свои политики маршрутизации и правила управления потоками данных;

– проводить эксперименты в сети, используя реальную физическую сетевую инфраструктуру.

Типичный пример виртуализации ресурсов SDN, разделения сети на срезы и управления ими является FlowVisor – программа-посредник (proxy), действующая на уровне между OpenFlow – коммутаторами и различными контроллерами SDN. При использовании FlowVisor можно создавать логические сегменты сети, использующие разные алгоритмы управления потоками данных, обеспечивая изоляцию данных сетей друг от друга. Это означает, что каждый контроллер управляет только своей логической сетью и не может оказывать влияния на функционирование других.

Для контроллера, взаимодействующего с оборудованием OpenFlow через FlowVisor, весь обмен сообщениями выглядит так же, как если бы контроллер взаимодействовал с обычной сетью SDN. Всю необходимую модификацию сообщений, требующуюся для поддержки различных изолированных сегментов сети, выполняет FlowVisor. То есть для контроллера логической сети не требуется модификации – это может быть любой контроллер SDN, например сетевая операционная система NOX с произвольным набором программ.

Заключение

Отметим потенциальные достоинства архитектуры SDN-сетей относительно традиционных современных сетей.

• Глубокая интеграция. Каждый веб-сервис может адресовать требования к пропускной способности к контроллеру, который отвечает за удовлетворение запроса.

• Уменьшение стоимости развертывания сетей. Проектирование и изготовление устройства с фиксированной конфигурацией (не требующих обновлений) дешевле.

• Использование упрощенных алгоритмов. Вместо того чтобы принимать решения на основе вывода и опираться на алгоритмы взаимодействия между устройствами, могут быть использованы более непосредственные алгоритмы.

• Возможность разработки и развития сетевых программных модулей. ПКС-контроллер имеет интерфейсы API, которые могут применяться приложениями.

• Глобальная оптимизация и планирование. Контроллер ссылается на глобальное представление о сети, тем самым использование сетевых ресурсов может стать более рациональным.

• Открытость протокола OpenFlow, позволяющая не зависеть от производителей сетевых устройств.

• Удобство администрирования и отладки.

Список литературы

1. Software-Defined Networking: The New Norm for Networks // ONF White Paper, 04/2012.

2. ONF. Software-Defined Networking (SDN) Definition [Electronic resource]. – URL: https://www.opennetworking.org/sdn-resources/sdn-definition (дата обращения: 07.03.14).

3. IETF Draft Formal Specification: Framework for Software-Defined Networks (SDN). — 02/2013. [Electronic resource]. – URL: https://tools.ietf.org/html/draft-shin-sdn-formalspecification-03 (дата обращения: 07.03.14).

4. Framework of Telecom SDN (Software-Defined Networking): ITU-T Draft Recommendation Y.FNsdn, 02/2013.

5. Смелянский Р. Программно-конфигурируемые сети [Электронный ресурс] // Открытые системы. – 2013. – URL: http://www.osp.ru/os/2012/09/13032491/ (дата обращения: 01.11.2013).

Получено 10.11.15

R.R. Ivanenko, Senior Engineer of the Military Unit 53982
(e-mail:matuzalem_salo@mail.ru)

J.R. Ivanenko, Student, Ryazan State Radiotechnical University
(tel.: 8-920-980-03-73)

SOFTWARE-DEFINED NETWORKS USING OPENFLOW PROTOCOL

The structure is actively developing in recent time, software-defined networks based on the OpenFlow open standard. The analysis of the advantages of such networks in comparison with traditional.

***Key words**: architecture, routing, network virtualization, switch, logical network.*

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 681.518.3

О.А. Тубол, магистрант, Волгоградский государственный технический университет (e-mail: sila9876@mail.ru)

А.В. Земляков, магистрант, Волгоградский государственный технический университет (e-mail: alex.1307@mail.ru)

В.А. Байдаченко, магистрант, Волгоградский государственный технический университет (тел.: (906)1743664)

Ю.П. Муха, д-р техн. наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет (e-mail: muxaup@mail.ru)

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕМЕНТОВ ГОЛЕНОСТОПА В ЛИНЕЙНОМ СЛУЧАЕ

В статье рассматривается начальный этап создания полной математической модели стопы. Было принято упрощение: стопа разделена на пять частей и для каждой из них составлена своя независимая модель при условии, что в комплексе они должны давать полную картину взаимодействия элементов стопы. Эта задача актуальна в настоящее время в робототехнике и протезировании.

***Ключевые слова**: антропоморфность, стопа, кости, голеностопный сустав, нагрузка.*

***

Введение

В современной медицине большое внимание отводится проблеме протезирования конечностей человека. Одним из важнейших механизмов опорно-двигательного аппарата человека является голеностопный сустав. От правильной работы голеностопного сустава зависит динамика движения человека, его устойчивость, плавность хода и т.д. Для протезирования голеностопного сустава необходимо знать физику процесса, происходящего как при движении человека, так и в статическом положении стопы. Таким образом, чтобы решить медицинскую задачу, связанную с протезированием голеностопного сустава, необходимо составить физическую модель голеностопа и найти силы, действующие на каждый элемент голеностопного сустава с учётом связок и межкостных соединений. На основании такого расчёта можно будет делать протезы, максимально приближенные к голеностопному суставу человека.

Голеностоп соединяет между собой кости голени и стопы, благодаря чему человек может совершать движения ступнями ног и осуществлять нормальную ходьбу. Строение сустава достаточно сложное: в нем соединены большое количество костей и связывающая их между собой система хрящей и мышц. Кроме того, вокруг каждого сустава образована сеть кровеносных сосудов и нервных сплетений, обеспечивающих питание тканей и согласованность движений в суставе.

Антропоморфные особенности поведения голеностопного сустава определяются взаимодействием всех структурных компонентов сустава между собой. Характер взаимодействия между структурными элементами определяется системой взаимосвязей, существующих между этими элементами, и мышечной системой движения в целом [3]. В этой работе будем рассматривать только межкостные взаимодействия.

Попытки моделировать движение человека известны достаточно давно, однако и в настоящее время остается еще много нерешенных проблем. Одной из первых простых и удачных попыток была работа [2], где сустав представлен нерастяжимыми идеальными звеньями. Подобно этой модели были впоследствии созданы и другие, но все они не рассматривали конкретно стопу и взаимодей-

ствие внутри неё составных элементов, а только представляли её как целостный механизм. С нашей точки зрения, такое упрощение является чрезмерным, так как стопа оказывает существенное влияние на плавность хода. Поэтому, чтобы сделать модель более совершенной и придать большую антропоморфность движению, была учтена структура стопы.

На рисунке 1 представлен упрощённый вариант структуры стопы.

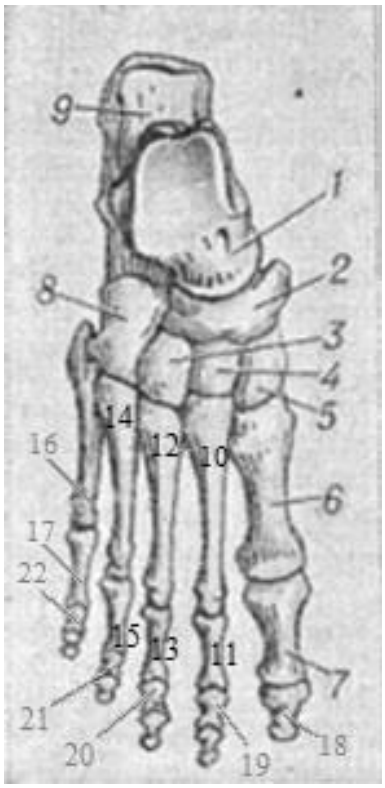


Рис. 1. Кости стопы: 1 – таранная кость; 2 – ладьевидная кость; 3 – латеральная клиновидная; 4 – промежуточная клиновидная; 5 – медиальная клиновидная; 6, 10, 12, 14, 16 – плюсневые кости; 7, 11, 13, 15, 17-22 – фаланги пальцев; 8 – кубовидная кость; 9 – пяточная

Постановка задачи

Цель исследования – создание нагрузочной математической модели, учитывающей все нагрузки на элементы стопы. В данном случае рассматривается упрощённый вариант, который впоследствии можно будет использовать для создания более точной модели, что позволит учитывать её результаты в процессе проектирования протезируемых устройств или создания роботов.

Достижение поставленной цели связано с решением следующих задач:

1. Осуществить математическое моделирование взаимодействия двух костных элементов.

2. Реализовать полученную модель на все возникающие взаимодействия костей.

Математическое моделирование

Для описания движения была выбрана модель стопы в виде системы спиц, каждая из которых соответствует определённой кости. Для простоты и наглядности рассмотрим часть системы, состоящую из двух звеньев, без наложения дополнительных связей, но с учётом того, что она оказывает воздействие на следующее звено в цепи (рис. 2).

Равновесие плоской системы сил описывается с помощью системы уравнений [4]

$$\begin{cases} \sum M_{oi} = 0\,, \\ \sum X_i = 0\,, \\ \sum Y_i = 0\,. \end{cases} \qquad (1)$$

Исходя из структурной модели, представленной на рисунке 2, систему уравнений (1) можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} \dfrac{d_1}{2} N_{1-2y} - N\dfrac{d_1}{2}\cos\alpha_1 - N_1\dfrac{d_1}{2} = 0; \\ N\sin\alpha_1 - N_{1-2y} = 0\,; \\ N_{1-2y} - N\cos\alpha_1 - m_1 g + N_1 = 0\,, \end{cases} \qquad (2)$$

где d_1 – длина 1-й кости;

m_1 –масса 1-й кости;

α_1 – угол приложения нагружающей силы (N);

N_1 – сила реакции 1-й кости при приложении внешней нагрузки N.

Нагрузку $N_{1\text{-}2}$, которая передаётся на 2-ю кость, разложим на две составляющие по осям абсцисс и ординат.

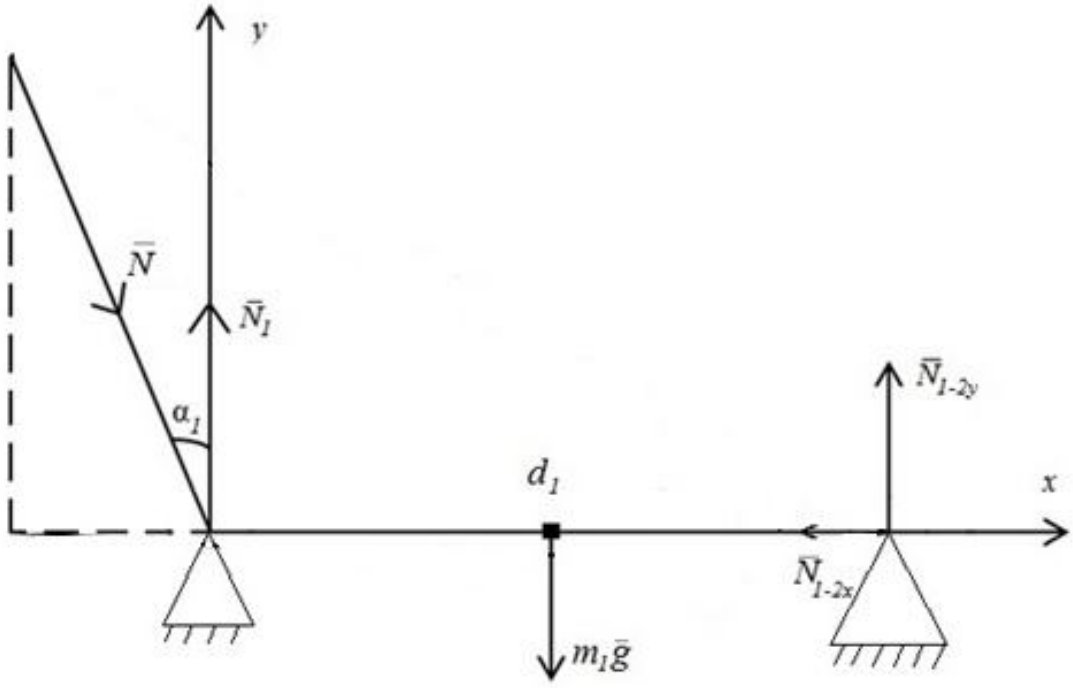


Рис. 2. Структурная модель взаимодействия двух костей

Решая систему (2) и учитывая то, что $N_{1-2} = \sqrt{N_{1-2x}^2 + N_{1-2y}^2}$, можно получить искомую нагрузку:

$$N_{1-2} = \sqrt{\left(N\sin\alpha_1\right)^2 + \left(N\cos\alpha_1 + \frac{m_1 g}{2}\right)^2}. \quad (3)$$

Перейдём от простой модели взаимодействия двух костей к более сложной. Рассмотрим указательный палец стопы 19 (см. рис. 1). Его нагрузка распределяется по шести костям. Структурно процесс распределения представлен на рисунке 3.

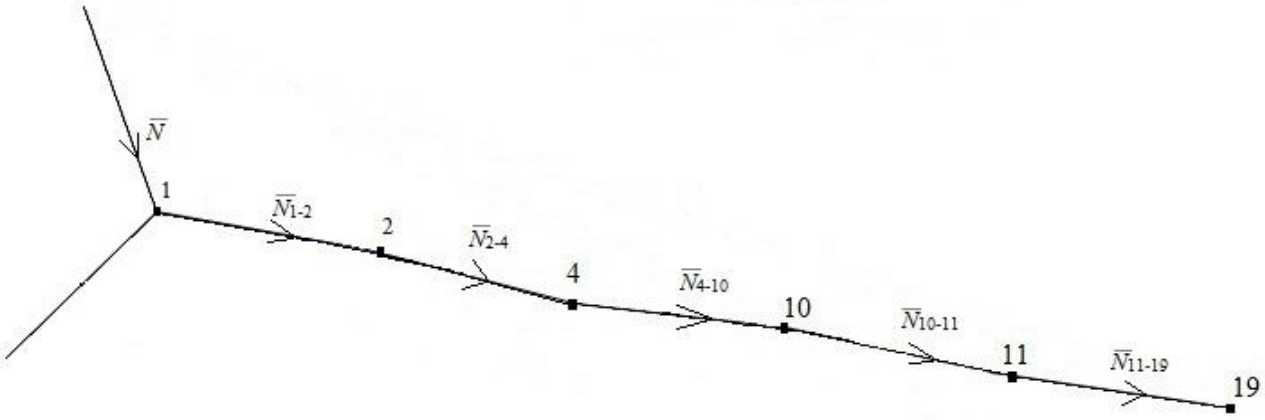


Рис. 3. Схема распределения нагрузки на указательный палец

На рисунке 3 точками 1, 2, 4, 10, 11, 19 обозначены начала костей, которые участвуют в распределении нагрузки по данному пальцу. Эти числа соответствуют нумерации, приведённой на рисунке 1.

Далее будем рассматривать поэлементно взаимодействие костей в стопе. Из рисунка 3 видно, что первый такой случай происходит на стыке таранной (1) и ладьевидной (2) костей. Это взаимодействие соответствует тому, которое было

рассмотрено в начале статьи (см. рис. 2), поэтому, опираясь на приведённые выкладки, можно получить искомую нагрузку:

$$N_{1-2} = \sqrt{\left(N\sin\alpha_1\right)^2 + \left(N\cos\alpha_1 + \frac{m_1 g}{2}\right)^2}. \quad (4)$$

Для следующих пар взаимодействующих костей можно получить нагружающие силы:

$$N_{2-4} = \sqrt{\left(N_{1-2}\sin\alpha_2\right)^2 + \left(N_{1-2}\cos\alpha_2 + \frac{m_2 g}{2}\right)^2}; \quad (5)$$

$$N_{4-10} = \sqrt{\left(N_{2-4}\sin\alpha_4\right)^2 + \left(N_{2-4}\cos\alpha_4 + \frac{m_4 g}{2}\right)^2}; \quad (6)$$

$$N_{10-11} = \sqrt{\left(N_{4-10}\sin\alpha_{10}\right)^2 + \left(N_{4-10}\cos\alpha_{10} + \frac{m_{10} g}{2}\right)^2}; \quad (7)$$

$$N_{11-19} = \sqrt{\left(N_{10-11}\sin\alpha_{11}\right)^2 + \left(N_{10-11}\cos\alpha_{11} + \frac{m_{11} g}{2}\right)^2}. \quad (8)$$

Выполняя аналогичные выкладки для остальных пальцев, можно получить искомые нагружающие силы голеностопа для устойчивого положения всех оставшихся костей.

