МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

СБОРНИК ТРУДОВ
XVIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

9–13 апреля 2012 г.

В трех томах

Том 2

Томск 2012

УДК 62.001.001.5(063)
ББК 30.1л.0
С56

Современные техника и технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической
С56 конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 473 с.

Сборник содержит научные статьи студентов, аспирантов и молодых ученых – участников ежегодной Международной конференции «Современные техника и технологии», разделенные по научным направлениям: электроэнергетика; приборостроение; технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств; электромеханика; системы и приборы медицинского назначения.

Материалы сборника представляют интерес для специалистов, преподавателей, исследователей в сфере энергетики, электромеханики, приборостроения, машиностроения, медицинской техники.

УДК 62.001.001.5 (063)
ББК 30.1л.0

Редакционная коллегия сборника

Зольникова Л.М., нач. отдела ОНИР СиМУ УМАД НУ, ученый секретарь конференции
Сидорова О.В., эксперт отдела ОНИР СиМУ УМАД НУ
Евтушенко Г.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПМЭ ИНК, председатель секции № 5
Зенин Б.Б., к. т. н., доцент кафедры ММС ИФВТ, председатель секции № 6
Рудницкий В.А., к. т. н., доцент кафедры ИКСУ ИК, председатель секции № 7

Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание представленной информации ответственность несут авторы.

Издание осуществлено при финансовой поддержке фонда РФФИ

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2012
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2012

СЕКЦИЯ 5

СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ДЕТЕЙ С ЗАБОЛЕВАНИЕМ ПИЕЛОНЕФРИТОМ

Батауова А.Б.
Научный руководитель: Константинова Л.И.,, к.т.н., доцент.
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: almirabatauova@mail.ru

Обработка статистических данных уже давно применяется в самых разнообразных видах человеческой деятельности. Но, пожалуй, ни в одной области знаний и практической деятельности обработка статистических данных не играет такой исключительно большой роли, как в медицине, имеющей дело с обработкой и анализом огромных массивов информации.

В медико-биологическом приложении исследователь, как правило оперирует большим количеством показателей, отсюда возникает необходимость снижения количества обрабатываемой информации, ее структурного анализа, классификации сообразно целям исследования. Чаще всего перечисленные задачи решаются экспертом - исследователем на основании содержательных рассуждений и при большом количестве признаков связано с серьезными трудностями. В связи с этим становится актуальным применение математических методов для поиска решений данных задач.

Постановка задачи

Имеем материал по исследованию заболеваемости пиелонефритом детей в возрасте 0-24 месяцев, включающий показатели общего анализа крови (ОАК), биохимии крови и общего анализа мочи (ОАМ). Всего на каждом ребенке измеряется двадцать показателей. Необходимо по результатам измерений показателей на объектах из указанных групп детей определить наиболее информативные показатели.

Информативные показатели - показатели, которые вносят наибольший вклад в характеристику состояния здоровья.

В настоящее время существуют ряд методов определения информативных показателей, используемых в медицине, к таким методам относятся метод Кульбака и метод, основанный на теории информации, разработанный Клодом Шенноном.

В данной работе предлагается использовать диаграмму Парето для определения информативных показателей.

В данном случае этот метод будет основан на отклонений значений показателей больного от здорового. В связи с этим возникает задача определения нормы показателей.

Норма – это отсутствие патологии.

В современной медицине существуют разные подходы к определению нормы:

- клинические (диагностическое, терапевтическое определение);
- эпидемиологические (по фактору риска, социальное);
- статистические (гауссово, процентильное).[1]

Для вычисления статистической нормы в работе использованы следующие методы:

- Гауссово определение нормы;
- Процентильное определение нормы.

Гауссово определение нормы требует проверки выборки на нормальность.

Как известно нормальное распределение – распределение симметричное, поэтому нарушение симметричности будет говорить о нарушении нормальности распределения и для проверки симметрии можно использовать графический способ - «ящик с усами».

Для определения нормы использовались два вышеуказанных метода. Для нормально распределенных показателей использовался метод Гаусса, а для показателей не имеющих нормального распределения использовался процентильный метод.

Метод Гаусса, который определяется как интервал измерений, включающий по два средних квадратических отклонений выше и ниже среднего значения: $\bar{x} \pm 2S$, где

$\bar{x}$ - среднее значение выборок

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

S - средне квадратическое отклонение

$$S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$$

$$S = \sqrt{S^2}$$

При процентильном определении нормы берется общий диапазон выборки и устанавливаются верхние и нижние процентилии. Нормой в этом случае является интервал, между установленными процентилями. В данной работе выбраны 80 и 90 – процентильные интервалы.[3] Результаты представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1
Нормы общего анализа крови для детей в возрасте 0-12

Показатели	5%-95%	10%-90%	x-2S/x+2s
лейкоциты	6.7-7.9	6.6-7.9	6.5-8.1
эритроциты	4.1-4.62	4.1-4.62	4.01-4.81
гемоглобин	126-134	126-132	123-135
тромбоциты	269-350	269-350	296-354
палочко-ядерные	0-1	0-1	0-2
сегментно-ядерные	28-40	28-38	26-42
лимфоциты	51-63	51-63	47-67
моноциты	5.0-10	5.0-10	3.0-11
эозинофилы	1.0-2.0	1.0-2.0	1.0-3.0
СОЭ	4.0-8.0	4.0-6.0	2.0-8.0

Таблица 2
Нормы общего анализа крови для детей в возрасте 12-24

Показатели	5%-95%	10%-90%	x-2S/x+2s
лейкоциты	6.2-8.3	6.2-7.7	5.6-8.8
эритроциты	4.12-4.73	4.12-4.73	4.03-4.83
гемоглобин	121-128	121-126	119-129
тромбоциты	252-334	252-325	295-337
палочко-ядерные	0-2	0-1	0-1
сегментно-ядерные	34-48	34-46	34-44
лимфоциты	48-62	48-61	51-61
моноциты	7.0-10	7.0-10	6.0-12
эозинофилы	1.0-3.0	1.0-3.0	0.4-4.0
СОЭ	3.0-8.0	3.0-7.0	2.0-10

Как указывалось выше для определения информативных показателей используется диаграмма Парето. В основе диаграммы Парето лежит принцип 80/20,которая в наиболее общем виде формулируется как «20 % усилий дают 80 % результата, а остальные 80 % усилий — лишь 20 % результата».[2]

Предложенный метод определения информативных показателей с помощью диаграммы Парето в данном случае состоит в следующем:

1. Определяется количество отклонений показателей, не входящих в пределы нормы;
2. Производится сортировка по убыванию;
3. Процентные доли определяются по формуле:

$$D = \frac{y_i}{S_0} \cdot 100\%, i = 1...m$$

где

D - процентная доля, y_i - количество отклонений, S_0 -сумма всех отклонений.

4. Считается накопленная процентная доля

$$L = \sum_{y_i < y} y_i$$

на основании полученных данных строится диаграмма Парето, где по основной вертикальной оси откладывается D, по вспомогательной вертикальной оси –L и по горизонтальной – названия показателей.

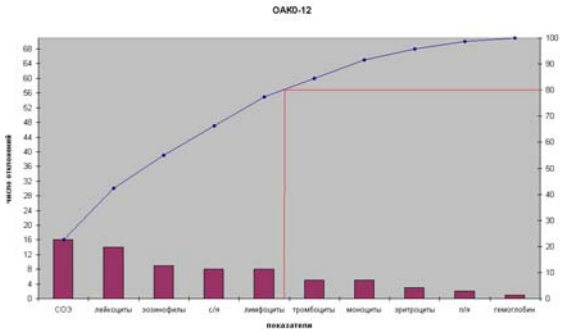


Рис. 1. Диаграмма Парето общего анализа крови для детей в возрасте 0-12 месяцев

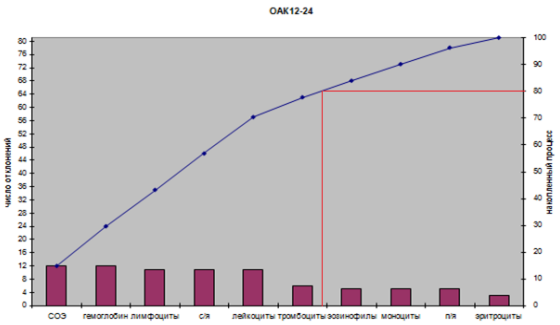


Рис. 2. Диаграмма Парето общего анализа крови для детей в возрасте 12-24 месяцев

Из представленных диаграмм видно, что каждый возраст имеет свои информативные показатели.

Заключение:

В работе определены границы нормы показателей крови у детей сибирского региона, а также показано, что наиболее информативными оказались существенно меньшее количество показателей, чем измеряемые у детей, что позволит оперативно контролировать состояние пациента во время лечения и корректировать назначенный курс лечения в зависимости от изменения его состояния. Выявлена зависимость определения информативных показателей от возраста детей.

Список литературы:

1. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных.- М.: издательство «МедиаСфера»,2002-312с.
2. Инструменты качества: гистограмма, диаграмма Парето. Выпуск 13, 1999.- М.: НТК «Трек», 2002.- 25с.
3. Гублер Е.В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов.-Л.:Медицина, 1978.-296с.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Батухтин К.С.
Научный руководитель: Устюжанин В.А., к.т.н., доцент
Забайкальский государственный университет,
672039, г. Чита, ул. Александровско-Заводская, 30
E-mail: batuhtin88@yandex.ru

Разработка современных методов диагностики и лечения – это задача, лежащая в области различных научных направлений, таких как физика, медицина, химия, информатика, системный анализ, радиоэлектроника.

Объектом исследования является биотехническая система (БТС), включающая в себя техническое устройство и взаимодействующий с этим устройством живой организм. Главной особенностью объекта исследования является то, что большинство его параметров не постоянны и динамически изменяются. Кроме того, то, что объект содержит живую часть, накладывает определенный ограничения на применяемые методы исследования и взаимодействия технической и биологической части – методы должны быть или безвредными или наносить минимальный вред.

У различных направлений биомедицинской инженерии цели и задачи различаются, поэтому более подробно остановимся на одном – создание медицинской диагностической аппаратуры – все сказанное в дальнейшем будет относиться именно к нему. Целью исследования является разработка и создание БТС для выявления отклонений тех или иных показателей живой части объекта от нормы посредством технической части.

Задачи исследования:

- Разработать методику взаимодействия биологической и технической части объекта;
- Исходя из методики взаимодействия, создать техническую часть объекта, позволяющую максимально быстро и точно определить показатели биологической составляющей;
- Интерпретировать результаты;
- Нанести при этом минимально возможный вред;

Конечно данные задачи – это общий случай, каждое конкретное исследование будет дополнять и расширять их.

Так как биомедицинская инженерия связывает медицину и технику, при исследованиях применяются методы свойственные как медицине, так и технике.

Все научное исследование по созданию БТС можно разбить на несколько этапов:

1. Предварительные исследования, сбор и систематизация данных;
2. Теоретическое обоснование метода взаимодействия частей БТС;
3. Разработка измерительного преобразователя;
4. Экспериментальные исследования;

Первой составной частью научно-исследовательской работы является предварительное исследование, которое включает выбор темы, выдвижение рабочей гипотезы, патентно-информационную проработку, составление рабочего плана НИР, освоение методик.

Выбор темы исследования — крайне сложный творческий процесс, во многом обеспечивающий успех научной деятельности.

Выбор темы исследования целесообразно начинать с изучения опыта предшествующих поколений ученых. С этой целью необходимо изучить исследуемую проблему не только по источникам литературы, но и овладеть современной методической базой, знать, какие исследования проводятся в ведущих научных школах мира. На первом этапе главное — исключить возможность дублирования и обеспечить достаточно высокий уровень собственных знаний по определенной проблеме. В дальнейшем, следует найти оригинальный подход в постановке задачи исследования, а затем и в ее решении, используя новые методологические подходы, области их использования и т.д.

В качестве приемов, позволяющих осуществлять поиск новых решений в научных исследованиях, можно использовать:

- Ознакомление с текущей и ретроспективной информацией, преимущественно обзорно-аналитического характера.
- Ознакомление с новейшими достижениями науки и техники в смежных областях знания.
- Разработку новых, более совершенных методов исследования, технологий, приборов или композиционных материалов, открывающих широкие перспективы их использования в научных исследованиях.
- Методы системного анализа, наукометрические методы и т. д.

Патентно-информационные исследования являются одним из основных разделов предварительных исследований. Они проводятся с целью определения научно-технического уровня и тенденций развития в планируемой области знания, патентоспособности предлагаемой к планированию НИР и исключения дублирования.

Основной задачей второго этапа исследования является моделирование процессов, происходящих в норме и при патологии, с выявлением закономерностей. На основе медицинских данных создаётся описание исследуемого организма в нормальном состоянии и при патологии, какие изменения при этом происходят. Выясняется, как именно данные изменения влияют на применяемый физи-

ческий фактор. Исходя из полученных данных, выбирается, на какой основе будет построена модель. Наибольшее распространение получили математические и физические модели, из-за своей сравнительной простоты и большого количества программных сред моделирования. Составляется несколько вариантов модели для различных состояний исследуемого организма: для нормы и различных степеней тяжести патологии. При этом необходимо помнить о том, что модель – это всегда упрощение, а потому в ней не учитываются факторы, вносящие сравнительно малые изменения в конечный результат.

На полученной модели проводятся опыты с целью выявления закономерностей. Анализ данных производят путем соответствующей математической обработки полученных результатов, приемы и способы которой подробно описаны в специальных руководствах по медицинской статистике.

При моделировании отрабатываются алгоритмы обработки получаемых данных и их интерпретации

На основе полученных закономерностей составляются структурная схема измерительного преобразователя и схема измерения, определяются необходимые технические характеристики будущего прибора, выбирается элементарная база. На основе структурной схемы и схем включения выбранных элементов создается принципиальная схема прибора, выбирается метод монтажа, при необходимости рассчитывается экранировка прибора, помехоподавление.

Большинство методов, применяемых на данном этапе, пришли из радиоэлектроники. Это, например, теория управления, теория графов, применение обратных связей и т.д. Кроме того, так как чаще всего исследуются сложные сигналы, находят применение методы обработки сигналов: фильтрация, статистический и спектральный анализ и т.д.

Одним из важных элементов этого этапа является метрологическая оценка работы БТС. Для оценки погрешности измерительного прибора необходимо учесть все ее составляющие. При проведении как прямых, так и косвенных измерений к погрешностям используемых средств измерений должны быть добавлены методические погрешности, погрешности, появляющиеся при отсчете показаний, расшифровке осциллограмм, должен быть учтен иногда очень сложный механизм трансформации погрешностей каждого из результатов прямых измерений в результирующую погрешность результата косвенного измерения и т.д.

Одними из способов повышения точности измерений являются использование прецизионных компонентов, высокоразрядных АЦП, высококачественных стабилизаторов питающего напряжения и т.д.