Заключение

В результате проведённых исследований и допущений была получена первая грубая модель взаимодействий костей указательного пальца стопы в статическом состоянии. На её основе будет создана более точная модель голеностопного сустава человека, которая будет включать в себя такую характеристику, как антропоморфность или, проще говоря, плавность хода. Это будет достигнуто путём введения в математическую модель коэффициентов упругости костных элементов и функций межкостных соединений.

Список литературы

1. Сапин М.Р., Никитюк Д.К. Карманный атлас анатомии человека. – Элиста: АПП «Джангар», 1999. – 680 с.

2. Формальский А.М. Перемещение антропоморфных механизмов. – М.: Наука, 1982. – 368 с.

3. Baydachenko V.A., Zemlyakov A.V., Tubol O.A. Spatial model of ankle // Innovative Information Technologies: Materials of the International scientific-practical conference. – Prague, 2014. – № 2. – С. 167-169

4. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики: в 3 ч. – Ч. 2. Статика. Кинематика. – М.: Высшая школа, 1966. – 440 с.

Получено 09.10.15

O.A. Tubal, Undergraduate, Volgograd State Technical University (e-mail: sila9876@mail.ru)

A.V. Zemlyakov, Undergraduate, Volgograd State Technical University (e-mail: alex.1307@mail.ru)

V.A. Bagachenko, Undergraduate, Volgograd State Technical University (tel.: (906)1743664)

P.J. Mucha, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (e-mail: muxaup@mail.ru)

STRUCTURAL MODEL ELEMENTS OF THE ANKLE IN THE LINEAR CASE

The article discusses the initial phase of a complete mathematical model of the foot. The simplification was made: the foot is divided into five parts and each of them made its own independent model, provided that together they should give a complete picture of the interaction between the elements of the foot. This task is relevant in robotics and prosthetics.

***Key words**: anthropomorphism, foot, foot bone, ankle joint, load.*

УДК 614.54:372+451(086.842):247.44

А.М. Чухраев, д-р мед. наук, профессор, генеральный директор МНТК «Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова (Москва) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

Н.М. Агарков, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

И.В. Чеканов, канд. мед. наук, доцент, территориальный орган Росздравнадзора по Курской области (Курск) (e-mail: kursk@rusprophile.ru)

И.В. Коломиец, канд. мед. наук, ОАО «РОСНО-МС» (Курск) (e-mail: ansuf@mail.com)

Т.Н. Татьяненко, канд. мед. наук, доцент, горбольница №2 (Белгород) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

Т.П. Безлепкина, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: bezlepkina@yandex.ru)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПО ИНФОРМАТИВНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Совершенствование специализированной медицинской помощи предлагается осуществлять по информативным показателям лабораторных и ультразвуковых исследований, проведенных у 186 больных острым эндометритом.

***Ключевые слова**: информативные параметры, специализированная служба, прогнозирование лечения, острый эндометрит.*

***

Для совершенствования специализированной медицинской помощи важное значение приобретает анализ результатов лечения не по всем исследуемым показателям, а по наиболее информативным [1, 2, 3, 5]. Однако на практике редко реализуется такой подход, что повышает объем обрабатываемой информации [4, 6].

В настоящем исследовании выполнен анализ 186 случаев лечения острого эндометрита по информативным показателям лабораторных и ультразвуковых исследований, отобранных адекватными математическими методами для рационализации специализированной акушерско-гинекологической службы.

К моменту завершения консервативного лечения пациенток с острым эндометритом большинство из них не предъявляли жалоб на болезненность в нижних отделах живота, кровянисто-сукровичные и гнойные выделения из вагинально-цервикального канала. В среднем частота таких жалоб незначительна и варьировала от 0,8% для кровянисто-сукровичных выделений до 1,3% для болезненности в нижних отделах живота, что наряду с другими изученными критериями свидетельствует о результативности выполненного лечения.

Среди высокоинформативных клинических объективных симптомов у больных острым эндометритом значительно снизилась частота увеличения размеров матки при бимануальном исследовании, болезненности матки при влагалищном исследовании (табл. 1). У незначительной части пациентов наблюдалась гиперемия слизистой влагалища и шейки матки, болезненность матки при влагалищном исследовании.

Проведенные лабораторные исследования после окончания терапии больных острым эндометритом подтверждают позитивное воздействие назначенных лекарственных препаратов. Информативные показатели общего анализа крови характеризуются положительной динамикой (табл. 2). Так, максимально уменьшился в периферической крови процент палочкоядерных нейтрофилов ($P<0,001$). Достоверные различия после окончания курса консервативной терапии имели и другие рассматриваемые информативные параметры. Однако меньшим регрессом характеризуется снижение СОЭ на фоне проводимого лечения.

Таблица 1

Регресс наиболее информативных объективных клинических симптомов под воздействием проводимой терапии у пациенток с острым эндометритом

Клиническая симптоматика	До начала лечения	После завершения лечения
Гиперемия слизистой влагалища и шейки матки	77,8±3,3*	2,9±1,4*
Увеличение размеров матки	100,0±0,0*	7,6±2,1*
Болезненность матки при влагалищном исследовании	82,3±3,1*	4,3±1,6*
Болезненность при тракциях за шейку матки	97,4±1,6	8,7±2,3*

Примечание. * – достоверная разница.

Таблица 2

Динамика высокоинформативных гематологических параметров при лечении острого эндометрита

Показатель крови, единица измерения	До начала лечения	После завершения лечения
Лейкоциты, $\times 10^9$/л	10,8±0,5*	7,5±0,4*
Палочкоядерные нейтрофилы, %	7,1±0,2*	1,9±0,4*
СОЭ, мм/час	23,5±1,9*	10,3±1,7*

Примечание. * – достоверная разница.

Проведение биохимического исследования крови с определением белков острой фазы воспаления выявило достоверное снижение глобулинов (табл. 3). Произошло улучшение содержания альбулинов, количество которых репрезентативно возросло. На фоне проводимой терапии у больных острым эндометритом снизился повышенный удельный вес при поступлении γ-глобулинов в крови. Следовательно, биохимический анализ крови указывает на существенное снижение воспалительного процесса в эндометрии.

Диагностически значимые параметры системного клеточного иммунитета у больных острым эндометритом после завершённой консервативной терапии значительно улучшились (табл. 4). Важным результатом является почти трёхкратное повышение абсолютного количества Т-хелперов к моменту окончания лечения и натуральных киллеров. Относительное содержание данных кластеров дифференцировки системного звена иммунитета увеличилось в меньшей степени. Однако эти изменения, как и повышение абсолютного числа Т-хелперов и натуральных киллеров, носили статистически существенный характер. В меньшей степени возросло процентное содержание Т-хелперов под влиянием консервативной терапии у пациенток с острым эндометритом.

Достигнуто улучшение системного гуморального иммунитета у больных острым эндометритом на фоне выполненного лечения, выразившееся в положительной динамике наиболее информативных его показателей (табл. 5). Позитивным результатом лечения следует считать, прежде всего, репрезентативное повышение на системном уровне IgA ($P<0,001$). Проведенная терапия привела и к значительному увеличению абсолютного количества В-лимфоцитов в периферической крови больных острым эндометритом ($P<0,001$). Статистически значимо уменьшился и информативный параметр системного гуморального иммунитета – циркулирующие иммунные комплексы.

Таблица 3

Изменение содержания информативных белков острой фазы воспаления в периферической крови после завершения лечения больных острым эндометритом

Биохимический показатель крови, единица измерения	До начала лечения	После завершения лечения
Альбулин, %	47,4±0,8*	58,6±1,2*
Глобулин, %	52,6±1,1*	41,4±1,3*
γ-глобулин, %	22,7±0,8*	15,8±0,9*

Примечание. * – достоверная разница.

Таблица 4

Содержание наиболее информативных кластеров дифференцировки в периферической крови к окончанию лечения острого эндометрита

Показатель клеточного иммунитета крови, единица измерения	Исходные значения	Окончание лечения
Т-хелперы, $\times 10^9$/л	0,3±0,05*	0,8±0,04*
Т-хелперы, %	21,5±1,3*	37,3±1,5*
Натуральные киллеры, $\times 10^9$/л	0,1±0,03*	0,3±0,04*
Натуральные киллеры, %	7,4±0,6*	13,5±1,2*

Примечание. * – существенность различий в динамике.

Таблица 5

Содержание наиболее информативных показателей гуморального иммунитета на системном уровне к окончанию лечения острого эндометрита

Показатель гуморального иммунитета крови, единица измерения	Исходные значения	Окончание лечения
IgA, г/л	0,6±0,08*	1,8±0,07*
Циркулирующие иммунные комплексы, у. е.	79,8±2,1*	66,5±1,4*
СД 20+, $\times 10^9$/л	0,07±0,02*	0,25±0,04*

Примечание. * – существенность различий в динамике.

Оценка эффективности выполненной консервативной терапии острого эндометрита по наиболее информативным показателям гуморального иммунитета на местном уровне показала достоверное позитивное изменение всех рассматриваемых параметров (табл. 6).

Выраженные изменения свойственны содержанию IgM и лизоцима, концентрация которых в вагинально-цервикальной слизи заметно снизилась и увеличилась соответственно, достигнув практически референсных величин. После завершения терапии существенно на локальном уровне у пациенток с острым эндометритом возросло содержание sIg A. Позитивно следует рассматривать достоверное уменьшение одного из информативных параметров местного гуморального иммунитета – компоненты комплемента C_4.

Таблица 6

Высокоинформативные показатели гуморального иммунитета в вагинально-цервикальной слизи после завершения лечения пациенток с острым эндометритом

Параметр локального гуморального иммунитета, единица измерения	Исходные значения	Окончание лечения
IgM, г/л	0,27±0,1*	0,08±0,03*
C_4	74,5±2,3*	46,2±1,9*
Лизоцим, г/л	0,6±0,02*	2,0±0,03*
sIgA, г/л	0,14±0,03*	0,39±0,05*

Примечание. * – репрезентативность различий.

Учитывая, что наибольшей информативностью среди изученных показателей лабораторных исследований обладают параметры гуморального иммунитета в вагинально-цервикальной слизи, разработана математическая модель для прогнозирования исходов лечения:

$$y_1=115,287–21,434x_1–$$
$$–8,157x_2+2,357x_3+7,412x_4,$$

где y_1 – развитие осложнений острого эндометрита;

x_1 – содержание IgM в вагинально-цервикальной слизи;

x_2 – содержание компоненты комплемента C_4 в вагинально-цервикальной слизи;

x_3 – содержание лизоцима на местном уровне;

x_4 – уровень sIgA в вагинально-цервикальной слизи.

Регрессионная модель адекватна по критерию Фишера и обеспечивает прогнозирование развития осложнений у больных острым эндометритом с вероятностью безошибочного уровня $P < 0,05$, так как расчётное значение $F_{расч.} = 72,8$ существенно превышает $F_{табл.}$. Развитие осложнений острого эндометрита прогнозируется при значении $y_1 = –395,826–487,514$, а при $y_1 = –394,826$ и менее вероятность возникновения осложнений низкая.

Рассматривая результативность консервативного лечения острого эндометрита по показателям ультразвукового исследования (табл. 7), во внимание принимались следующие информативные параметры:

– утолщение эндометрия;

– увеличение размеров матки;

– неравномерное расширение полости матки.

Таблица 7

Изменение частоты ультразвуковых изменений матки у пациенток с острым эндометритом после окончания терапии

Показатель ультразвукового изменения матки	При поступлении	После завершения терапии
Утолщение эндометрия	98,4±1,0*	5,7±1,9*
Увеличение размеров матки	96,7±1,4*	11,4±2,6*
Неравномерное расширение полости матки	93,5±2,0*	9,3±2,3*

Примечание. * – репрезентативность различий.

В процессе выполненной терапии у больных острым эндометритом значительно уменьшилась распространённость ультразвуковых изменений матки. Сказанное, в первую очередь, относится к уменьшению толщины эндометрия, частота данного симптома достоверно снизилась к моменту завершения лечения. Вместе с тем, несмотря на проведенную терапию, у значительной части пациенток с острым эндометритом оставались увеличенные размеры матки и неравномерное расширение полости матки при ультразвуковом исследовании. Частота данных ультразвуковых признаков к моменту окончания терапии в сравнении с некоторыми величинами при поступлении репрезентативно снизилась.

По данным ультразвуковым признакам, отличающимся высокой информативностью, с помощью регрессионного анализа построена математическая модель:

$$y_2=32,427+12,508x_5–3,647x_6+15,350x_7,$$

где y_2 – развитие осложнений острого эндометрита;

x_5 – утолщение эндометрия;

x_6 – увеличение размеров матки при ультразвуковом исследовании;

x_7 – неравномерное расширение полости матки при ультразвуковом исследовании.

Разработанная математическая модель адекватна по критерию Фишера ($F_{расч.}=85,7$, $P<0,001$) и может применяться для прогнозирования осложнений в результате некачественного лечения острого эндометрита. Проверка работоспособности модели показывает, что вероятность развития осложнений прогнозируется при $y_2=1857,642–2345,758$. Однако при y_2 менее 1856,642 развитие осложнений у пациенток с острым эндометритом маловероятно.

Используя другие высокоинформативные показатели ультразвукового исследования и, в частности, такие как:

– время быстрого кровенаполнения,

– время медленного кровенаполнения,

– индекс венозного оттока,

удалось установить, что они приблизились к границам нормы к моменту окончания консервативной терапии больных острым эндометритом (табл. 8).

Таблица 8

Среднеарифметические величины локальной гемодинамики в тазовых сосудах у больных острым эндометритом на фоне консервативной терапии по данным ультразвуковых исследований

Параметр сосудистого кровотока на локальном уровне	При поступлении	После завершения терапии
Время быстрого кровенаполнения, сек	0,18±0,002*	0,05±0,003*
Время медленного кровенаполнения, сек	0,21±0,003*	0,08±0,004*
Индекс венозного оттока, %	85,6±2,8*	26,5±2,4*

Примечание. * – статистически достоверная разница.

По сравнению с исходными величинами сосудистого кровотока у больных острым эндометритом под влиянием проведенной терапии более существенно среди рассматриваемых высокоинформативных симптомов изменилось время быстрого кровенаполнения. Различие между сравниваемыми показателями в динамике репрезентативно. Кроме того, произошло значительное уменьшение индекса венозного оттока со статистически значимым различием по отношению к исходному параметру. Время медленного кровенаполнения у пациенток с острым эндометритом на момент выписки

оставалось высоким, хотя и достоверно снизилось.

В результате проведенной терапии больных острым эндометритом достигнуто снижение средней продолжительности пребывания в специализированном отделении с 13,2±0,4 до 11,5±0,8 дней ($P<0,05$), что имеет практическое значение.

На основании полученных результатов предлагается модель анализа эффективности лечения и прогнозирования исходов острого эндометрита по информативным признакам (рис.).

Рис. Модель анализа эффективности лечения и прогнозирования исходов острого эндометрита по наиболее информативным симптомам

Данная модель ориентирована на анализ максимально информативных симптомов острого эндометрита клинического и биохимического анализа периферической крови, клеточного и гуморального иммунитета на локальном и системном уровнях, ультразвукового исследования.

Список литературы

1. Агарков Н.М., Артенян Н.В., Яковлев А.П. Диагностика нейродермита с учётом информативности показателей разного биологического качества у подростков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах . – 2011. – Т. 10, № 3. – С. 497-501.

2. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клинико-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 46-49.

3. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность клинических симптомов, иммунологических, гематологических показателей и проявлений эндогенной интоксикации при остром неспецифическом сальпингоофорите // Журнал акушерства и женских болезней. – 2012. – Т. LXI, вып. 4. – С. 11-15.

4. Автоматизированная система поддержки решений врача-дерматолога / Н.М. Агарков, А.В. Иванов, В.А. Иванов, А.П. Яковлев // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 71-74.