После создания аппаратуры и проверки ее характеристик и безопасности можно переходить к экспериментам.

Экспериментальное исследование ставит перед собой задачу изучения явления в строго контролируемых и воспроизводимых условиях при активном воздействии экспериментатора на объект изучения.

Основная цель эксперимента – проверка выдвинутого ранее теоретического обоснования разрабатываемой методики исследования.

Среди экспериментальных методов исследования следует выделить лабораторные опыты, эксперименты на животных, натурные испытания опытных образцов или объектов, клинические испытания.

Поскольку жизнедеятельность человека определяется сложнейшими биохимическими и нейрофизиологическими процессами, результаты искусственно воспроизводимых исследований и экспериментов носят порой сугубо индивидуальный характер и устанавливаются лишь посредством статистического их восприятия.

Клинические испытания - завершающий этап НИР. Поскольку их проводят на больных и добровольцах, клинические испытания разрешаются в директивном порядке специально уполномоченными государственными органами. При организации клинических испытаний особое внимание должно уделяться подбору пациентов и аналогичной по составу и количеству контрольной группы

При клинической оценке новых методов диагностики необходимо, прежде всего, сопоставить предлагаемый метод с референсным, т. е. с самым надежным из соответствующих методов. При правильной организации исследования оценка результатов нового метода должна производиться "вслепую" — так, чтобы специалист не знал результатов других анализов у этого пациента. В противном случае неизбежны систематические ошибки типа "приближения к предполагаемому диагнозу", поскольку специалист, зная предполагаемый диагноз, непреднамеренно склонен к предвзятости при оценке результатов, особенно в случаях, когда возможно двоякое их толкование.

Список литературы:

1) Шарабчиев Ю. Т. Методология планирования научных исследований в медицине // Медицинские новости. - 1998 г. №4. - стр. 21-24.

2) Гусев В.Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2004. – 597 с.

АППАРАТ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИСТРАКЦИИ

Блынский Ф.Ю.
Научный руководитель: Аристов А.А., к.т.н., доцент
Технический руководитель: Бригадец А.В., старший научный сотрудник ТУСУРа
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: blynskiyf@tpu.ru

Удлинение нижних конечностей одна из актуальных проблем в ортопедии. Количество несчастных случаев, связанных с травмами человека, появление врождённых пороков, к сожалению, не уменьшается с каждым годом. Например, в Российской Федерации количество страдающих болезнями костно-мышечной системы увеличилось с 1966 года на 53,6%, детей
с врожденными аномалиями - на 41,8%.

Методика дистракции костных тканей существует уже довольно давно. Наиболее всего распространено удлинение конечностей при помощи аппарата Илизарова. Данный способ основан на дозированном перемещении костных фрагментов за счет разового поворота гаек на резьбовых стержнях, соединяющих опоры аппарата. Чаще всего осуществляется удлинение костного фрагмента на 1 мм в сутки за 4 хода, т.е. на 0.25 мм за ход. Контроль за величиной подкрутки гаек осуществляется на глаз по движению рукоятки ключа, при этом необходимо мысленно представить угол, на который требуется повернуть гайку [1].

Основным недостатком данного метода является его болезненность для пациента. Так же существует опасность, что накопленная погрешность перемещения по каждому резьбовому стержню аппарата за весь период дистракции может привести к нарушению оси удлиняемой конечности, к необходимости дополнительных лечебных манипуляций и нарушению стандартизированной методики лечения [1].

Новым этапом в процессе удлинения конечностей являются аппараты автоматической дистракции. Наибольшим успехом в создании и практическом применении автодистракторов обладает ГУН РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова, г. Курган. Углубленные биомеханические исследования стабильности остеосинтеза позволили им в последние годы создать ряд новых, более совершенных аппаратов наружной фиксации с использованием новых материалов (углепластиковые кольцевые опоры и стержни), новых узлов фиксации и узлов перемещения. Принципиальным решением проблемы управляемого остеосинтеза является появление новых дистракторов с автономной программой управления для каждого узла перемещения [2].

Рис.1 Спице-стержневой аппарат для удлинения бедра с автономным автоматическим управлением каждым узлом перемещения.

В данном аппарате дистракция производится круглосуточно с ритмом 1 мм в сутки за 60 циклов работы автодистрактора. Величина удлинения при моносегментарном остеосинтезе составила от 3 до 16 см (в среднем 6,1±2,0). При полисегментарном дистракционном остеосинтезе величина анатомического удлинения нижней конечности составила в среднем 7,2±1,5 см. Среднесуточная величина удлинения выбирается в зависимости от конечного значения дистракции и от индивидуальных особенностей пациента (регенеративных способностей организма).

Автоматический круглосуточный высокодробный режим удлинения конечности переносится больными значительно легче (безболезненно) по сравнению с общепринятой методикой удлинения аппаратом Илизарова (где суточный темп дистракции в 1,0 мм достигается в течение 8-10 часов за 4 приема по 0,25 мм).

Измерение дистракционных усилий, развиваемых аппаратом, показало, что нарастание их идет плавно и непрерывно, без срывов, достигая максимальных цифр 500-600 Н к окончанию периода дистракции. Такой характер динамики дистракционных усилий свидетельствует об оптимальном течении регенераторного процесса [2].

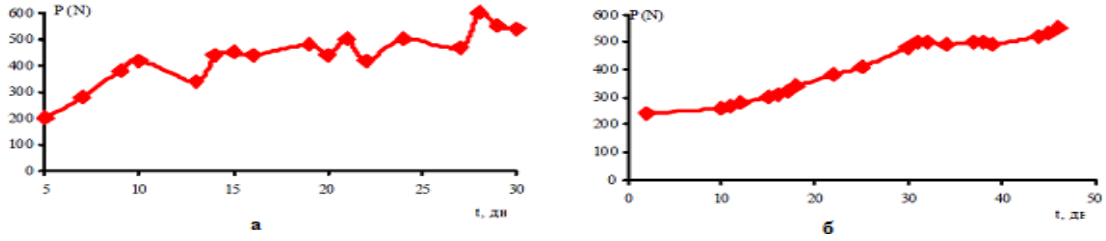


Рис.2 Динамика дистракционных усилий: а - классический режим дистракции (1 мм за 4 приема); б - автоматическая дистракция (1мм за 60 приемов).

Наиболее важной целью всей терапии является сокращение времени дистракции и минимизация процесса реабилитации. Современные разработки в микропроцессорной технике позволили создать алгоритм, следуя которому, аппарат сам определяет ежесуточное удлинение и контролирует состояние больного. Блок-схема устройства приведена ниже [3]:

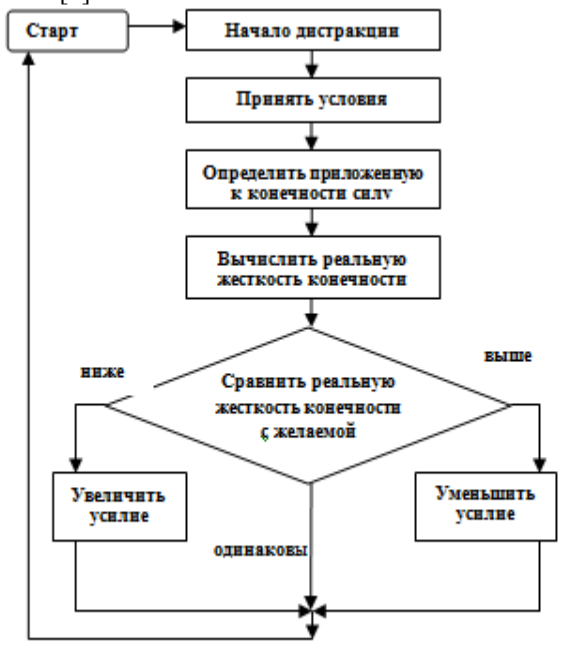


Рис.3 Блок-схема автодистрактора

Для уменьшения массогабаритных параметров устройства рационально применять вместо обычных электрических двигателей планетарные моторы-редукторы, так как они более компактны и имеют небольшую массу (Рис.4).