5. Моделирование и информативность проявлений синдрома эндогенной интоксикации при тонзиллите у детей / Е.А. Гнездилова, С.Н. Гонтарев, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154), вып. 22/1. – С. 73-77.

6. Иванов А.В., Артенян Н.В., Гонтарев С.Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики атопического нейродермита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. –Ч. 1. – С. 48-52.

Получено 16.10.15

A.M. Chuhraev, Doctor of Medical Sciences, Professor, General Director MNTK «Eye microsurgery» them. S.N. Fedorov (Moscow) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

N.M. Agarkov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

I.V. Chekanov, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, of Territorial body of the Russian stavnezer in the Kursk region (Kursk) (e-mail: kursk@rusprophile.ru)

I.V. Kolomiec, Candidate of Medical Sciences, «ROSNO-MS» (Kursk) (e-mail: an-suf@mail.com)

T.N. Tatyanenko, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, The city hospital №2 (Belgorod) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

T.P. Bezlepkina, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: bezlepkina@yandex.ru)

IMPROVING SPECIALIZED MEDICAL CARE ON INFORMATIVE INDICATORS BASED ON THE PREDICTION

Improving specialized medical care is proposed in informative laboratory and ultrasound examinations, was performed in 186 patients with acute endometritis.

***Key words**: informative options, specialized service, forecasting treatment, of acute endometritis.*

УДК 616-02

В.А. Иванов, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:va_ivanov@mail.ru)

Т.Н. Выдрина, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:tatiana.vydrina@mail.ru)

АУРИКУЛЯРНАЯ АКУПУНКТУРНАЯ ДИАГНОСТИКА ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНИ ВО ВРАЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ

В статье рассмотрен метод ранней аурикулярной диагностики язвенной болезни по морфологическим изменениям в аурикулярных акупунктурных точках проекции желудочно-кишечного тракта. Исследование проведено на 76 добровольцах разных возрастных групп. Аурикулярная диагностика подтверждает диагноз язвенной болезни у пациентов с установленной инструментально и анамнестически данной патологией.

***Ключевые слова**: аурикулярная диагностика, желудочно-кишечный тракт, язвенная болезнь, акупунктурные точки, ушная раковина, камедоны.*

***

Язвенная болезнь является одной из самой встречаемой нозологий в практике врача гастроэнтеролога. Еще в XIX веке крупнейшие русские ученые, такие как С.П. Боткин, Г.А. Захарьин, А.А. Остроумов, И.М. Сеченов, И.П. Павлов, утвер-

ждали, что организм представляет собой единое целое, все органы в нем взаимосвязаны, а высший центр нервной системы – кора головного мозга – регулирует все виды деятельности органов и взаимосвязь между ними. Таким образом, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки связана с заболеванием всего организма, а язва – это лишь местное проявление общего заболевания [2]. На сегодняшний день существует много теорий ульцерогенных воздействий и причин язвообразования, но, несмотря на это, не отмечается выраженного снижения данной патологии. Визуальная аурикулярная диагностика (auricula – ушная раковина) – метод, основанный на анализе кожных изменений в зонах проекции больных органов в соответствующих им акупунктурных точках ушной раковины, позволяет проводить экспресс-диагностику мультифакториальной патологии на более ранних ее этапах [3].

В связи с этим мы обследовали студентов и учителей, разделив их на соответствующие 2 группы. В одну группу вошли студенты (46 человек) в возрасте от 18 до 19 лет, в другую – учителя (30 человек), возраст которых составлял от 26 до 63 лет. Нами было выявлено, что при язвенной болезни в зоне проекции желудка и двенадцатиперстной кишки на ушной раковине (участок, прилежащий к ножке завитка – АТ 86, 87, 88) (рис. 1) отмечается ишемия или ярко выраженная гиперемия, наличие извитых и полнокровных сосудов. Как правило, на поверхности кожи в начальной стадии язвенной болезни образуется выраженный одиночный кровеносный сосуд или полнокровная сосудистая арборизация.

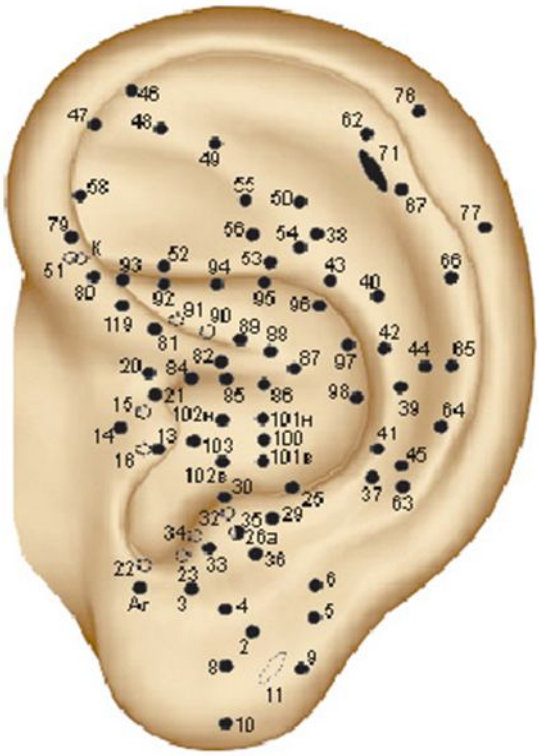


Рис 1. Топография акупунктурных точек
на наружной поверхности ушной раковины человека

При длительном течении заболевания в исследуемых зонах проекции органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) появляются более грубые морфологические изменения в виде рыхлой бугристой ткани и образуются черные камедоны (рис. 2). Как показывает наш опыт работы, наиболее достоверным признаком яз-

венной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки является наличие именно черных камедонов, причем часто их количество совпадает с количеством язв, выявленных при фиброгастродуоденоскопии (ФГДС) [1].

Множественные язвы в желудке

Язвенная болезнь с локализацией язвы в луковице двенадцатиперстной кишки

Рис. 2. Наличие черных камедонов в аурикулярных акупунктурных точках проекции желудка и двенадцатиперстной кишки

Полученные результаты были проанализированы и представлены в виде таблицы (рис. 3).

Как ни странно, инструментально подтвержденных заболеваний желудочно-кишечной системы, таких как гастрит, гастродуоденит, язвенная болезнь, практически одинаково в двух исследуемых группах с незначительным расхождением в 0,6%, которое не значительно статистически. В свое время жалобы, которые предъявляли студенты на ЖКТ, были более выраженными и составили на 28,5% больше, чем у учителей (65,2% и 36,7% соответственно).

Можно сделать вывод, что жалобы, такие как ноющие, «голодные» боли, дискомфорт в животе и другие, которые являются первыми «звоночками» в проявлении нарушений со стороны органов ЖКТ, особенно в молодом возрасте (18 – 19 лет), требуют соответствующего контроля в выявлении причины и конкретного органа, затрагивающего изменения. Использование аурикулярной диагностики по морфологическим структурам в акупунктурных точках проекции ЖКТ позволяют врачу заблаговременно заподозрить начало заболевания и своевременно провести лечебно-профилактические мероприятия.

Из приведенного рисунка 4 видно, что зоны гиперемии выражены больше у студентов, чем у учителей, так же как и вмятин, в то время как зон ишемий во второй группе вообще нет (0%). Это показывает, что морфологические изменения свидетельствуют о более раннем и обратимом процессе в желудке. В то же время такие изменения, как выраженная сосудистая сеть, пигментация, которые не наблюдаются у студентов (0%), впячи-

вание (4,4%), дают возможность говорить о хроническом, рецидивирующем процессе в слизистой желудка.

В 87% случаев перечисленные изменения наблюдаются у больных на правой ушной раковине [3].

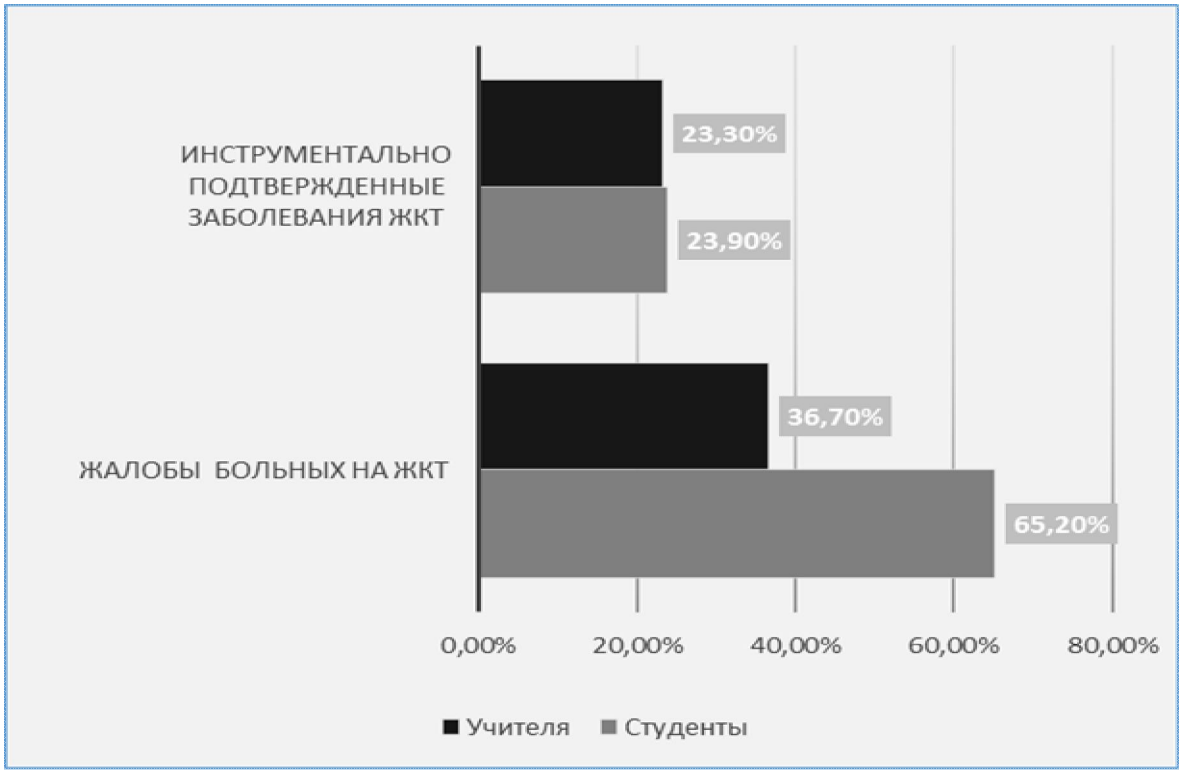


Рис. 3. Соответствие жалоб больных на ЖКТ с инструментально подтвержденными заболеваниями этой системы

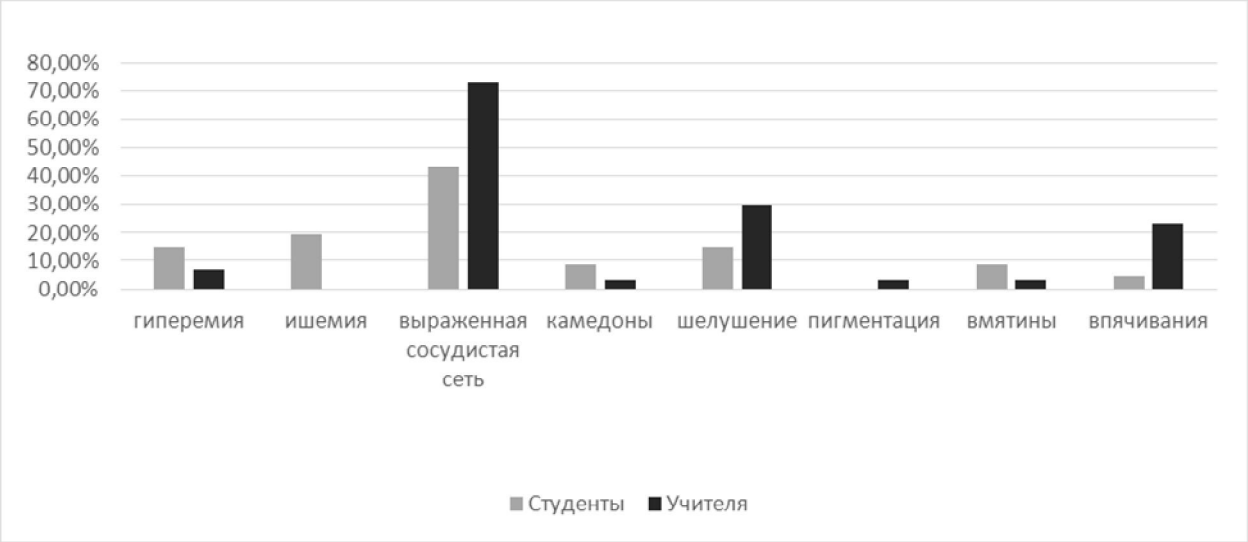


Рис. 4. Морфологические визуальные изменения на ушной раковине

Язвенная болезнь – наиболее встречаемая нозология во врачебной практике, которую порой трудно отдифференцировать на первом этапе обращения пациента к врачу. Из анализа проведенного исследования следует, что предъявляемые жалобы на ноющие, «голодные» боли, дискомфорт в животе, особенно у молодых пациентов (18 – 19 лет), требуют как можно более раннего выявления и поста-

новки диагноза. Именно поэтому метод аурикулярной диагностики зарекомендовал себя как простой, эффективный экспресс-метод, который существенно позволяет расширить и дополнить арсенал диагностических исследований в практике врача.

Список литературы

1. Выдрина Т.Н. Сравнительный анализ данных визуальной диагностики и результатов ФГДС у больных с язвенной болезнью. // Интегративные процессы в образовании и медицине – 2014: материалы Международной научно-практической конференции (25-26 февраля 2014 г.). – Курск, 2014. – Ч. 1. – С. 22-26.

2. Гукасян А.Г. Язвенная болезнь. – М.: Медицина, 1964. – 76 с.

3. Иванов В.А., Выдрина Т.Н. Сравнительный анализ биоинформационных характеристик аурикулярных акупунктурных точек в диагностике мультифакториальной патологии у студентов вузов // Системный анализ и управления в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13, № 1. – С. 254-257.

4. Иванов В.А., Яковлева Е.А. Анатомо-физиологические основы аурикулотерапии / Курск. гос. ун-т. – Курск, 2006. – 108 с.

Получено 20.10.15

V.A. Ivanov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail:va_ivanov@mail.ru)

T.N. Vydrina, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail:tatiana.vydrina@mail.ru)

AURICULAR VISUAL EXPRESS DIAGNOSTICS OF GASTRIC ULCER IN MEDICAL PRACTICE

The article describes the method of early auricular visual express diagnostics of gastric ulcer with the help of morphological changes in auricular acupuncture points of gastrointestinal system's projection. 76 patients of different age groups were examined. Auricular visual express diagnostics proves the diagnosis of gastric ulcer which is defined instrumentally and anamnestically.

***Key words**: auricular visual express diagnostics, gastrointestinal system, gastric ulcer, auricular acupuncture points, auricle, kamedons.*

УДК 614.8:457.87(082.251)+243.459

Т.П. Безлепкина, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: bezlepkina.tatiana@gmail.com)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАССЕЯННОГО СКЛЕРОЗА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ВАЛЬДА

Представлены результаты прогнозирования вероятности развития рассеянного склероза с помощью метода Вальда по совокупности различных медико-социальных факторов риска.

***Ключевые слова**: математическое прогнозирование, рассеянный склероз.*

***

Рассеянный склероз представляет важную медико-социальную проблему в современной неврологии. В связи с увеличением распространенности данной патологии, в том числе у детей, актуальность изучения заболеваемости рассеянным склерозом возрастает [1, 2, 3].

Целью настоящей работы является осуществление прогнозирования рассеянного склероза с помощью метода Вальда по различным медико-социальным факторам риска.

Среди экстрагенитальных заболеваний у больных рассеянным склерозом наибольшей частотой отличается хронический пиелонефрит и хронический тонзиллит (табл. 1).

Таблица 1

Частота экстрагенитальной патологии в основной и контрольной группах на 100 обследованных

Название экстрагенитального заболевания	Основная группа	Контроль
Ожирение	14,8±2,6	12,5±2,7
Гипертоническая болезнь	28,4±3,3	32,9±3,8
Нейроциркуляторная дистония	8,3±2,0	6,2±2,0
Хронический пиелонефрит	33,7±3,5*	18,1±3,1*
Хронический тонзиллит	24,5±3,2*	11,3±2,6
Варикозное расширение вен нижних конечностей	6,2±1,8	9,4±2,4
Мочекаменная болезнь	13,5±2,5	16,8±3,0
Хронический бронхит	9,7±2,2	13,2±2,7
Гипотиреоз	8,5±2,0	7,3±2,1
Тиреотоксикоз	7,4±1,9	8,9±2,3

Примечание. *– статистически значимое различие.

Распространённость названной соматической патологии практически в 2 раза превышает идентичный показатель в контрольной группе, а достоверность различий является существенной.

Обращает внимание также высокий уровень гипертонической болезни с некоторым превышением в контроле ($P>0,05$).

Мочекаменная болезнь, несмотря на достаточно значительную частоту у больных рассеянным склерозом и в контрольной группе, не имеет существенных различий.

Распространённость другой экстрагенитальной патологии невысокая и варьирует от 6,2 случая варикозного расширения вен нижних конечностей до 9,7 случая для хронического бронхита на 100 обследованных.

Низкой является частота нейроциркуляторной дистонии среди пациенток с рассеянным склерозом и без существенной разницы в сравнении с контрольной группой.

Незначительной оказалась и частота патологии щитовидной железы. Это относится к распространённости как тиреотоксикоза, так и гипотиреоза.

Расчёт параметров информативности Кульбака для больных рассеянным склерозом показал, что в целом в данной группе факторов риска она является значительной (табл. 2).

При этом большая часть итоговой величины информативности определяется показателями информативности хронического тонзиллита. Мера информативности для перечисленных двух соматических заболеваний практически одинакова и является наиболее высокой. Это указывает на необходимость учёта названной экстрагенитальной патологии при осуществлении индивидуального прогнозирования рассеянного склероза и на существенность данных факторов риска в его развитии.

Информативность другой рассматриваемой соматической патологии в качестве потенциальных факторов риска свидетельствует о низкой мере информативности и, следовательно, низкой значимости в прогнозировании рассеянного склероза.

Несмотря на то, что варикозное расширение вен нижних конечностей по параметру информативности занимает третье ранговое место, его величина не превышает трёх единиц. На четвёртой позиции находится заболеваемость хроническим бронхитом. Мера информативности остальных изученных соматических заболеваний у больных рассеянным склерозом очень низкая и составляет 0,4 для гипотиреоза и 0,6 для тиреотоксикоза.

Таблица 2

Мера информативности Кульбака экстрагенитальной патологии в основной и контрольной группах на 100 обследованных

Название экстрагенитального заболевания	Информативность	Место при ранжировании
Ожирение	0,8	8
Гипертоническая болезнь	1,4	6
Нейроциркуляторная дистония	1,3	7
Хронический пиелонефрит	21,1	2
Хронический тонзиллит	22,2	1
Варикозное расширение вен нижних конечностей	2,9	3
Мочекаменная болезнь	1,6	5
Хронический бронхит	2,3	4
Гипотиреоз	0,4	10
Тиреотоксикоз	0,6	9
Всего	54,6	-

Прогностическая значимость данных факторов риска развития рассеянного склероза в совокупности невысока (табл. 3).

На первой позиции с отрицательной величиной в случае наличия признака находится заболеваемость хроническим тонзиллитом, который имеет максимальную прогностичность.

Второе место у больных рассеянным склерозом принадлежит хроническому пиелонефриту. Последний так же, как хронический тонзиллит, имеет отрицательную величину прогностического коэффициента.

На третьем месте находится заболеваемость варикозным расширением вен нижних конечностей, но прогностический показатель имеет положительный знак.

Четвёртая позиция характерна для хронического бронхита и нейроциркуляторной дистонии с положительным и отрицательным знаком соответственно.

Прогностические коэффициенты других соматических заболеваний практически идентичны по величине и различаются по знаку. Так, гипотериоз имеет отрицательный знак, а тиреотоксикоз практически при равном значении – положительный знак.

Какой-либо закономерности в изменении прогностических коэффициентов экстрагенитальных заболеваний в случае их отсутствия у пациенток с рассеянным склерозом не установлено (табл. 4).

Таблица 3

Коэффициенты прогностичности экстрагенитальной патологии у пациенток с рассеянным склерозом при наличии изучаемого признака

Название экстрагенитального заболевания	Прогностический коэффициент при наличии изучаемого признака	Место при ранжировании
Ожирение	-0,07	9
Гипертоническая болезнь	+0,6	8
Нейроциркуляторная дистония	-1,3	4

Окончание табл. 3

Название экстрагенитального заболевания	Прогностический коэффициент при наличии изучаемого признака	Место при ранжировании
Хронический пиелонефрит	-2,7	2
Хронический тонзиллит	-3,4	1
Варикозное расширение вен нижних конечностей	+1,8	3
Мочекаменная болезнь	+0,9	5
Хронический бронхит	+1,3	4
Гипотиреоз	-0,7	7
Тиреотоксикоз	+0,8	6
Итоговая величина ПК	-2,8	-

Таблица 4

Коэффициенты прогностичности экстрагенитальной патологии у пациенток с рассеянным склерозом при отсутствии изучаемого признака

Название экстрагенитального заболевания	Прогностический коэффициент при наличии изучаемого признака	Место при ранжировании
Ожирение	+0,1	5
Гипертоническая болезнь	-0,3	3
Нейроциркуляторная дистония	+0,1	5
Хронический пиелонефрит	+0,9	1
Хронический тонзиллит	+0,7	2
Варикозное расширение вен нижних конечностей	-0,2	4
Мочекаменная болезнь	-0,2	4
Хронический бронхит	-0,02	8
Гипотиреоз	+0,06	7
Тиреотоксикоз	-0,07	6
Итоговая величина ПК	+1,1	-

Ключевые позиции хронического тонзиллита и хронического пиелонефрита изменились. Кроме того, произошло изменение отрицательных величин при наличии признаков у больных рассеянным тонзиллитом на положительные при их отсутствии.

Отрицательные величины прогностических коэффициентов свойственны гипертонической болезни, варикозному расширению вен нижних конечностей, мочекаменной болезни. При этом для двух последних заболеваний они оказались равными и заняли четвёртое ранговое место.

Низкой прогностической значимостью в отношении риска развития рассеянного склероза характеризуется отсутствие в основной группе хронического бронхита, тиреотоксикоза и гипотиреоза. В целом прогностическая значимость данных факторов риска при условии их отсутствия у больных рассеянным скле-

розом невысокая и с положительной направленностью.

Список литературы

1. Гусев Е.И., Демина Т.Л., Бойко А.Н. Рассеянный склероз. – М.,1997. – 463 с.

2. Рассеянный склероз / под ред. И.А. Завалишина, В.И. Головкина. – М., 2000. – 639 с.

3. Рассеянный склероз. Диагностика, лечение / под ред. А.И. Столярова, А.Н. Бойко. – СПб., 2008. – 318 с.

4. Яковлев А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. –2012. – № 2. – Ч. 2. – С. 209-215.

Получено 20.10.15

T. P. Bezlepkina, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: bezlepkina.tatiana@gmail.com)

PROGNOSIS OF MULTIPLE SCLEROSIS USING THE METHOD OF WALD

Presents the results of predicting the probability of development of multiple sclerosis using the method of Wald on the basis of the various medical and social risk factors.

***Key words**: mathematical forecasting, multiple sclerosis.*

УДК 615

А.В. Быков, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург, Консультативная поликлиника БМУ КОКБ (Курск) (e-mail: bikov-av@yandex.ru)

А.Г. Устинов, профессор, ГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский университет имени Н.И. Пирогова» Минздравсоцразвития России (Москва)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

И.И. Хрипина, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ ИШЕМИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПУТЕМ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВА ОРГАНИЗМА

В статье рассматривается метод построения модели оценки динамики протекания ишемии нижних конечностей путем оценки состояния гемостаза на основе нечеткой логики Е. Шортлифа.

***Ключевые слова**: ишемия нижних конечностей, сердечно-сосудистая система, гангрена, функциональный резерв организма, нечеткая логика.*

***

Не вовремя диагностированный или недостаточно полноценно корригируемый атеросклероз нижних конечностей (АНК) манифестирует в критическую ишемию нижних конечностей (далее – КИНК). По данным Balmer [11], 250 тысяч ампутаций нижних конечностей в год выполняется при КИНК в США. В своей работе Р.Л. Манвелян [8], исходя из документов TASC [18], сравнивает прогноз течения КИНК с тяжелыми злокачественными новообразованиями. При этом он отмечает, что 25 % больных с КИНК подвергаются ампутации конечностей.

Эти данные актуализируют проблему КИНК. Особенно важно, своевременно прогнозировать и методически компенсировать углубление гипоксии тканей при КИНК. Существует много прогностических систем при КИНК. Однако большинство из них (80%) оценивают прогноз после хирургических вмешательств. Сигаев А.А. [10] предлагает метод прогнозирования послеоперационных осложнений на основе уравнения

Т. Байеса. Возможность эффективного хирургического лечения КИНК (реконструктивного, эндоваскулярного) предлагают определять до операции Ю.М. Гаин с соавторами [1] на основании Тс р О2. Д.С. Саидова [9] предлагает комплексную оценку прогноза осложнений после лечения, включающую в себя как инструментальные показатели, так и критерии качества жизни (далее – КЖ). Критерии КЖ автор разделяет на физиологические, эмоциональные и социальные, что позволяет восстановить корреляцию между общеклиническими и инструментальными показателями.

Анализ перечисленных и других методов прогнозирования осложнений ишемии нижних конечностей показывает, что все они не учитывают такой важный показатель, как функциональный резерв организма, затрудняя выбор рациональных схем проведения органосохраняющего лечения.

С целью поиска рационального состава информативных признаков, улучшающих качество искомого прогноза, в течение пяти лет было организовано наблюдение за 300 больными атеросклерозом, тромбангиитом, болезнью Рейно и диабетической ангиопатией нижних конечностей, осложненных КИНК.

Больные были подразделены по возрасту, полу, нозологическому фактору, степени выраженности КИНК (рис. 1, 2 и 3).

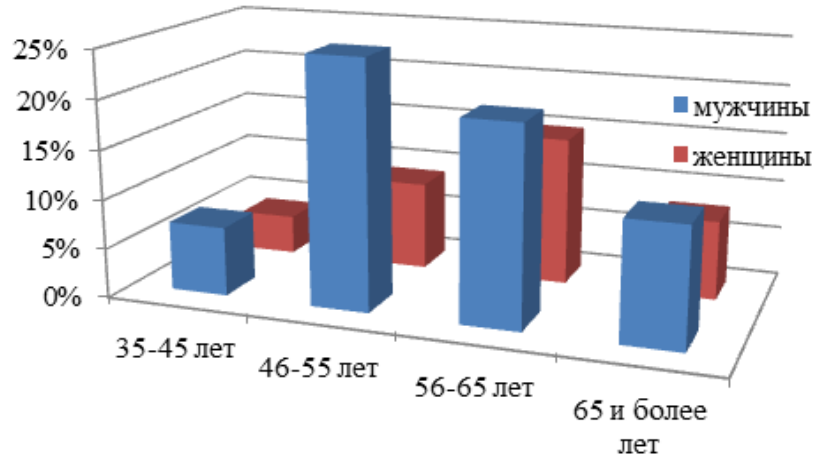


Рис.1. Распределение больных по возрасту и полу

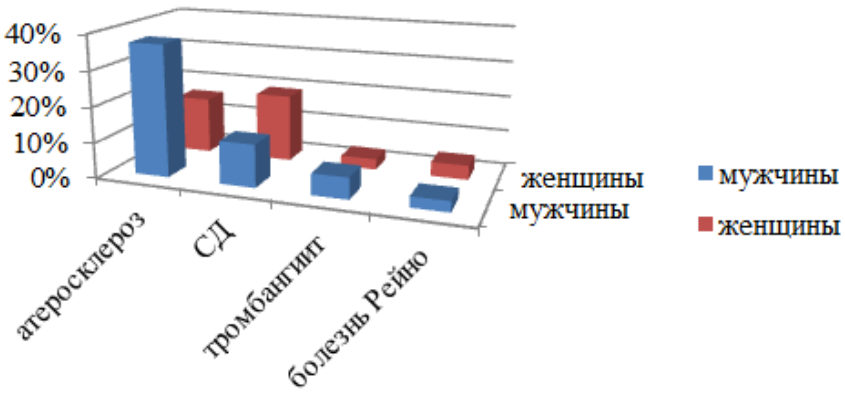


Рис. 2. Распределение больных по нозологическому фактору

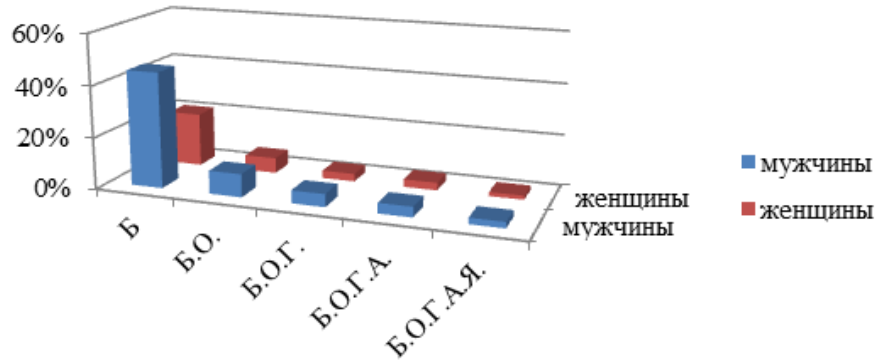


Рис. 3. Распределение больных по степени выраженности КИНК: Б – боль в покое; Б.О. – боль с отеком стопы; Б.О.Г. – боль, отек, гиперемия стопы; Б.О.Г.А. – боль, отек, гиперемия, акроцианоз стопы; Б.О.Г.А.Я. – боль, отек, гиперемия, акроцианоз с трофической язвой стопы

В ходе наблюдения за больными высококвалифицированной группе экспертов предлагалось оценить прогностическую информативность перечисленных выше показателей и предложенной нами группы признаков в составе:

X_1 – критерии КЖ;

X_2 – инструментальные методы исследования;

X_3 – лабораторные показатели;

X_4 – данные температуры тела;

X_5 – характеристика сердечно-сосудистой системы;

X_6 – характеристика дыхательной системы.

В результате проведенной по методу Делфи экспертизы предложенный перечень был признан наиболее полным и по каждому из них эксперты по шкале с диапазоном [0,1] дали свои заключения по информативности. Средние величины значений экспертной информативности приведены в таблице.

Средние значения экспертной информативности прогностических признаков

X_i	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Экспертная уверенность	0,27	0,33	0,25	0,4	0,8	0,54

С математической точки зрения выбранные системы признаков характеризуются четкими шкалами, в то время как результат прогнозирования носит нечеткий характер, во многом зависящий от мнения экспертов. С учетом сказанного и в соответствии с рекомендациями [2, 3, 4, 5] в качестве математического аппарата была выбрана нечеткая логика принятия решений с агрегирующей функцией, являющейся модификацией итерационной формулы Е. Шортлифа [6, 7, 12, 13, 14].

Базовым понятием в модифицированной модели Е. Шортлифа является функция принадлежности к классу ω_ℓ с базовой переменной, определяемой по шкале $X_i - \mu_{\omega_\ell}(x_i)$.

В задачах прогнозирования согласно рекомендациям [2, 15, 16, 17] в качестве классов ω_ℓ выбираются класс ω_0 – осложнений не ожидается и класс ω_1 – уверенность в осложнении высокая.

Базовая прогностическая модель имеет следующий вид:

$$UO(q+1) = UO(\mathrm{q}) + \mu_{\omega_1}(\mathrm{x}_{i+1})[1 - UO(q)], \quad (1)$$

где q – номер итерации;

$$UO(1) = \mu_{\omega_1}(x_1).$$

Форма и параметры функций принадлежности определялись экспертами по методу Делфи.