Обратная связь между врачом и пациентом может осуществляться посредством сетей мобильной связи, либо при помощи всемирной сети Интернет. Контроллер будет отправлять кодовое сообщение, содержащее данные о состоянии больного, на сотовый телефон врача.

Таким образом, доктор всегда будет знать, как проходит процесс дистракции. Осуществление данного метода позволит не просто усовершенствовать процесс удлинения конечностей в автоматическом режиме, а создать интеллектуальную систему дистракции.

Для ускорения процесса регенерации возможно применить методы электрической стимуляции. Он основан на том, что электрическое поле, возникающее при деформации кости вследствие пьезоэффекта, способно ориентировать образующиеся коллагеновые нити и вызывать рост костной ткани.

С 1971 года в некоторых клиниках стали успешно применять электрическое поле для лечения костных переломов у людей. Так как этот метод связан с вживлением под кожу специальных электродов, его применяют только в тех случаях, когда обычное лечение (с фиксацией) не дает положительного эффекта в течение нескольких лет. Результаты электролечения превзошли все ожидания. У 84 процентов больных пропускание постоянного тока (10-20 микроампер) через 3 месяца приводило к интенсивному срастанию кости в месте перелома [5]. Данный метод будет эффективен и при увеличении толщины костной ткани в месте дистракции.

Не смотря на то, что системы автоматической дистракции применяются довольно давно, перспективы их развития не становятся меньше. Это можно объяснить тем, что всегда будет остро стоять вопрос о повышении качества терапии и минимизации времени лечения. Пока существует опасность травм человека, актуальность удлинения конечностей в автоматическом режиме не пропадёт.

Список литературы:

1. В.И. Шевцов, А.В. Попков. Дистрактор «Шебупа» к чрескостному аппарату. Журнал «Гений ортопедии» №1, 2000 г., с.93-94.
2. В.И. Шевцов, А.В. Попков. Круглосуточное удлинение конечностей в автоматическом режиме. - ГУН РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова, г. Курган, Россия.- Электронный журнал «Регенеративная хирургия» №1 2003 г.
3. Пат. США №US 2008/0051779 A1. Force-controlled autodistraction/ William Mackenzie, Tariq Rahman, Robert Akins, Alastair Younger. Aug. 2, 2006.
4. Физик в гостях у биолога. Под ред. Богданов К. Ю.; М.: Наука, 1986. 144 с., серия Библиотечка «Квант», выпуск 49.

ПРИБОР ДЛЯ СВЕТОДИОДНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ

Бочков М.С., Баранов В.Н.
Научный руководитель: д.м.н., проф. В.Н. Баранов
Тюменский государственный нефтегазовый университет, 62500, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: montoya007@mail.ru

Актуальность

Клинико-экспериментальные исследования доказали, что широко используемое в терапии световое излучение обладает сильным болеутоляющим и антивоспалительным фактором, а также играет важную роль в фотохимическом синтезе энергии [1,2,3,4]. В настоящее время в качестве источников света в физиотерапии используются лазеры и светодиоды. Выбор не случайно пал на светодиоды. Ведь светодиодные аппараты имеют перед классическими лазерными преимущество и в безопасности применения и, что немаловажно, в стоимости. С другой стороны, имеющиеся светодиодные матрицы и наконечники не всегда обеспечивают должного контакта светового поля и поверхности биообъекта вследствие сложной поверхности биообъекта.

Целью работы является разработка простого по конструкции и управлению, доступного прибора для светодиодной фототерапии, обладающего набором новых улучшенных параметров.

Результаты исследования

При разработке аппарата была изучена литература по лазерной и светодиодной терапии, проанализированы достижения в области отечественной и зарубежной медицинской светодиодной техники [5,7,8]. Объектом исследования являлись аппараты, матрицы и насадки для светодиодной физиотерапии, а предметом исследования – методы фототерапии [6].

В результате анализа литературы и исследования аналогичных аппаратов была предложена новая концепция создания фототерапевтического аппарата.

Было решено использовать для аппарата блочно-модульную схему, аналогичную использующейся в физиотерапевтических приборах **«Спектр ЛЦ-02» и «Мустанг-2000».** На рис. 1 представлен внешний вид аппарата. Блок-схема представлена на рис. 2, из которого видно, что прибор состоит из четырёх основных блоков: блока питания, таймера, генераторов импульсов и матричной манжеты.

Прибор имеет несколько типов работы (непрерывный и импульсный с плавно изменяемой частотой) и регулировку мощности светового излучения для подбора наиболее точной мощности при лечении.

Рис 1. Фото опытного образца светодиодного физиотерапевтического аппарата

Лечебный эффект достигается путем воздействия низкоинтенсивным излучением светодиодов различных участков оптического спектра: красного (длина волны 650 нм), оранжевого (610 нм), желтого (590 нм), голубого (около 480 нм), синего(470 нм), зеленого (длина волны около 520 нм), расположенных рядами горизонтально. Регулировка частоты импульсов для каждого из спектра светодиодов происходит отдельно.

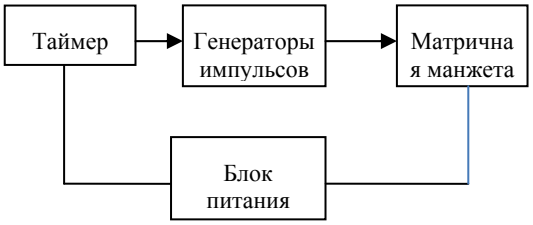


Рис 2. Блок-схема аппарата

Предложена концепция создания матрицы-манжеты. Особенностью светодиодной матрицы является то, что излучающие элементы закреплены на гибком основании-манжете, позволяющей максимально эффективно использовать световое поле на любой поверхности биообъекта за счёт более плотного прилегания излучателей к телу пациента, в отличие от обычных излучающих наконечников и матриц.

Разработанная матрица представлена на рис. 3 и может быть выполнена в монохромном или полихромном исполнении, содержать различное количество светодиодов и иметь разные размеры активной зоны.

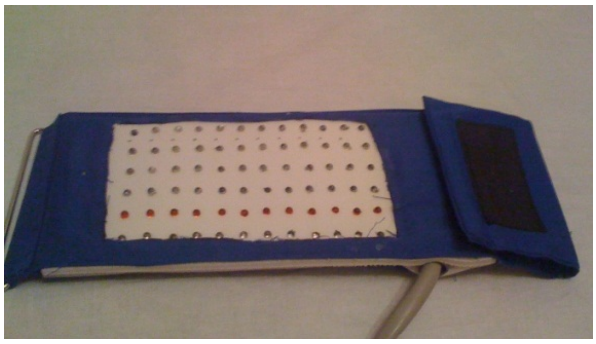


Рис 3. Фото опытного образца светодиодной манжеты

Манжета накладывается и застёгивается на необходимый участок тела (это может быть рука или нога), или расправляется и накладывается активной зоной (светодиодами) на патологический участок, рану или сверху на туловище для воздействия на внутренние органы чрескожно в физиотерапии или для воздействия на рефлексогенную зону - биологически-активную точку (проекцию внутреннего органа) в рефлексотерапии. К блоку прибора манжета присоединяется посредством разъема, поэтому в процессе использования аппарата при необходимости возможна установка других типов матриц-манжет или светодиодных наконечников (например, со светодиодами только одного из спектров или матриц-манжет с большим или меньшим количеством светодиодов, а значит, и большим или меньшим размером светового поля).