Для первого признака базовая переменная определяется следующей шкалой.

X1 – КЖ:

а) ограничение дистанции безболевой ходьбы (меньше 20 метров) – 1 балл;

б) боль при любой физической нагрузке, но без болей в покое – 3 балла;

в) боль в покое через 5 часов сна – 4 балла;

г) боль в покое через 2 часа сна – 5 баллов;

д) постоянная боль без отека стопы – 6 баллов;

е) постоянная боль, отек стопы с гиперемией кожных покровов – 7 баллов;

ж) постоянная боль, отек стопы с гиперемией кожных покровов, акроцианоз стопы – 8 баллов;

з) постоянная боль, отек стопы с гиперемией кожных покровов, акроцианоз, трофическая язва стопы – 10 баллов.

Усредненный график $\mu_{\omega_1}(X_1)$ приведен на рисунке 4.

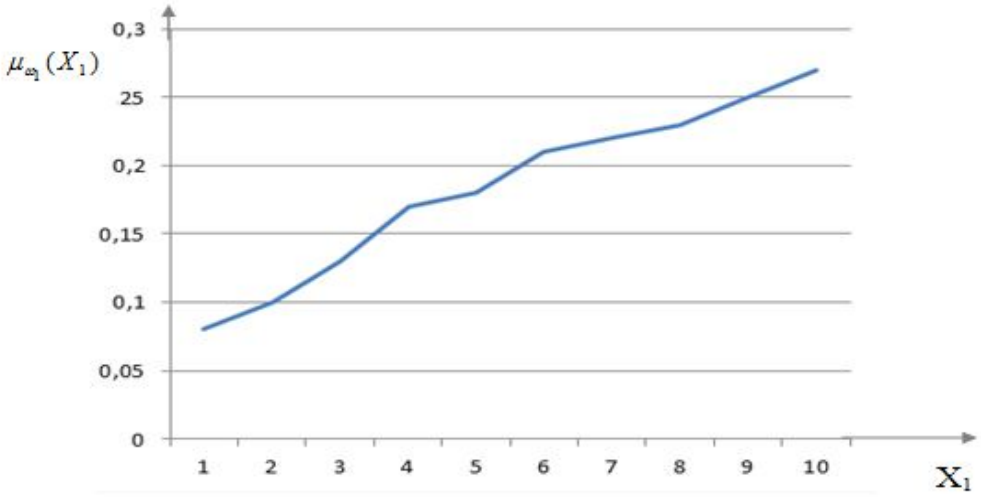


Рис. 4. График функции принадлежности $\mu_{\omega_1}(X_1)$

Максимальное значение $\mu_{\omega_1}(X_1)$ выбрано экспертами по величине экспертной уверенности, приведенной в таблице.

Для инструментальных методов исследования (допплерография (ЛПИ), реовазография (РИ)): базовая переменная X_2 определяется по балльной шале вида:

а) ЛПИ (0,9-1), РИ (0,9-1) – 0 баллов;

б) ЛПИ (0,6-0,8), РИ (0,8-0,9) – 2 балла;

в) ЛПИ (0,4-0,6), РИ (0,6-08) – 4 балла;

г) ЛПИ (0,2-0,4), РИ (0,4-06) – 6 баллов;

д) ЛПИ (меньше 0,2), РИ (0,2-0,4) – 8 баллов;

е) ЛПИ (0), РИ (0,1-0,2) – 9 баллов;

ж) ЛПИ (0), РИ (0-0,1) – 10 баллов.

График $\mu_{\omega_1}(X_2)$ приведен на рисунке 5.

По данным лабораторных исследований получен график функции принадлежности $\mu_{\omega_1}(X_3)$, приведенный на рисунке 6, с базовой переменной, имеющей следующую систему баллов:

X_3 – ***лабораторные показатели:***

а) нормальные значения СОЭ и лейкоцитов – 0 баллов;

б) увеличение СОЭ больше 10 (мужчины), больше 15 (женщины) и

нормальные значения лейкоцитов – 2 балла;

в) увеличение СОЭ больше 10 (мужчины), больше 15 (женщины) и лейкоцитоз больше 10 – 3 балла;

г) увеличение СОЭ больше 10 (мужчины), больше 15 (женщины) и лейкоцитоз больше 10, тромбоцитоз – 4 балла;

д) увеличение СОЭ больше 10 (мужчины), больше 15 (женщины) и лейкоцитоз больше 10, тромбоцитоз, анемия – 5 баллов;

е) увеличение СОЭ больше 10 (мужчины), больше 15 (женщины) и лейкоцитоз больше 10, тромбоцитоз, анемия, гиперфибриногенемия – 6 баллов;

ж) увеличение СОЭ больше 10 (мужчины), больше 15 (женщины) и лейкоцитоз больше 10, тромбоцитоз, анемия, гиперфибриногенемия, гипергомоцистеинемия – 8 баллов;

з) увеличение СОЭ больше 10 (мужчины), больше 15 (женщины) и лейкоцитоз больше 10, тромбоцитоз, анемия, гиперфибриногенемия, гипергомоцистеинемия, увеличение D-димера – 10 баллов.

Температура тела представлена графиком $\mu_{\omega_1}(X_4)$, приведенным на рисунке 7.

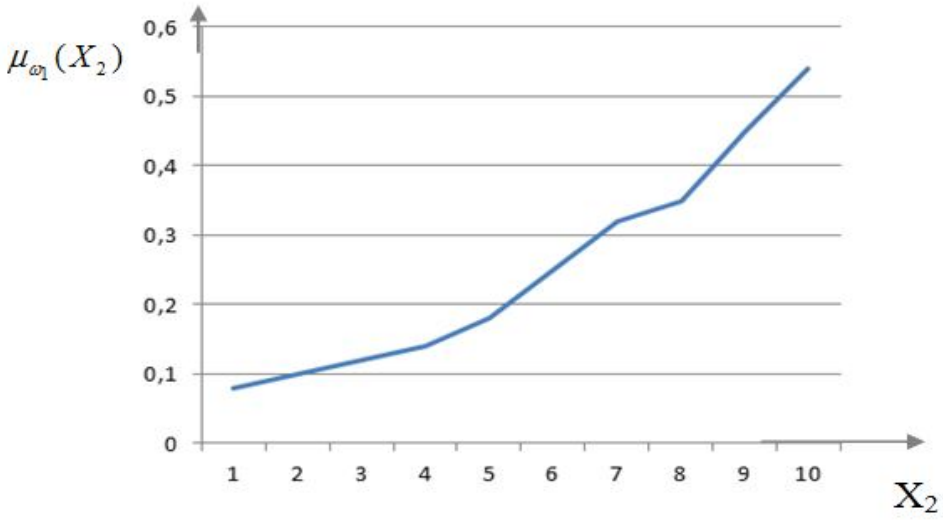


Рис. 5. График функции принадлежности $\mu_{\omega_1}(X_2)$

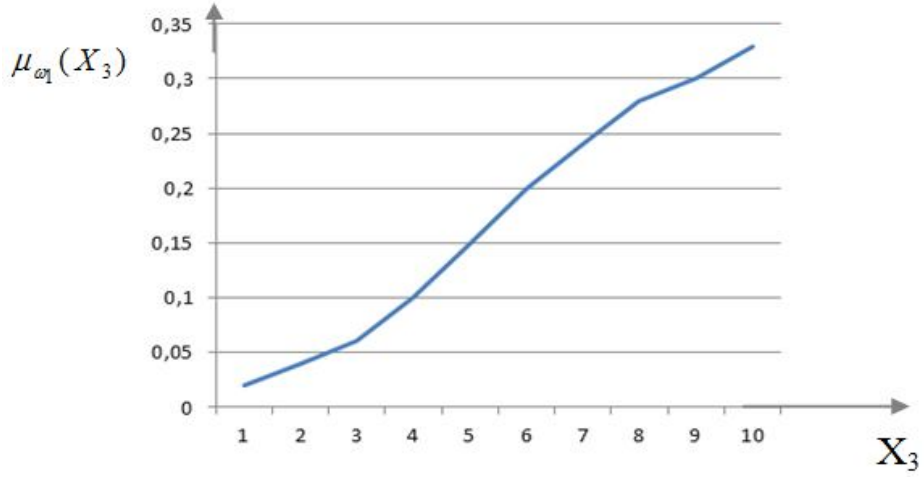


Рис. 6. График функции принадлежности $\mu_{\omega_1}(X_3)$

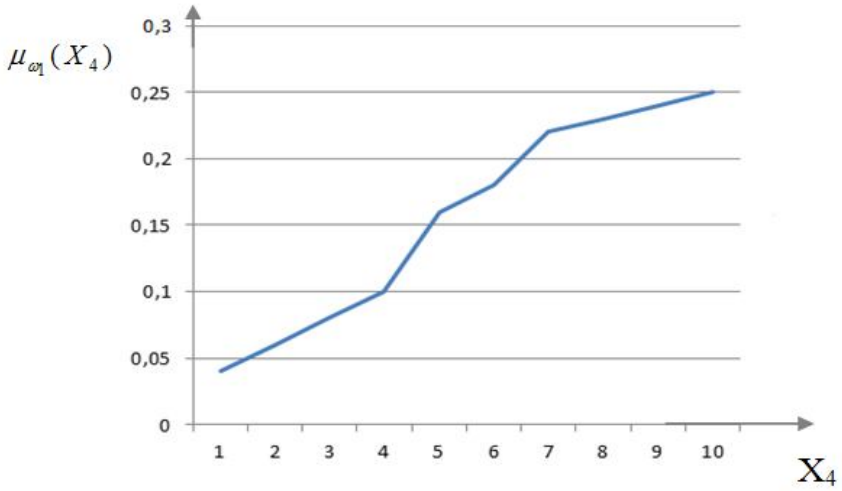


Рис. 7. График функции принадлежности $\mu_{\omega_1}(X_4)$

Температурная шкала представляется следующей системой градаций:

X_4 – показатель температуры тела:

а) нормотермия – 0 баллов;

б) гипотермия (менее 36) – 2 балла;

в) гипертермия (37-37,5) – 4 балла;

г) гипертермия (37,6-38) – 7 баллов;

д) гипертермия (более 38) – 10 баллов.

Функция принадлежности к классу «высокий риск осложнений» по признаку X_5 приведен на рисунке 8.

Базовая переменная X_5 представляется следующей шкалой баллов:

X_5 – характеристика сердечно-сосудистой системы:

а) синусовый ритм, тахикардия (ЧСС более 95 в мин.), с.АД 115-135 мм рт. ст. – 2 балла;

б) синусовый ритм, тахикардия (ЧСС более 100 в мин.), с.АД более 145 мм рт. ст. – 4 балла;

в) синусовый ритм, тахикардия (ЧСС более 100 в мин.), с.АД более 150-170 мм рт. ст., предсердная экстрасистолия – 6 баллов;

г) фибрилляция предсердий, пост.форма, тахиаритмия, с.АД более 170 мм рт. ст. – 8 баллов;

д) фибрилляция предсердий, пост.форма, тахиаритмия, с.АД более 170 мм рт. ст., д.АД более 100 мм рт. ст. – 10 баллов.

График функции принадлежности $\mu_{\omega_1}(X_6)$ приведен на рисунке 9 с базовой переменной X_6

X_6 – характеристика дыхательной системы:

а) везикулярное дыхание, ЧДД 18 в мин. – 0 баллов;

б) везикулярное дыхание, ЧДД 20-22 в мин. – 3 баллов;

в) везикулярное дыхание, ЧДД более 22 в мин. – 7 баллов;

г) жесткое дыхание, сухие хрипы, ЧДД более 22 в мин. – 10 баллов.

Диапазон шкалы UO, определяющей степень уверенности в возникновении осложнений (формула (1)) [0,…,1].

На этой шкале эксперты выделяют четыре уровня уверенности развития гангрены:

I – низкая уверенность в развитии гангрены: UO < 0,25;

II – средняя уверенность в развитии гангрены: UO 0,25-0,55;

III – высокая уверенность в развитии гангрены: UO 0,55-0,7;

IV – очень высокая уверенность в развитии гангрены: UO > 0,7.

Представляя каждый уровень уверенности развития гангрены соответствующей функцией принадлежности: $\mu_H(UO)$; $\mu_C(UO)$; $\mu_B(UO)$ и $\mu_O(UO)$ и переходя к нечеткой интерпретации прогнозирования искомой ситуации [2, 6, 7], получаем прогностический график, приведенный на рисунке 10.

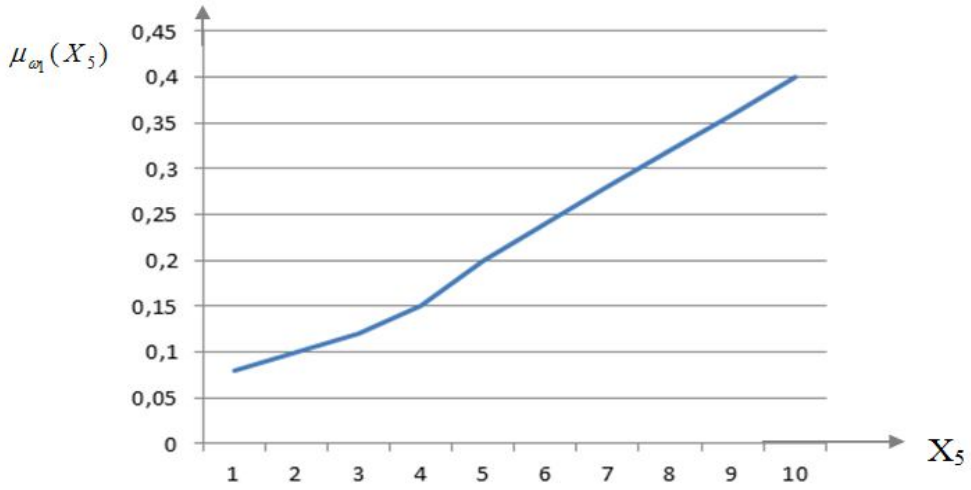


Рис. 8. Функция принадлежности $\mu_{\omega_1}(X_5)$

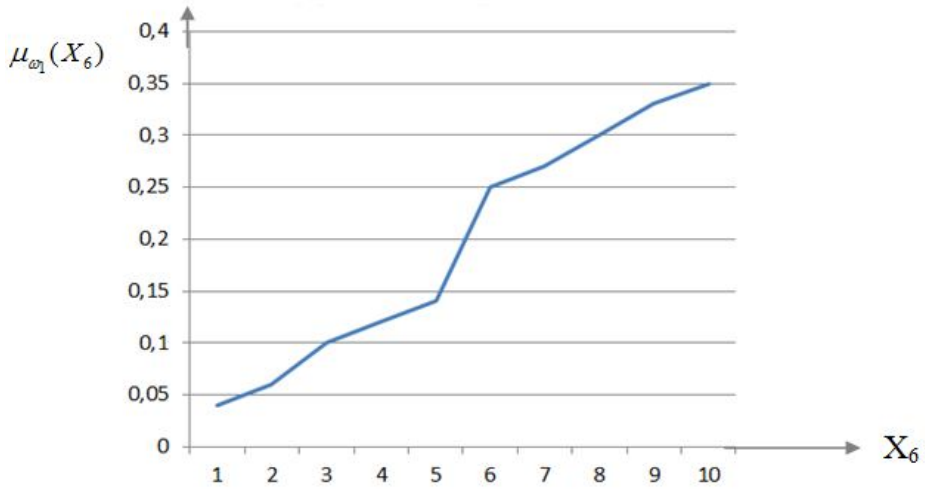


Рис. 9. Функция принадлежности $\mu_{\omega_1}(X_6)$

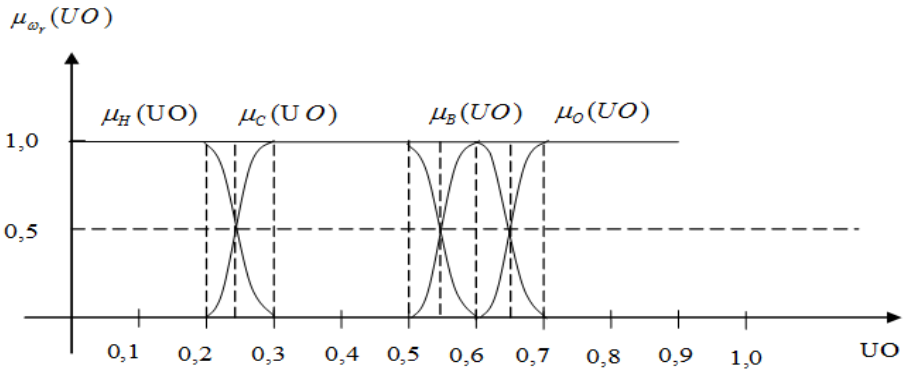


Рис. 10. Графики функций принадлежности, классифицирующих уровень обострения

Решение о классификации принимается по величине максимального значения $\mu_{\omega_r}(UO)$.

Результаты математического моделирования показывают, что прогностическая уверенность в правильном принятии

решения превышает 0,9, что является хорошим результатом для исследуемого класса задач.

Выводы

1. Имея значения вероятности развития осложнений КИНК, особенно гангрены стопы, в рамках диагностического процесса можно определить тактику лечения.

2. Изменения в ту или иную сторону вероятности развития осложнений КИНК при лечебном процессе можно дополнять новыми медикаментозными и хирургическими методиками.

3. Зная значения UO, пациенту можно планировать объем физических нагрузок.

4. Значения UO могут повлиять на своевременность того или иного метода лечения и реабилитационных мероприятий.

Список литературы

1. Гаин Ю.М., Хулуп Г.Я. Объективная оценка тяжести состояния больных и прогноз в хирургии. – Минск: Изд-во Бел. МАПО, 2005. – 299 с.

2. Кореневский Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2015. – № 1. – С. 33-35.

3. Кореневский Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – № 2. – С. 99-103.

4. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диагностики / Н.А. Кореневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 1-3.

5. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Аль-Касасбех Р.Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 528 с.

6. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Горбатенко С.А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 18-24.

7. Кореневский Н.А., Руцкой Р.В., Долженков С.Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12, № 4. – С. 905-909.

8. Пути улучшения результатов реваскуляризирующих операций у пациентов с критической ишемией нижних конечностей / Р.Л. Манвелян, А.П. Арамян, А.С. Бадалян, А.В. Есаян, А.Х. Карапетян, В.К. Мхитарян, А.Д. Мартиросян // Вестник хирургии Армении. – 2012. – № 3.

9. Саидова Д.С. Качество жизни пациентов с критической ишемией нижних конечностей после хирургического лечения: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2004. – 22 с.

10. Сигаев А.А., Швальб П.Г., Шитов И.И. Прогнозирование послеоперационных осложнений в ангиохирургии // Ангиология и сосудистая хирургия. – 1996. – № 1. – С. 113-118.

11. Balmer H., Mahler F. Ballon ungioplasty in chronic critical limb ischemia: factors affecting clinical and angiographic outcome // Y Endovasc Ther. – 2002. – Vol. 9. – P. 403-410.

12. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N.A. Korenevskiy, R.T. Al-Kasasbeh, F. Ionescouc, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings. – 2013. – Vol. 40. – P. 213-216.

13. Determination of The Humans Level of Psycho-Emotional / N. Korenevskiy, Riad Taha Al-Kasasbeh, F. Ionescou [et al.] // Proceedings of the 4th-international conference in the development of biomedical engineering / Ho Chi Minh City (Vietnam). – 2012. – Vol. 8-12. – P. 354-357.

14. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support systems / N.A. Korenevsky, S.A. Gorbatenko, R.A. Krupchatnikov,

M.I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2009. – Vol. 43, N. 4. – P. 187-190.

15. Use of an Interactive Method for Classification in Problems of Medical Diagnosis / N.A. Korenevsky, S.V. Degtyarev, S.P. Seregin, A.V. Novikov // Biomedical Engineering. – 2013. – Vol. 47, is. 4. – P. 169-172.

16. Korenevskiy N.A., Krupchatnikov R.A., Gorbatenko S.A. Generation of fuzzy network models taught on basic of data structure for medical expert systems // Biomedical Engineering Journal. – 2010. – Vol. 42, N 2. – P. 67-72.

17. Korenevskiy N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems // Biomedical Engineering. – 2015. – Vol. 49, is. 1. – P. 46-49.

18. US Department of Health and Human Services National Center for Health Statistics. National Hospital Discharge Survey: Annual Summary with Detailed Diagnosis and Procedure Data. Data from the National Hospital Discharge Survey, Series 13, 1983-2000.

Получено 26.10.15

A.V. Bikov, Candidate of Medical Sciences, Cardiovascular Surgery, Advisory Clinic (Kursk) (e-mail: bikov-av@yandex.ru)

A.G. Ustinov, Professor, Russian National Research University of N.I. Pirogov, the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation (Moscow) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

I.I. Khripina, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: irkin-90@mail.ru)

PREDICTION MODEL OF COMPLICATIONS OF LOWER LIMB ISCHEMIA BY EVALUATING FUNCTIONAL RESERVES

The paper presents the method of constructing the evaluation model the dynamics of the flow of lower limb ischemia by evaluating the state of hemostasis based on fuzzy logic E. Shortlif.

***Key words**: lower limb ischemia, cardiovascular system, gangrene, functional reserves, fuzzy logic.*

УДК 614.8:572.18+354.72(085)

Д.О. Замулин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

Я.В. Глаголева, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

К.Ф. Макконен, д-р мед. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (e-mail: marki@mail.ru)

Б.Д. Жидких, д-р мед. наук, профессор, ОАО «РОСНО-МС» (Курск) (e-mail: bor.zhidkih@gmail.com)

И.В. Коломиец, канд. мед. наук, ОАО «РОСНО-МС» (Курск) (e-mail: ansuf@mail.com)

М.О. Мишунин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: mishuni@mail.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ХРОНИЧЕСКОГО ПЕРИОДОНТИТА СРЕДИ ДЕТЕЙ

Построены математико-картографические модели распространенности периодонтита у детей и проведена классификация территорий по степени риска развития патологии. Выделены неблагополучные районы области посредством математического аппарата.

***Ключевые слова**: моделирование стоматологической патологии, хронический периодонтит у детей.*

***

Стоматологические заболевания у детей встречаются достаточно часто, и частота их неуклонно повышается с возрастом [4]. Однако при анализе стоматологической заболеваемости у детей редко применяется математико-картографи-ческое моделирование, что не позволяет установить зависимость распространенности данной патологии от экологических факторов и выявить неблагополучные территории [1, 2, 3]. В связи с этим проведено моделирование распространенности стоматологической патологии посредством математико-картографи-ческого моделирования в территориях области.

Заболеваемость хроническим периодонтитом среди детского населения Белгородской области варьировала в широком диапазоне – от 1254 случаев в Белгороде в 2008 г. до 18578 случаев в Борисовском районе в 2012 г. и 19502 случаев на 100000 детей в Грайвороновском районе в 2012 г. (табл.). Такой размах колебаний частоты хронического периодонтита временных и постоянных зубов, а также расчётное значение $X^2_{расч.}$=192,8 при заданном числе степеней свободы позволяют опровергнуть нулевую гипотезу о равномерности распределения данной патологии в территориальных системах области и указывают на достоверность её различий.

Уровень хронического периодонтита временных и постоянных зубов среди детей Белгородской области в 2008-2012 гг. на 100000 чел.

Районы области	Период изучения					Среднее	Ранговое место
	2008	2009	2010	2011	2012		
Алексеевский	5608	5250	4785	4643	4928	5043	12
Белгородский	3235	3028	3254	3642	2956	3223	17
Борисовский	15452	13284	17027	16275	18578	16123	2
Валуйский	2764	2952	2685	3012	3125	2908	18
Вейделеевский	6285	5476	5859	6122	6238	5996	9
Волоконовский	4521	4984	3807	3924	4250	4297	13
Губкинский	8957	10262	9544	10455	12543	10352	4
Грайвороновский	15478	16285	16945	17284	19502	17099	1
Ивнянский	13206	14352	16784	16952	17827	15824	3
Корочанский	8126	7446	7852	8287	9654	8273	7
Краснояружский	4285	3547	3027	3548	3245	3530	16
Красногвардейский	3790	3658	4585	4692	4759	4297	13
Красненский	3568	4259	4926	3908	4582	4249	14
Новооскольский	8654	9358	9822	7855	9244	8987	6
Прохоровский	1348	1127	1682	1458	1925	1508	21
Ракитянский	9827	10986	10543	9849	10528	10346	5
Ровеньской	2845	3254	3945	3761	4354	3632	15
Старооскольский	5824	5286	4756	5972	6829	5733	10
Чернянский	2042	1859	1784	1947	2234	1973	20
Шебекинский	4870	5543	6422	6546	6875	6051	8
Яковлевский	4759	5249	5247	5028	5348	5126	11
г. Белгород	1254	1458	2167	3044	2126	2009	19

Наиболее высокий уровень заболеваемости детей хроническим периодонтитом в области в 2008-2012 гг. зарегистрирован в Грайвороновском районе, занявшем при математическом ранжировании первое место. Достоверно ниже частота этой нозологической формы в Борисовском и Ивнянском районах как в сравнении между собой, так и по отношению к Грайвороновскому району ($P<0,01$). Существенно ниже, чем в названных территориальных системах, заболеваемость хроническим периодонтитом детей в Губкинском и Ракитянском районах, занявших соответственно четвёртую и пятую ранговые позиции. Однако достоверно значимой разницы в уровне хронического периодонтита временных и постоянных зубов у детей в Губкинском и Ракитянском районах не имеется ($P>0,05$).

В других территориальных системах уровень заболеваемости рассматриваемой патологии существенно ниже. Во все исследуемые годы частота хронического периодонтита временных и постоянных зубов среди детского контингента оставалась низкой в Прохоровском районе с изменением от 1348 случаев в 2008 г. до 1925 случаев на 100000 детей в 2012 г.

Аналогичный вывод можно отнести и к Чернянскому району, и к г. Белгороду. В Чернянском районе колебание интенсивных показателей изучаемой патологии в 2008-2012 гг. не имело достоверных различий. Низкий уровень хронического периодонтита временных и постоянных зубов у детей отмечен также в Валуйском и Белгородском районах. Остальные территориальные системы области по частоте хронического периодонтита среди детского населения заняли промежуточное положение.

Указанные различия в заболеваемости детей хроническим периодонтитом временных и постоянных зубов на территории области убедительно показывает метод математико-картографического моделирования (рис.).

Распределение территориальных систем по уровню данной патологии выполнялось на основании следующих критериев:

– высокая заболеваемость – от 10346 случаев до 17099 случаев на 100000 детей,

– средняя заболеваемость – от 3224 случаев до 10345 случаев на 100000 детей,

– низкая заболеваемость – от 1508 случаев до 3223 случаев на 100000 детского контингента.

На основе названных количественных критериев заболеваемости детей хроническим периодонтитом к территориям с высокой частотой отнесены:

– Ивнянский район,

– Ракитянский район,

– Борисовский район,

– Грайвороновский район,

– Губкинский район.

Построенная математико-картографическая модель показывает, что территории с высокой заболеваемостью хроническим периодонтитом временных и постоянных зубов у детей расположены на западе Белгородской области, имеют компактное и соседнее расположение. Исключение из этой группы районов составляет Губкинский район, находящийся в восточной части области.

Территории с низкой частотой хронического периодонтита среди детского населения подвержены в меньшей степени пространственной закономерности. Так, только три из пяти территориальных систем, имеющих низкий уровень патологии, расположены компактно в центральной части области. Это относится к Прохоровскому району, г. Белгороду и Белгородскому району. Чернянский район, выделенный нами как район с низкой заболеваемостью хроническим периодонтитом, расположен на востоке Белгородской области. Другой район, Валуйский, отнесённый к данной группе, находится в юго-восточной части области.

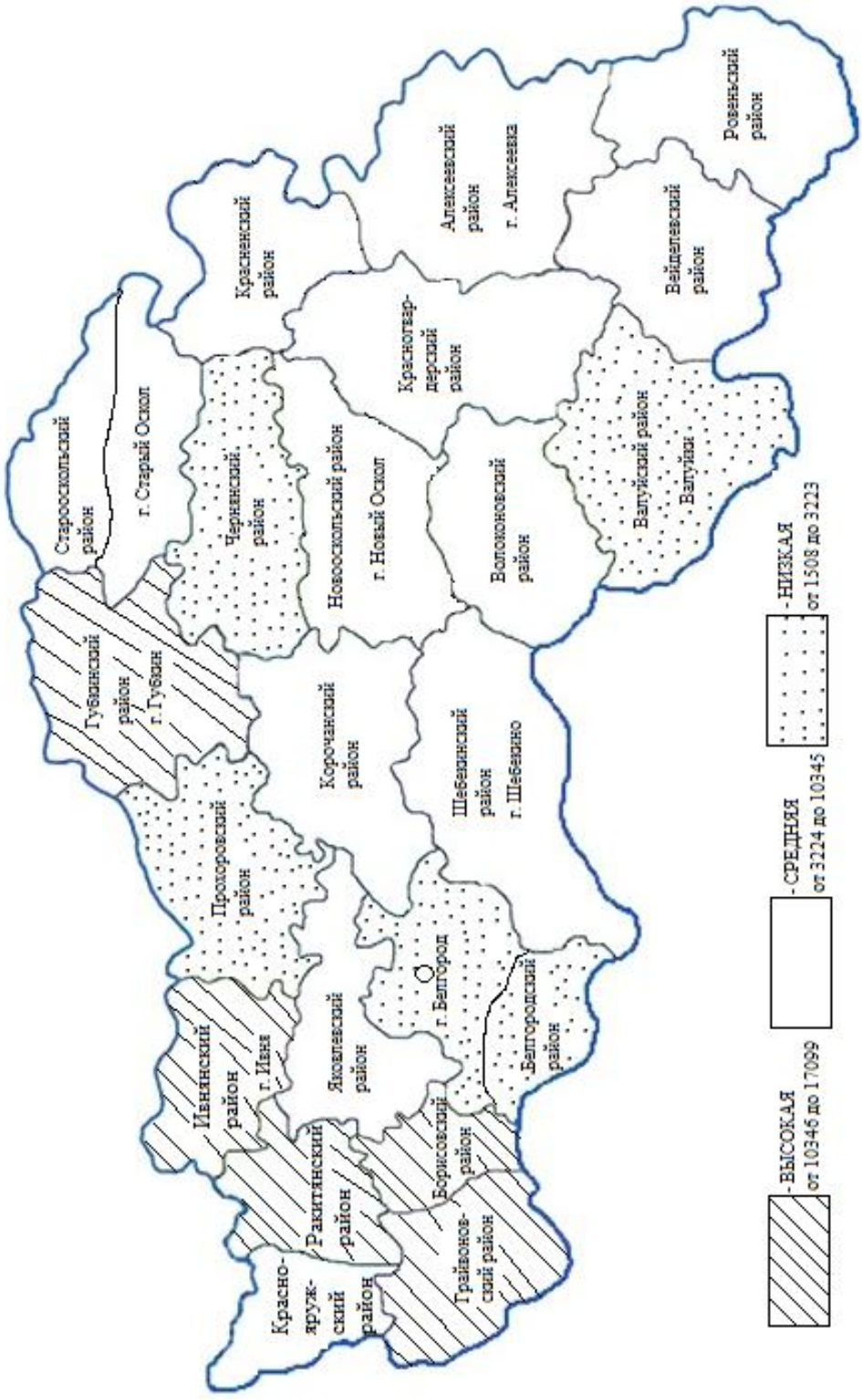


Рис. Классификация территорий области по уровню хронического периодонтита временных и постоянных зубов среди детей в 2008-2012 гг.

Пространственная закономерность распределения территорий по уровню хронического периодонтита детей в большей степени свойственна районам, классифицированным как средняя заболеваемость. Они преимущественно находятся на востоке области, а три района (Корочанский, Шебекинский, Яковлевский) – в центральной части Белгородской области.