Разработанный аппарат имеет простой и лаконичный интерфейс, состоящий из **встроенного таймера с цифровой индикацией в минутах, удобных тумблеров и ручек регулировки мощности и частоты, что позволяет быстро научиться работать с ним.** Светодиодный физиотерапевтический прибор относится к классу защиты от поражения электрическим током III, типу B. Питание аппарата производится от сети с напряжением 220В и частотой 50Гц, а также от встроенного аккумулятора.

Аппарат предназначен для наружного воздействия на поврежденные участки тела биообъекта и биологически-активные точки (БАТ) и рефлексогенные зоны и проекции органов. **Аппарат может применяться в условиях физиотерапевтических кабинетов поликлиник, больниц и лечебно - профилактических учреждений широкого профиля, а также индивидуально в бытовых условиях.**

Аппарат готов к работе после включения кнопки Сеть. Перед лечебной процедурой с помощью таймера, имеющего дисплей для отображения оставшегося времени процедуры, устанавливается время воздействия. С помощью переключателей задаётся режим работы – постоянный или импульсный. Если выбирается импульсный режим работы, то задаётся также частота излучения. Ручками регулировки частоты излучения обеспечивается плавное варьирование частот от 1 до 100 Гц. Мощность излучения изменяется с помощью переключателя. Во время лечебной процедуры источником излучения генерируется светодиодное излучение, которое воздействует на биологический объект: патологический участок, рану, БАТ, рефлексогенную зону или проекцию органа. Мощность излучения аппарата зависит от количества источников излучения на матрице (светодиодов). Максимальная мощность 108 мВт для излучения красного спектра, 72 мВт для излучения оранжевого и синего спектров, 50,4 мВт для излучения желтого и фиолетового спектров и 57,6 мВт для излучения зеленого спектра. Питание аппарата производится от сети переменного тока с напряжением 220 В и частотой 50 Гц, а также встроенного аккумулятора.

Заключение

Разработанный опытный образец аппарата для светодиодной физиотерапии имеет значительное преимущество перед аналогичными приборами благодаря специально разработанной матрице-манжете, обеспечивающей максимально эффективное использование светового поля на любой поверхности тела биологического объекта. В настоящее время аппарат находится на стадии опытного образца. После проведения соответствующих конструкторских доработок, технических и медицинских испытаний прибор может быть внедрен в клиническую практику.

Список литературы:

1. Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия. – М.: «СЛП», 1998. — 480 с.; ил.
2. Буйлин В.А., Ларюшин А.И., Никитина М.В., Свето-лазерная терапия. Руководство для врачей. – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2004. – 256с.
3. Готовский Ю.В., Косарева Л.Б., Перов Ю.Ф. Цветовая светотерапия. 2е изд., испр. и доп. – М.: ИМЕДИС, 2009. – 464 с.
4. Карандашов В.И., Петухов Е.Б., Зродников В.С. Фототерапия (Светолечение). – М.: «Медицина», 2001. — 392 с.; ил.
5. Лувсан Г. Методы восточной рефлексотерапии. – М.: Топикал. Цитадель, 1995. – 232 с.
6. Москвин С.В. ,Ачилов А.А. Лазерная терапия аппаратами «Матрикс». – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2008. – 144с.
7. Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия.– М.: Интерпрессервис, 2002. – 168 с.
Чжу Лянь Руководство по современной чжень - цзю терапии. – М.: Медгиз, 1959. – 270 с.

ФТОРПОЛИМЕРНЫЕ МАТРИКСЫ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ СЛОЖНЫХ ПОСТРЕЗЕКЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ ГОРТАНИ

Волокитина Т.Л., Больбасов Е.Н.
Научный руководитель: Твердохлебов С.И., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: tatyanavolokitina@gmail.com

В настоящее время число онкологических заболеваний непрерывно растет. Ежегодно в мире регистрируются 6 миллионов новых случаев возникновения злокачественных опухолей. Смертность от рака занимает второе место после смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы. В связи с этим актуальной является задача поиска новых способов лечения и профилактики онкологических заболеваний, усовершенствования и комбинации уже имеющихся. Использование традиционных методик, таких как лучевая и химиотерапия, зачастую оказывает негативное влияние не только на злокачественную опухоль, но и на здоровые ткани. В результате хирургических вмешательств, проводимых совместно с терапевтическими мероприятиями, зачастую утрачивается порядка 15-20 % пластического материала мягких тканей, двигательного аппарата, конечностей и челюстно-лицевой области [1]. Возникающие обширные дефекты требуют замещения костного или хрящевого каркаса, имеющего сложную пространственную конфигурацию, внутреннюю выстилку, контактирующую с агрессивной средой полостных структур, а так же покровных тканей.

Наиболее распространенной злокачественной опухолью головы и шеи является рак гортани. Для лечения злокачественной опухоли гортани применяют двухэтапную методику реконструкции дефектов, которая предполагает предварительную подготовку (префабрикацию) комплексов тканей с целью полного анатомического соответствия реципиентной области.

Наиболее подходящими материалами для имплантата гортани, являющейся динамической системой, служат гибридные (комбинированные) имплантаты, представляющие собой металлические каркасы, например, из никелида титана, интегрированные с полимерным матриксом (скаффолдом). Такая конструкция, с одной стороны, должна обеспечивать необходимые механические и химические характеристики имплантата, а, с другой стороны, создавать условия для успешного протекания процессов интеграции имплантируемого материала с окружающими тканями, что обеспечивается многоуровневой взаимосвязанной открытой пористостью. Поэтому изучение химического состава и морфологии полимерных матриксов, используемых для имплантатов гортани, представляет научный интерес.

Другим важнейшим фактором, обеспечивающим высокий уровень биосовместимости и интеграции имплантата с окружающими тканями, является отсутствие отрицательных тканевых реакций на него со стороны организма. Так как технологический процесс нанесения фторполимерного матрикса на металлический каркас предполагает растворение первого в органических растворителях, необходимо знать концентрацию остаточных растворителей. Целью работы было исследовать морфологию и концентрацию остаточных растворителей во фторполимерных матриксах для имплантатов гортани.

В качестве материала полимерного матрикса использовался сополимер тетрафторэтилена с винилиденфторидом (ТФЭ/ВДФ), что обусловлено возможностью получения растворов этого сополимера различной вязкости с массовыми концентрациями полимера в растворе до 15 %. В качестве растворителя применялся, ацетон квалификации ОСЧ, который в соответствии с ОФС 42-0057-07 [2] является низкотоксичным растворителем с допустимым содержанием не более 0,5 масс %. В работе использовался 7% раствор сополимера ТФЭ/ВДФ в ацетоне, полученный при температуре 70 °С с последующим охлаждением раствора до комнатной температуры.

Получение полимерного матрикса осуществлялось методом аэроформования, позволяющим получать подходящую пористую структуру материала благодаря турбулентному потоку газа носителя в заданном направлении [3].

Исследование морфологии поверхности образцов полимерных матриксов проводилось методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на установке Philips SEM 515.