Список литературы

1. Гонтарев С.Н. Алгоритмизация геоинформационного анализа и лечения стоматологических заболеваний у детей: автореф. дис. … канд. мед. наук. – Тула, 2005. – 24 с.

2. Гонтарев С.Н. Диверсификация управления заболеваемостью временных зубов на основе геоинформационного, ситуационного анализа, прогнозирования и лечебных инноваций: автореф. дис. … д-ра мед. наук. – Тула, 2008. – 41 с.

3. Ковалева И.П., Кетова Г.Г. Клинико-экономический анализ лечения хронического апикального периодонтита // Эндодонтия today. – 2011. – № 4. – С. 47-50.

4. Терехова Т.Н., Мельникова Е.И., Боровая М.Л. Опыт лечения апикального периодонтита постоянных зубов с незаконченным формированием корней // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2010. – Т. 9, № 1. – С.-20-25.

5. Яковлев А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. – Ч. 2. – С. 209-215.

Получено 09.11.15

D.O. Zamulin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: vitalaxen@mail.ru)

Ya.V. Glagoleva, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

K.F. Makkonen, Doctor of Medical Sciences, Professor, Belgorod State National Research University (e-mail: marki@mail.ru)

B.D. Zhidkih, Doctor of Medical Sciences, Professor, «ROSNO-MS» (Kursk)
(e-mail: bor.zhidkih@gmail.com)

I.V. Kolomiets, Candidate of Medical Sciences, «ROSNO-MS» (Kursk) (e-mail: ansuf@mail.com)

M.O. Mishunin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: mishuni@mail.ru)

MODELING THE PREVALENCE OF CHRONIC PERIODONTITIS AMONG CHILDREN

The mathematical-cartographical models of common STI periodontitis in children and the classification of the territories according to the degree of risk of pathology development. Selected disadvantaged districts of the region by means of the mathematical apparatus

Key words: *modeling of dental pathology, chronic periodontitis in children.*

УДК 618.14-002.1+618.12-002.1

В.В. Аксёнов, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)
(e-mail: vitalaxen@mail.ru)

ДИАГНОСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ БОЛЬНЫХ ОСТРЫМ ЭНДОМЕТРИТОМ НА ОСНОВЕ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА И ИНФОРМАТИВНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИМПТОМОВ

Проведена разработка математических моделей для класса пациенток с острым эндометритом для диагностики и классификации больных острым эндометритом на основе дискриминантного анализа и информативных диагностических симптомов.

Ключевые слова*: эндометрит, дискриминантная функция, дискриминантный анализ.*

***

Среди воспалительных заболеваний органов малого таза актуальной проблемой остается острый эндометрит, распространенность которого в последние годы возрастает в связи с более частым применением кесарева сечения и увеличением частоты абортов [3, 9]. Снижению распространённости эндометрита будет способствовать применение компьютерных технологий [5, 10]. Для реализации профилактических мероприятий важное значение приобретает математическое прогнозирование [1, 2, 6, 7, 8].

Используя для поддержки принятия решений по диагностике и классификации больных острым эндометритом дискриминантный метод и наиболее информативные симптомы [4], проведена разработка математических моделей для класса пациенток с острым эндометритом (второй класс) и здоровых пациенток (первый класс).

Используя диагностически значимые параметры общего анализа мочи для разработки математических моделей и классификации пациенток с эндометритом и здоровых женщин, рассчитаны коэффициенты классификационных функций для микрогематурии (x_1) и протеинурии (x_2). Они соответственно составили для второго и первого класса 7,443; 19,001 и 1,514; 0,819. Величина константы в обоих случаях являлась отрицательной и составила для второго класса 26,690, а для первого класса – 1,239.

Проведение дискриминантного анализа позволило получить статистическую модель:

для больных эндометритом

$$y_1 = 7{,}443x_1 + 19{,}001x_2 - 26{,}690,$$

для здоровых женщин

$$y_2 = 1{,}514x_1 + 0{,}819x_2 - 1{,}239.$$

Результаты дискриминантного анализа свидетельствуют об ошибочной классификации представителей второго класса, отнесенных к первому классу, в 11,8% случаев. Количество ошибочно классифицированных здоровых женщин посредством предложенной модели и расстояния Махаланобиса (табл.1) составило 14,1%.

Таблица 1

Расстояние Махаланобиса при классификации исследуемых объектов по диагностически значимым параметрам мочи

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	0,07978	41,77814
2	G_1:0	0,02527	40,17411
3	G_1:0	0,00186	40,05572
4	G_1:0	0,04004	39,27164
5	G_1:0	0,11029	37,06510
6	G_1:0	0,00878	38,97173
7	G_1:0	0,02370	41,99071
8	G_1:0	0,07527	42,86454
9	G_1:0	0,11036	37,42880
10	G_2:1	56,57942	4,07702
11	G_2:1	37,90795	0,02967
12	G_2:1	69,51442	7,36753
13	G_2:1	14,33958	6,50200
14	G_2:1	22,76961	5,13016
15	G_2:1	38,09366	2,82321
16	G_2:1	60,26635	3,33513

Среди параметров общего анализа периферической крови для создания классификационных моделей применяли СОЭ, палочкоядерные нейтрофилы и лейкоциты. Рассчитав коэффициенты классификационных функций и константы для рассматриваемых классов посредством дискриминантного метода, синтезировали необходимые модели.

Математическая модель для пациенток без острого эндометрита описывается уравнением

$$y_3=19{,}54x_3+121{,}58x_4+24{,}38x_5-382{,}59,$$

где y_3 – больные первого класса;

x_3 – СОЭ;

x_4 – палочкоядерные нейтрофилы;

x_5 – лейкоциты.

Для больных острым эндометритом по данным параметрам общего анализа крови математическая модель имеет следующий вид:

$$y_4=15{,}29x_3+52{,}35x_4+36{,}18x_5-201{,}57,$$

где x_3 – x_5 – ранее указанные информативные параметры общего анализа периферической крови.

Математические модели, включающие информативные показатели общего анализа крови, позволяют на необходимом уровне провести дифференциацию представителей первого и второго класса (табл. 2).

Таблица 2

Классификация больных острым эндометритом и без данной патологии по информативным показателям общего анализа крови

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	3,589	3915,527
2	G_1:0	0,847	3727,828
3	G_1:0	1,724	3529,809
4	G_1:0	2,378	3521,418
5	G_1:0	1,545	3977,821
6	G_1:0	0,217	3721,686
7	G_1:0	1,319	3834,564
8	G_1:0	1,859	3862,575
9	G_1:0	1,162	3652,883
10	G_2:1	3739,235	4,899
11	G_2:1	3743,762	2,873
12	G_2:1	3741,258	0,492
13	G_2:1	3657,742	0,018
14	G_2:1	3645,408	0,427
15	G_2:1	3678,664	0,918
16	G_2:1	3587,469	3,819

Количество пациентов без острого эндометрита, ошибочно классифицированных как больные острым эндометритом по данным моделям, составило 13,2%. При выполнении классификации пациентов с острым эндометритом ошибочно отнесено к первому классу 12,6%. Построенные модели являются адекватными и улучшают диагностику острого эндометрита по СОЭ, содержанию палочкоядерных нейтрофилов и лимфоцитов крови.

Принимая во внимание диагностическую значимость изменения размеров яичников вследствие острого воспалительного процесса, проведена разработка математических моделей с использованием данных параметров. При построении математических моделей учитывались длина, толщина и ширина яичников по данным ультразвукового исследования. Посредством дисперсионного анализа рассчитаны величины коэффициентов классификационных функций и констант для названных выше показателей.

Построены математические модели.

Для пациенток первого класса:

$$y_5=41,58x_6+46,28x_7+41,90x_8 - 1471,39,$$

где y_5 – больные первого класса;

x_6 – длина яичника;

x_7 – толщина яичника;

x_8 – ширина яичника.

Для больных острым эндометритом по данным параметрам общего анализа крови математическая модель имеет следующий вид:

$$y_6= 60,09x_6 + 63,61x_7 + 60,25x_8 - 2963,29,$$

где x_6 – x_8 – ранее указанные информативные параметры изменения размеров яичников.

Следует обратить внимание, что параметры классификационных функций и в классе больных эндометритом, и в классе здоровых женщин имеют положительный знак. Величины констант в обоих случаях характеризуются отрицательными значениями.

Разработанные посредством дискриминантного метода математические модели, включающие размеры яичников, отличаются высокой безошибочной классификационной способностью. Результаты определения расстояния Махаланобиса (табл. 3) показывают, что количество ошибочно классифицированных пациенток с острым сальпингоофоритом, отнесённых к первому классу, составляет 2,8%. Среди здоровых женщин данные математические модели ошибочно классифицировали 2,6% представителей, включив их во второй класс.

Таблица 3

Расстояния Махаланобиса при классификации изучаемых классов по данным размеров яичников

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	4,3917	600,1448
2	G_1:0	2,2845	527,0290
3	G_1:0	2,7320	455,4622
4	G_1:0	1,7669	528,2022
5	G_1:0	1,2664	488,6554
6	G_1:0	1,3143	562,7437
7	G_1:0	2,1788	524,5620
8	G_1:0	1,7969	528,2022
9	G_1:0	1,2664	488,6554
10	G_2:1	493,5745	5,0168
11	G_2:1	528,2789	0,6748
12	G_2:1	532,0487	2,7539
13	G_2:1	569,6889	3,0386
14	G_2:1	427,4890	6,2229
15	G_2:1	493,7640	3,5155
16	G_2:1	603,1399	4,1920

Классификация больных острым эндометритом проводилась также по информативным показателям ультразвукового исследования. В связи с этим при разработке математических моделей рассматривались: утолщение эндометрия, увеличение размеров матки и неравномерное расширение полости матки.

Посредством дискриминантного анализа для первого класса создана математическая модель

$$y_7=-31289{,}754-215{,}747x_9-202{,}564x_{10}+186{,}378x_{11},$$

где y_7 – больные первого класса;

x_9 – утолщение эндометрия по данным ультразвукового исследования;

x_{10} – увеличение размеров матки при ультразвуковом исследовании;

x_{11} – неравномерное расширение полости матки при ультразвуковом исследовании.

По данным информативных ультразвуковых исследований матки математическая модель для второго класса определяется аналитическим выражением

$$y_8=-16324{,}791-364{,}208x_9-157{,}642x_{10}+139{,}835x_{11},$$

где y_8 – больные острым эндометритом;

x_9 – утолщение эндометрия по данным ультразвукового исследования;

x_{10} – увеличение размеров матки при ультразвуковом исследовании;

x_{11} – неравномерное расширение полости матки при ультразвуковом исследовании.

Классификационные модели, построенные по информативным показателям ультразвуковых изменений матки, являются адекватными для дифференциации больных острым эндометритом (табл. 4). Сказанное подтверждается тем, что процент ошибочно классифицированных по данным моделям представителей первого класса равен 5,3%. Иначе говоря, разработанные математические модели в названном проценте случаев ошибочно отнесли лиц первого класса в класс больных острым эндометритом.

Таблица 4

Параметры распределения для первого и второго класса по информативным признакам ультразвуковых изменений матки

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	0,582	72242,940
2	G_1:0	0,710	72407,145
3	G_1:0	1,412	72461,187
4	G_1:0	3,394	72590,023
5	G_1:0	1,683	72245,154
6	G_1:0	3,842	72154,257
7	G_1:0	2,615	72167,742
8	G_1:0	0,091	72294,464
9	G_1:0	0,292	72368,025
10	G_2:1	72874,721	0,991
11	G_2:1	70965,325	0,418
12	G_2:1	71948,263	7,623
13	G_2:1	72348,964	4,775
14	G_2:1	73172,322	2,606
15	G_2:1	71525,325	1,442
16	G_2:1	72793,408	4,298

Среди представителей второго класса количество ошибочно классифицированных несколько ниже и достигает 5,1%, отнесенных в первый класс на основании моделей, построенных по утолщению эндометрия, увеличению размеров полости матки и неравномерному расширению полости матки при ультразвуковом обследовании. Такой высокий процент безошибочной классификации лиц первого и второго классов указывает на приоритетность применения данных моделей при диагностике острого эндометрита.

При дифференциации больных острым эндометритом применялись и другие показатели ультразвукового исследования. В частности, посредством дискриминантного анализа обрабатывались информативные параметры скорости кровотока в локальных сосудах – время быстрого кровенаполнения, индекс венозного оттока и время медленного кровенаполнения.

Это позволило разработать для первого класса следующую дискриминантную функцию:

$$y_9=-428{,}249+125{,}263x_{12}-$$
$$-2{,}428x_{13}+11{,}317x_{14},$$

где y_9 – первый класс пациентов;

x_{12} – время быстрого кровенаполнения;

x_{13} – индекс венозного оттока;

x_{14} – время медленного кровенаполнения.

Использование указанных выше параметров местного кровотока у больных острым эндометритом позволило создать дискриминантную модель следующего вида:

$$y_{10}=-1276{,}138+226{,}728x_{12}-$$
$$-5{,}341x_{13}+24{,}825x_{14},$$

где y_{10} – больные острым эндометритом;

x_{12}- x_{14} – ультразвуковые показатели скорости кровотока в местных сосудах с острым эндометритом, аналогичные первому классу.

Проведение экспериментальных испытаний математических моделей, созданных по информативным параметрам локальной гемодинамики, на контрольной выборке показало, что среди представителей первого класса ошибочно распределены больные ко второму классу в 8,6% случаев. Расстояние Махаланобиса свидетельствует о хорошем качестве созданных моделей (табл. 5).

При классификации пациенток с острым эндометритом по данным дискриминантным функциям количество ошибочно классифицированных случаев составляет 8,4%.

Таблица 5

Расстояние Махаланобиса при дифференциации женщин первого и второго класса по ведущим показателям скорости кровотока в местных сосудах

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	2,584	3821,527
2	G_1:0	3,757	3634,728
3	G_1:0	1,939	3629,714
4	G_1:0	2,585	3521,741
5	G_1:0	1,626	3837,912
6	G_1:0	0,318	3561,726
7	G_1:0	1,408	3844,582
8	G_1:0	1,642	3853,580
9	G_1:0	1,157	3614,872
10	G_2:1	3749,241	4,826
11	G_2:1	3843,363	2,882
12	G_2:1	3944,328	0,564
13	G_2:1	3752,742	0,124
14	G_2:1	3576,213	0,426
15	G_2:1	3628,864	0,972
16	G_2:1	3547,346	3,725

Таким образом, данные математические модели, как и рассмотренные ранее, в подавляющем большинстве верно выполняют классификацию больных по классам.

Список литературы

1. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клини-

ко-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 46-49.

2. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность клинических симптомов, иммунологических, гематологических показателей и проявлений эндогенной интоксикации при остром неспецифическом сальпингоофорите // Журнал акушерства и женских болезней. – 2012. – Т. LXI, вып. 4. – С. 11-15.

3. Математические методы в диагностике и анализе лечения острого эндометрита / Е.П. Афанасова, Н.М. Агарков, И.В. Будник, И.В. Коломиец // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13, № 3. – С. 619-623.

4. Агарков Н.М., Фролов М.В., Афанасова Е.П. Математическое прогнозирование развития и моделирование диагностики острого эндометрита. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 256 с.

5. Будник И.В., Гонтарев С.Н., Шульга Л.В. Многомерный математический анализ связей сальпингоофорита с инфекциями, передающимися половым путём, в различных возрастных и территориальных группах // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11, № 2. – С. 543-550.

6. Будник И.В. Математическое моделирование связей и прогнозирование гинекологической патологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX, № 1. – С. 29-32.

7. Диагностическая значимость и моделирование параметров гемограммы и гомеостаза при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, М.В. Фролов, В.Д. Луценко, И.В. Коломиец, Е.П. Афанасова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154), вып. 22/1. – С. 106-113.

8. Поликритериальный математический отбор диагностических параметров локального кровотока и размеров яичников при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, А.В. Шульга, В.А. Иванов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154), вып. 22/1. – С. 157-163.

9. Куценко Г.И., Агарков Н.М., Будник И.В. Исследование качества жизни больных сальпингоофоритом // Здравоохранение Российской Федерации. – 2012. – № 4.– С. 45-47.