Для исследования остаточных органических растворителей использовался методом инфракрасной (ИК) спектроскопии (ИК-Фурье спектрометр Nicolet 5700). В этом случае образцами служили подложки кристалла калий бром (KBr) с тонким полимерным слоем, полученным методом окунания в раствор сополимера (ТФЭ/ВДФ), с последующим нагреванием и сушкой.

Образцы для исследований остаточных органических растворителей термогравиметрическим (ТГА) методом (Совмещенный ТГА/ДСК/ДТА анализатор SDT Q600) представляли собой тонкие пленки, нанесенные на предметное стекло.

Количественная оценка остаточных органических растворителей в образцах нетканых материалов проводилась методом газовой хроматографии (Газовый хроматограф – масс-спектрометр TRACE DSQ, точность до 0,01%). Образцы изготавливались из раствора 5% ТФЭ/ВДВ в смеси ацетона, этилацетата, бутилацетата (30, 30, 40 масс % соответственно) методом аэроформования, и после-

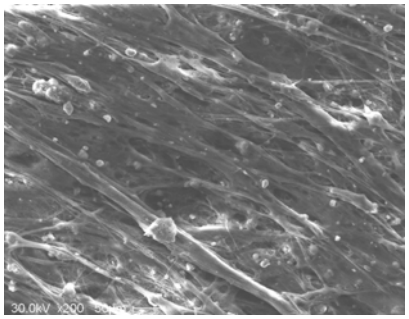
дующего формования в камерной печи ИТМ 50.1100 при температуре 60 °С в течение 12 часов.

Токсикологические испытания, оценка местнораздражающего действия и гемолитическая активность используемого полимерного материала проводились по ГОСТ Р ИСО 10993. Образцы для испытаний стерилизовались этиленоксидом.

В качестве контрольных образцов для проведения исследований применялся исходный порошок ТФЭ/ВДФ, не подвергавшийся воздействию растворителя.

СЭМ изображения фторполимерных матриксов, приведенные на рисунке 1, демонстрируют их развитую архитектонику. Наблюдается сквозная пористая структура, сформированная переплетением нитей полимерного материала, с размером пор в диапазоне 1-100 мкм. Это свойство матриксов является стимулирующим фактором, способствующим интеграции материала с живыми тканями.

а)



б)

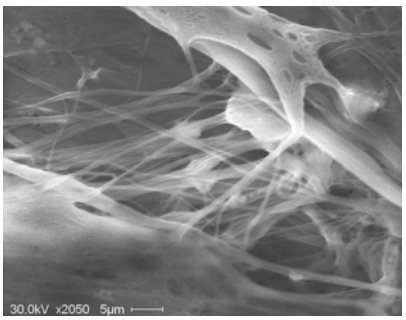


Рис.1. СЭМ изображение полимерного мат-

ИК спектры, представленные на рисунке 2, свидетельствуют об отсутствии в полимерных матриксах остаточных растворителей в количестве, не превышающих 1 % (отсутствие характерных пиков ацетона в области 2030 $см^{-1}$, 1402 $см^{-1}$, 1169 $см^{-1}$, 885 $см^{-1}$, 840 $см^{-1}$, 490 $см^{-1}$).

Метод ТГА показывает, что относительные потери масс мелкодисперсного порошка ТФЭ/ВДВ и раствора ТФЭ/ВДВ в ацетоне, отличается всего лишь на 0,4% в диапазоне температур 20-100 °С (температура выхода ацетона из материала). Это так же говорит об отсутствии остаточных растворителей в полимерных матриксах.

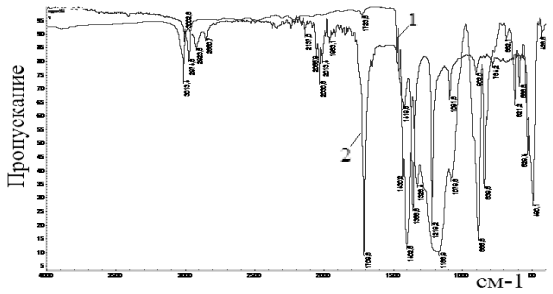


Рис. 2. ИК-спектры ТФЭ/ВДФ, растворенного в

Результаты газовой хроматографии остаточных растворителей ТФЭ/ВДВ в смеси ацетона, этилацетата и бутилацетата, растворенного в циклогексаноне, приведены в таблице 1. Из таблицы видно, что полимерные матриксы содержат незначительное значение остаточных растворителей, которое не превышает значений нормы согласно нормативным документам (< 5%) [2].

Таблица 1. Содержание остаточных растворителей в полимерном матриксе

	Стандартный раствор (отн.ед.)	ТФЭ/ВДФ в смеси растворите-лей (отн.ед.)	Процентное содержание
Ацетон	5598	2150	0,384
Этил-ацетат	3931	610	0,155

Токсикологические испытания полимерного материала, проведенные в аккредитованной лаборатории, установили их биологическую безопасность.

Исследованные матриксы удовлетворяют следующим требования, предъявляемым к материалам для имплантата гортани: биосовместимость (отсутствие токсичности и остаточных растворителей) и сквозная пористость.

Список использованной литературы:

1. Онкология: национальное руководство / под ред. Чиссова В.И., Давыдова М.И. — М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2008. — 1072 с.
2. ОФС № 42-0057-07 (Остаточные органические растворители).
3. Смирнов А.В. Исследование закономерностей процесса получения волокнистых материалов из растворов полимеров аэродинамическим способом // Диссертация на соискание степени к.т.н. – М. – 2004. – 214

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УСКОРЕНИЯ РАСТВОРЕНИЯ КАМНЕЙ ЖЕЛЧНОГО ПУЗЫРЯ

Гайдышева Е.В., Киселева Е.Ю.
Научный руководитель: Солдатов А.И., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050 г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: eka.kiselyova@gmail.com

В настоящее время наблюдается тенденция к росту желчнокаменной болезни (ЖКБ). В общей структуре заболеваний пищеварения за последние года холелитиаз увеличился в несколько раз. Причины увеличивающейся распространённости данной патологии до конца не установлены. Среди основных причин увеличения ЖКБ выделяют: улучшение диагностики заболевания, количественное и качественное нарушение питания, изменение образа жизни, гиподинамия, экологические факторы и др.

Хирургическая операция до настоящего времени остается основным методом лечения больных ЖКБ, число которых все увеличивается. При длительном анамнезе развиваются серьезные осложнения, срочные же операции, выполняемые нередко при отсутствии надлежащего оборудования и опыта хирурга, часто дают неблагоприятный результат, поэтому во всем мире стремятся к проведению вмешательств в плановом порядке на ранних сроках возникновения патологических изменений в желчном пузыре.

Полостная операция всегда связана с определенным риском возникновения осложнений как в процессе самого вмешательства, так и в послеоперационном периоде. Холецистэктомия сопровождается значительной травмой мягких тканей передней брюшной стенки, что нередко приводит к гнойным осложнениям со стороны раны в раннем послеоперационном периоде и грыже передней брюшной стенки в последующем. Кроме того, даже при неосложненном течении послеоперационного периода срок восстановления трудоспособности очень продолжителен. Поэтому, несомненно, оправданы поиски других, неоперативных, методов лечения желчнокаменной болезни.

В конце 80-х годов появилась новая методика разрушения конкрементов желчного пузыря и почек – экстракорпоральная литотрипсия. Многочисленные клинические наблюдения показали, что с помощью направленной ультразвуковой волны можно добиться разрушения желчных камней на мелкие фрагменты, способные удаляться через пузырный проток в желчный проток, а затем оттуда в двенадцатиперстную кишку. При использовании усовершенствованных литотрипторов процедура является в достаточной степени безболезненной, и при единичных камнях в желчном пузыре терапевтический успех достигается в течение нескольких сеансов. Метод экстракорпоральной литотрипсии, несмотря на высокую стоимость аппаратуры, начал довольно широко применяться в развитых странах, однако дальнейшие клинические наблюдения выявили и ряд негативных последствий этого метода: достаточно крупные фрагменты, мигрируя из пузыря, могут обусловить возникновение обострений, требующих выполнения срочной полостной или эндоскопической операции. Тем самым, данная методика практически перестала использоваться во врачебной практики для разрушения конкрементов желчного пузыря.

Поиски методов химического растворения желчных камней ведутся уже давно. Однако, имеющиеся в настоящее время препараты не универсальны, их литолитический эффект ограничен, при их пероральном приеме необходим длительный курс лечения, который плохо переносится рядом больных из-за побочного токсического действия. Непосредственное контактное воздействие литолитическими препаратами на конкременты в желчном пузыре требует предварительного наложения холецистостомы, при этом возникает опасность возникновения осложнений.

Создание новой методики, улучшающей действие медикаментозного растворения конкрементов желчного пузыря, позволит:

- уменьшить длительность курса лечения медикаментозными препаратами, тем самым снизив стоимость курса;
- снизить риски при лечении ЖКБ по сравнению с оперативным вмешательством и литотрипсией;
- уменьшить время токсического действия препарата.

Для реализации поставленной цели работы было произведено исследование растворения конкрементов из желчного пузыря под действием ультразвукового и медикаментозного воздействия.

В качестве исследуемых конкрементов использовались холестериновые камни, извлеченные из желчного пузыря человека хирургическим путем.

Для контролирования изменения размеров были проведены измерения максимальных диаметров камней. Измерения проводились с по-

мощью штангенциркуля и микрометра в начале исследования и через каждые 30 минут исследования.

Так как исследования проводились на холестериновых камнях, то для медикаментозного воздействия была выбрана урсодезоксихолевая кислота. Урсодезоксихолевая кислота в больших концентрациях содержится в таком препарате как УРСОСАН.

Холестериновые камни в ходе эксперимента помещались в модель желчного пузыря, представляющую собой презерватив для ультразвукового исследования, наполненный 60 мл воды, растворенной в ней капсулой препарата УРСОСАН дозировкой 250 мг.

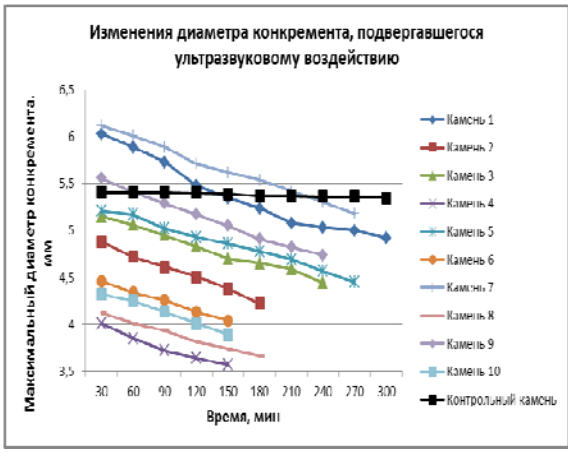
В качестве жидкости наполняющей модель желчного пузыря применялась вода, так как скорость распространения ультразвука в воде соизмерима со скоростью распространения ультразвука в теле человека (скорость распространение ультразвука в воде 1480, в печени 1549м/с, кровь 1570 м/с, жир 1450 м/с [10]).

В эту емкость помещался электрод от аппарата для ультразвуковой терапии УЗТ – 1.07Ф, со следующими заданными параметрами воздействия: время 30 мин, интенсивность 0,1 Вт/см2, длительность воздействующего импульса 4 мс.

В качестве «золотого стандарта» использовались данные полученные от камня, не подвергавшемуся ультразвуковому воздействию, только медикаментозному. Контрольный экземпляр, камень диаметром 5,41 мм, был помещен в аналогичную модель желчного пузыря, но на него не было оказано ультразвуковое воздействие.

Контрольный камень перешел в состояние мелкодисперсной пыли за 78 часов (рис. 3.1). Такое достаточно быстрое по сравнению с реальными пациентами растворение камня можно объяснить наличием в модели постоянной концентрации препарата, что в реальных условиях не наблюдается.

В итоге было исследовано 10 камней диаметра от 4,01 до 6,12мм и построены зависимости изменения диаметра камня от времени медикаментозного и ультразвукового воздействия.



Как видно из графиков использование ультразвука в качестве дополнительного метода при пероральной литолитолитической терапии позволяет существенно уменьшить время, требуемое для растворения камня.

Выводы

В ходе экспериментов было исследовано 10 камней диаметром от 4 до 6,2 мм и построены зависимости изменения диаметра камня от времени медикаментозного и ультразвукового воздействия. Видно, что ускорение процесса растворения холестериновых камней в модели желчного пузыря сильно зависят от диаметра и состава камня. Камни небольшого диаметра при ультразвуковом и медикаментозном воздействии распадаются на мелкодисперсную пыль достаточно быстро. У холестериновых камней имеющих кальциевое или известковое ядро растворяется только холестериновая оболочка, ядро при дальнейшем воздействии не изменяется.

Также доказана возможность применения ультразвука в качестве дополнительного средства при медикаментозном лечении желчнокаменной болезни.

Но следует заметить, что времена растворения камней в организме человека будут другими в связи с тем, что концентрация препарата в модели желчного пузыря неизменна, а в организме человека концентрация постоянной быть не может быть в связи с обменом веществ и циркуляцией желчи.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ДИНАМИКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА

Глот К.Ю.
Научный руководитель: Гергет О.М., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kira_glot@mail.ru

Особую роль в математическом моделировании биомедицинских систем играют динамические системы, в которых с течением времени происходят существенные изменения. Динамической системой называют систему, изменяющую под действием сил свое состояние. Совокупность всевозможных состояний системы образует пространство состояний (фазовое пространство).

Одним из эффективных способов поддержания сложных динамических систем в требуемом состоянии является совершенствование и развитие алгоритмического диагностического контроля показателей их функционирования (состояния) [1].

В работе под динамической системой понимается организм ребенка в раннем неонатальном периоде.

Целью настоящей работы является оценка состояния биообъектов на основе нейросетевых подходов.

Выявление информативных показателей. Применение в диагностических целях нейронной сети. Для экспериментального исследования были использованы данные, предоставленные Лечебно-оздоровительным Центром «Здоровая мама, крепкий малыш», часть данных предоставлены детской больницей № 1 г. Томска.

В ходе работы были проведены исследования на выборке из 330 детей, которые были разделены на 3 группы по состоянию здоровья: гипоксическое перинатальное поражение центральной нервной системы (ППЦНС) – 120 детей (в таблице обозначен «1»), гипоксически-травматическое ППЦНС – 120 детей (в таблице обозначен «2») и группа здоровых детей – 90 детей (в таблице обозначена «0»). Диагноз ставился на основании лабораторных показателей. По оценкам экспертов, необходимыми показателями для постановки данных диагнозов являются показатели клетки (метод кариография) и показатели нейросонографии. Для исследования были использованы 4 показателя анализа крови и 12 показателей нейросонографии.

На *первом этапе* необходимо определить, какие показатели наиболее точно отражают диагноз и состояние здоровья новорожденного. Исследование проведем при помощи кластерного анализа [2]. Кластерный анализ осуществлялся для трех выборок по показателям: а) крови (кариометрии); б) нейросонографии; в) крови и нейросонографии в совокупности, рис. 1.