10. Серёгин С.П., Забровский А.Н., Мишустин В.Н. Многокритеральное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. –Ч. 1. – С.41-49.

11. Яковлев А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. – Ч. 2. – С. 209-215.

Получено 30.10.15

V.V. Aksenov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: vitalaxen@mail.ru)

DIAGNOSIS AND CLASSIFICATION OF PATIENTS WITH ACUTE EN-DOMETRIUM ON THE BASIS OF DISCRIMINANT ANALYSIS AND INFORMATIVE DIAGNOSTIC SYMPTOMS

Conducted development of mathematical models for a class of patients with acute endometritis for the diagnosis and classification of patients with acute endometritis on the basis of discriminant analysis and informative diagnostic symptoms.

Key words: *endometritis, discriminant function, discriminant analysis.*

УДК 618.14

М.А. Магеровский, тренер, Центральный спортивный клуб армии (Москва) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

А.В. Кониченко, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

С.Н. Кореневская, инженер, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Р.А. Крупчатников, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова» (Курск) (e-mail: roman0406@yandex.ru)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ ПО ВЕЛИЧИНЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ МЕРИДИАННЫХ СТРУКТУР ОРГАНИЗМА

Рассматриваются вопросы получения количественных оценок функционального состояния спортсменов по величине энергетической сбалансированности меридианных структур организма. В качестве основного математического аппарата выбрана нечеткая логика принятия решений.

***Ключевые слова**: функциональное состояние, спортсмены, меридианы, биологически активные точки, нечеткая логика.*

***

Выступление спортсменов на соревнованиях различного уровня и тренировочный процесс сопровождается как психологическим, так и физиологическим стрессом.

При воздействии стресса на организм человека происходит активация симпатического звена вегетативной нервной системы.

Многочисленные исследования отечественных и зарубежных учёных показывают, что как при оценке состояния отдельных органов и функциональных систем, так и организма в целом может быть использована информация, представляемая на биологически активных точках (БАТ) меридианных структур [6, 12].

При этом следует ожидать, что развитие стресса будет приводить к энергетическим сдвигам в сбалансированных меридианных структурах, что было подтверждено нами при исследовании электрического сопротивления БАТ спортсменов, находящихся в различных стадиях психоэмоционального напряжения, умственного и физического утомления [2, 6, 10, 13, 16, 17].

Таким образом, электрическое сопротивление БАТ может быть использовано для оценки различных классов функционального состояния спортсменов, количественные характеристики которых могут быть использованы для оценки уровня тренированности спортсменов при планировании тренировочного процесса и ожидаемых результатов.

Поскольку при работе со спортсменами тренера чаще всего интересует не состояние отдельных органов, а готовность в целом, то при использовании меридианных структур, как индикаторов спортивной готовности, целесообразно анализировать те биологически активные точки, которые характеризуют «энергетику» всего организма.

Анализ известных атласов меридиан, например [12], показал, что энергетическое состояние меридианных структур в целом нельзя оценить по энергетическому состоянию какой-либо одной точки. Различные исследователи для этих целей используют различные их сочетания. Для работы со спортсменами может быть использовано несколько вариантов выбора контролируемых наборов БАТ.

В первом варианте контроль за каждым меридианом осуществляется по сигнальной точке, а энергетическая сбалансированность системы в целом определяется как функция от сбалансированности каждого из контролируемых меридиан.

Во втором варианте определяется соотношение или разность сопротивлений сигнальной и сочувственной точек. Считается, что если сопротивление сигнальной точки ниже, то это недостаток энергетики меридиана, и наоборот. Функциональный резерв всей системы определяется по совокупности результатов по каждому меридиану.

В третьем варианте состояние меридиана определяется по разности «энергетики» начальных и конечных точек меридиан.

Четвертый вариант учитывает, что переднесрединный и заднесрединный меридианы являются сосредоточением (ЛО- пунктом) всех ян и инь всех меридианов, и поэтому энергетическая сбалансированность (энергетический разбаланс) в целом можно определить по двум точкам VC1 и VG1.

Пятый вариант основывается на том, что по данным работы [12] меридианы, проходящие по конечностям, соприкасаются друг с другом в четырех точках, называемых групповыми, по пунктам. Это точки TR8, VB39, MC5 и RP6.

Выбор предпочтительного варианта осуществляется из условий доступности и целей измерений с учетом роли точек в общей структуре поддержания энергетического равновесия. При исследовании состояния спортсмена по величине электрического сопротивления контролируемых БАТ следует исходить из следующего общего правила. Организм человека, находящегося в состоянии оперативного покоя, сбалансирован по всем энергетически сильным (с высокой интенсивностью циркуляции энергии) ян и энергетически слабым (с заниженной интенсивностью циркуляции энергии) инь меридианом. Ухудшение функционального состояния (утомление, психоэмоциональное напряжение и др.) приводит к разбалансу меридианных структур [6, 12]. Энергетическое состояние отдельных меридиан и меридианной системы в целом оценивают различными способами: по величине падения напряжения; сопротивления; проводимости; интенсивности инфракрасного излучения. Работами [6, 15] было показано, что при достаточно простой технической реализации приемлемая точность измерений обеспечивается при оценке сопротивления элементов меридиан на переменном токе частотой 1кГц при силе тока 2-5мкА.

Таким образом, каждая из выбранных для анализа энергетического разбаланса точка характеризуется величиной своего сопротивления R_i, а энергетический разбаланс всей меридианной структуры определяется функциональной зависимостью следующего вида:

$$ER_M=F_E(A_i,R_i), \quad (1)$$

где ER_M – энергетический разбаланс меридианной структуры;

A_i – весовые коэффициенты, определяющие вклад меридиана с номером i в общий энергетический разбаланс;

R_i – величина сопротивления контролируемой точки меридиана i.

В работах [6,10,14,16,17] было показано, что точность расчетов увеличивается, если вместо абсолютного значения сопротивлений биологически активных точек (БАТ), образующих систему, выбирать их отклонение от номинальных значений δR_{ij} (j – номер точки на меридиане с номером i).

Тогда в общем виде количественную оценку функционального состояния меридианной структуры можно получить в виде зависимости

$$FS = F_F\,[F_E(B_i,\ \delta R_{ij})], \quad (2)$$

где B_i – весовые коэффициенты, определяемые в ходе синтеза модели (2).

Конкретные виды выражений типа (2) могут быть определены различными методами, например с использованием регрессивного анализа, группового учета аргументов и др. В работах [2, 15] показано, что с учетом нечеткой природы исследуемых величин при синтезе моделей типа (2) целесообразно использовать аппарат нечеткой логики принятия решений

[3, 4, 5, 7, 8, 18]. В работе [15] приводится одна из возможных нечетких моделей расчета величины FS.

Следует иметь в виду, что для различных видов спорта модели (2) могут быть различны и для их получения целесообразно использовать метод синтеза гибридных нечетких решающих правил, описанный в работах [3, 7, 8, 18].

Еще одним из эффективных показателей, характеризующих состояние спортсмена, является его функциональный резерв.

Традиционно для определения функционального резерва организма используют нагрузочные пробы и оценивают отношение или разность измеряемых показателей до и после нагрузки [1, 9, 10]. Однако проведение нагрузочных проб не всегда удобно и приемлемо. В данной работе нагрузочные пробы предлагается заменить на искусственно создаваемый электрический дисбаланс меридиан в сторону увеличения и (или) уменьшения тока его энергии. Это реализуется подключением к определенным точкам меридиан источников внешней энергии, направленной согласно или встречно «энергетике» возмущаемого меридиана. Согласно рекомендациям [12] в качестве возмущающего воздействия целесообразно выбрать однополярные прямоугольные импульсы частотой 80 Гц с регулируемой длительностью, заполняемые прямоугольными импульсами частотой 700 кГц.

После тормозящего и (или) активирующего воздействия определяется время возврата к состоянию энергетического равновесия $T_в$.

Функциональный резерв организма определяется как функция вида

$$FR = F_R (C_i, FS, T_в, Q), \qquad (3)$$

где C_i – настраиваемые параметры, определяемые в ходе синтеза выражения (3);

Q – параметры внешнего воздействия.

Одна из конкретных моделей типа (3) описана в работах [9,10].

Показатели FS и FR могут быть связаны с такими величинами, как уровень тренированности UT, ожидаемые результаты на соревнованиях OR, перспективность отбираемого человека как спортсмена PS и др.

Для повышения точности оценки к показателям FS и FR целесообразно добавить такие широко используемые в спорте показатели, как адаптационный потенциал АР по Р.М. Баевскому [1], спектральный состав частоты сердечных сокращений SC и др.

С математической точки зрения показатели UT, OR, PS являются скрытыми, четко не определяемыми латентными параметрами, поэтому в соответствии с рекомендациями [3,18] для поиска уравнений связи типа

$$UT=F_U(FS,FR,AP,SC\ldots);$$
$$OR=F_O(FS,FR,AP,SC\ldots);$$
$$PS=F_P(FS,FR,AP,SC\ldots)$$

целесообразно использовать теорию измерения латентных переменных с моделью Г. Раша.

Таким образом, гибридные нечеткие модели могут стать математической основой для создания экспертных систем тренеров по различным видам спорта, обеспечивая повышение качества подготовленности спортсменов.

Список литература

1. Баевский Р.М., Барсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 235 с.

2. Синтез решающих правил для оценки уровня психоэмоционального напряжения и утомления с использованием двумерных классификационных пространств и векторной алгебры / В.И. Серебровский, А.В. Бойцов, А.Н. Шуткин, С.Н. Кореневская // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2014. – № 5 (56). – С. 58-63.

3. Кореневский Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем //

Медицинская техника. – 2015. – № 1. – С. 33-35.

4. Кореневский Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – № 2. – С. 99-103.

5. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диагностики / Н.А. Кореневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. – 2013. – № 4. –С. 1-3.

6. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Аль-Касасбех Р.Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 528 с.

7. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Горбатенко С.А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 18-24.

8. Кореневский Н.А., Руцкой Р.В., Долженков С.Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах – 2013. – Т. 12, № 4. – С. 905-909.

9. Метод оценки функционального резерва человека-оператора на основе комбинированных правил нечёткого вывода / Н.А. Кореневский, А.Н. Коростелев, Л.В. Стародубцева, В.В. Серебровский // Биотехносфера. – 2012. – № 1 (19). – С. 44-49.

10. Коростелев А.Н., Кореневский Н.А. Применение гетерогенных нечетких моделей для комплексной оценки уровня функционального резерва человека // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, № 8. – С. 142-147.

11. Кореневский Н.А., Лукашов М.И., Чурсин Г.В. Нечеткая оценка роли физического утомления в рецидиве хронических заболеваний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – Т. 8, № 3. – С. 692-696.

12. Лувсан Г. Очерк методов восточной рефлексотерапии. – 3-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – 432 с.

13. Определение уровня длительного физического утомления как фактора риска рецидивов хронических заболеваний / М.И. Лукашов, Н.А. Кореневский, А.В. Еремин, О.И. Филатова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С. 10-15.

14. Титов В.С., Сапитонова Т.Н. Классификация функционального состояния человека и нечеткая оценка его уровня // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. – Ч. 3. – С. 320-324.

15. Филатова О.И. Метод, модели и алгоритм анализа и управления функциональным состоянием человека на основе нечётких гетерогенных правил принятия решений: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.17. – Курск, 2011.

16. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N.A. Korenevskiy, R.T.Al-Kasasbeh, F.Ionescouc, M.Alshamasin, E.Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings. – 2013. – Vol. 40. – P. 213-216.

17. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N.A. Korenevskiy, R.T. Al-Kasasbeh, F. Ionescouc, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A.P. Smith // Proceedings of the 4th-international conference in the development of biomedical engineering / Ho Chi Minh City (Vietnam). – 2012. – January 8-12. – P.354-357.

18. Korenevskiy N.A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Sysrem // Biomedical Engineering. – 2015. – Vol. 49, is. 1. – P. 46-49.

Получено 23.10.15

M.A. Magerovsky, Coach, Central Sports Club of the Army (Moscow)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

A.V. Konichenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University
(Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

S.N. Korenevskaya, Engineer, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

R.A. Krupchatnikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kursk State Agricultural Academy
(e-mail: roman0406@yandex.ru)

ASSESSMENT OF ATHLETES BY THE VALUE OF THE ELECTRICAL BALANCE OF MERIDIAN STRUCTURES OF THE BODY

Considered the question of obtaining of qualitative assessments of functional statusof athletes by the value of the electrical balance of meridian structures of the body. The fuzzy logic of decision making is selected as the main mathematical tool.

***Key words**: functional state, athletes, meridians, acupressure points, fuzzy logic.*

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. К публикации в «Известиях ЮЗГУ» принимаются актуальные материалы, содержащие новые результаты научных и практических исследований, соответствующие профилю журнала, не опубликованные ранее и не переданные в редакции других журналов.

2. Объем статьи не должен превышать 8 страниц печатного текста, включая иллюстрации и таблицы.

3 Авторы статей должны представить в редакцию журнала:

– статью, оформленную в соответствии с правилами оформления статей, представляемых для публикации в журнале;

– рекомендацию кафедры или научно-исследовательского отдела учреждения, в котором выполнена данная работа;

– разрешение на опубликование в открытой печати статьи от учреждения, в котором выполнена работа (обязательно для статей по техническим специальностям, по экономическим – по требованию редколлегии);

– сведения об авторах (фамилия, имя отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, почтовый адрес, телефон, e-mail);

– электронный носитель (CD-диск).

4. Бумажный вариант статьи подписывается всеми авторами, что означает их согласие на передачу Университету прав на распространение материалов статьи с помощью печатных и электронных носителей информации.

5. Редакция не принимает к рассмотрению рукописи, оформленные не по правилам.

6. **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается (если автор один и им представлена справка с места учебы).**

7. Основной текст рукописи статьи (кроме аннотации и ключевых слов) набирают в текстовом редакторе MS WORD шрифтом «Times New Roman» размером 14 пт с одинарным интервалом, выравнивание по ширине. Поля с левой стороны листа, сверху и снизу – 2,5 см, с правой стороны – 2 см. Абзацный отступ – 1,5 см.

8. Схема построения публикации: УДК (индекс по универсальной десятичной классификации), фамилия и инициалы автора(ов) с указанием ученой степени, звания, места работы (полностью), электронного адреса (телефона), название (полужирный, прописные), аннотация и ключевые слова, текст с рисунками и таблицами, литература. Авторы, название, аннотация и ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

Перед основным текстом печатается краткая аннотация курсивом, отражающая краткое содержание статьи.

Например:

> УДК 004.9:519.8
> **А.Л. Иванов**, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: ivanov@gmail.com)
> **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАДРАМИ ГРАДООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**
> В статье рассматривается агентная модель прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия, основанная на структуризации поведения агента и определения влияния его внутреннего представления об окружающем мире на его деятельность.
> **Ключевые слова:** агентное моделирование, градообразующее предприятие, событие.

9. При формировании текста не допускается применение стилей, а также внесение изменения в шаблон или создание собственного шаблона. Слова внутри абзаца следует разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; не допускаются разрядки слов.

10. Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный – 12 пт; крупный индекс 7 пт, мелкий индекс – 5 пт; крупный символ – 18 пт; мелкий символ – 12 пт.

Необходимо учитывать, что **полоса набора – 75 мм**. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**

Все русские и греческие буквы (Ω, η, β, μ, ω, υ и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций (sin, cos, tg и т.д.) – прямым шрифтом. Латинские буквы – прямым шрифтом.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться.

11. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

12. Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 *dpi* и публикуются в черно-белом (градации серого) варианте. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MS Word, недопустимы**.

Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания **не допускаются.**

13. **Список литературы к статье обязателен** и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. Пристатейные библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках.

14. В материале для публикации следует использовать только общепринятые сокращения.

Все материалы направлять по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94. ЮЗГУ, редакционно-издательский отдел.

Тел.(4712) 50-48-19, тел/факс (4712) 50-48-00.

E-mail: rio_kursk@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей и информацию об опубликованных номерах можно посмотреть на официальном сайте журнала: **http://www.swsu.ru/izvestiya/index.php.**