Выборка была разбита на 3 группы, что позволило составить диагностическую таблицу диагнозов для каждой полученной группы.

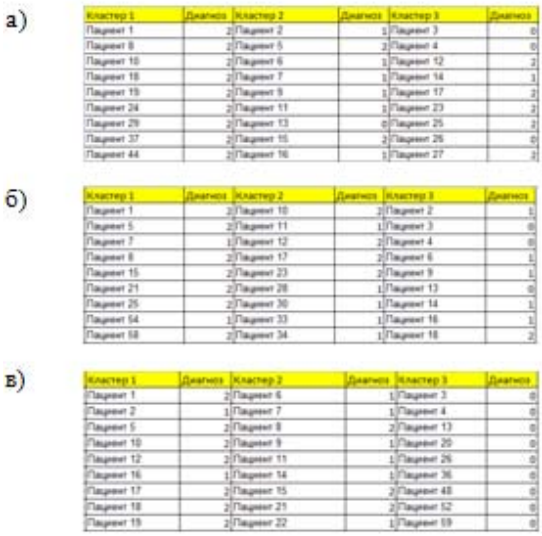


Рис. 1. Результат кластерного анализа показателей анализов: а) крови; б) нейросонографии; в) крови и нейросонографии.

По оценке экспертов было выявлено, что наилучшим образом выборка была разбита в третьем случае в соответствии с диагнозами детей, следовательно, наилучший результат достигается в случае объединения показателей клеток крови и показателей нейросонографии. Отметим, что отдельно показатели нейрососнографии, на которые опираются в постановке диагнозов врачи, не дают желаемого результата. Только совокупность показателей дает возможность оценить всю картину состояния ребенка.

На *втором этапе* была построена нейронная сеть, результатом которой является отнесение объекта к одному из классов вышеперечисленных заболеваний. В качестве входных параметров данной нейронной сети использованы наиболее информативные показатели, выявленные на предыдущем шаге исследования. Результатом исследования является отнесение объекта к одному из классов заболеваний.

Так как целью работы является выработка наиболее точного метода оценки состояния здоровья ребенка, то важную роль играет достаточность и достоверность выборки.

В ходе проведения статистической обработки выборки, было установлено, что в каждой группе данной выборки должно быть не менее 75 детей. При этом точность полученного результата будет составлять 90 %. Исходя из того, что в одной из групп (группа здоровых детей) с наименьшим количеством человек – 90 человек, достоверность результатов исследования будет равна 91 % .

Задача заключалась в обучении нейронной сети с 16 входами, которые представляют собой показатели лабораторных исследований, и 1 выходом, который определяет диагноз.

Работа с нейронной сетью была осуществлена в пакете NNT MatLab.

Работа с нейронной сетью начинается с подготовки данных.

Пакет NNT MatLab не требует нормализации данных для работы с нейронной сетью, однако в связи с большой вариабельностью признаков мы нормализовали данные в соответствии с диагнозом. При нормализации показателей был использован принятый в биокибернетике способ выделения градаций на уровне $\pm 1;\ 2;\ 3\sigma$, характеризующих степень отклонения показателя от нормы [3].

В соответствии с этими положениями выделено 3 условных состояния пациентов [4]:

0 – удовлетворительное состояние;

0,5 – состояние средней тяжести;

1 – тяжелое состояние.

В качестве входных данных для нейронной сети использованы нормализованные данные показателей крови и нейросонографии, которые представлены в виде матрицы размерностью 16×330, где количество строк равно количеству входов нейронной сети, количество столбцов равно количеству объектов для обучения нейросети.

Для обработки в пакете NNT MatLab таблица диагнозов пациентов представлена в виде матрицы размерностью 1×330, где количество строк равно количеству выходов нейронной сети.

Выборку была разбита на 2 группы: обучающая (165 детей) и тестируемая (165 детей).

В качестве итогового принятия решения использовалась модель трехслойной сети и алгоритм обратного распространения в качестве обучающего [5].

Выбор правильного количества нейронов в скрытых слоях является очень важным. Слишком малое количество нейронов может привести к тому, что сеть не сможет обучиться. Слишком большое повлечет за собой увеличение времени обучения сети до нереального значения.

Количество нейронов в скрытом слое определялось по формуле:

$$N = \frac{1}{2}\left(N_{вх} + N_{вых}\right) + \sqrt{Q}\ , \qquad (*)$$

где $N_{вх}$; $N_{вых}$ – размерность входного/выходного сигнала; Q – число элементов множества обучающей выборки.

Число нейронов входного слоя определяется числом входных факторов задачи, выходного слоя – числом выходных факторов.

В нашем случае $N_{вх}$=16; $N_{вых}$=3; Q=165. Таким образом, подставив данные в (*), получим N=22.

В качестве активационной функции использована сигмоидальная активационная функция:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}\ ,$$

где α – параметр наклона функции.

Ошибка целевой функции ошибки нейронной сети рассчитывается по формуле:

$$E(w) = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{p}(y_i - d_i)^2\ ,$$

где y_j – значение j-го выхода нейросети; d_j – целевое значение j-го выхода; p – количество обработанных сетью примеров [5].

В результате обучения ошибка работы нейронной сети составляет 0,142, т. е. 14,2 %. Следовательно, точность полученного результата составляет 85,8 %. Это говорит о том, что сеть обучена достаточно хорошо и может быть использована в качестве дополнительного подхода в медицинских исследованиях.

Использование нейронной сети значительно сократит время на обработку лабораторных показателей, при этом достоверность полученных результатов не снижается, т. к. точность постановки правильного диагноза экспертом также составляет 87 %. Данная система позволит, оценив опыт квалифицированных специалистов-экспертов, выдать рекомендации для проведения дополнительного обследования, а также на основе полученных данных даст возможность оперативно оценить состояние здоровья ребенка и скорректировать программу лечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Медицинская энциклопедия. 2010. URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/14191/Кибернетика (дата обращения: 12.12.2011).

2. Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988, 176 с.

3. Гергет О.М., Кривоногова Т.С. Математические методы оценки влияния комплекса реабилитационных мероприятий в охране здоровья матерей и их детей // Вопросы современной педиатрии. – 2009. – № 5. – С. 15–21.

4. Введение в теорию нейронных сетей. 2011. URL:

5. http://apsheronsk.bozo.ru/Neural/Lec1.htm (дата обращения: 12.12.2011).

6. Портал искусственного интеллекта. 2011. URL: http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/advantages.html (дата обращения: 12.12.2011).

МЕДИЦИНСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА (УАС)

Горбань И. А., Трачева К. В.
Научный руководитель: Белик Д. В., д.т.н., заф. каф. ССОД
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
E-mail: pycckue@ngs.ru

Для начала стоит дать определение сна. Сон - это естественный физиологический процесс пребывания в состоянии с минимальным уровнем мозговой деятельности и пониженной реакцией на окружающий мир, присущий млекопитающим, птицам, рыбам и некоторым другим животным, в том числе насекомым. Помимо этого, словом «сон» называют последовательность образов (формируемых в фазу т. е. «быстрого сна»), которые человек может помнить.

Физиологически обычный сон отличается от других, похожих на него состояний — анабиоза (т. е. «спячки» у животных), гипнотического сна, комы, обморока, летаргического сна. Если говорить о физиологии сна, стоит отметить, что во сне повышается уровень анаболических процессов и снижается катаболизм. [1]

К сожалению, встречаются заболевания, связанные со сном. И в первую очередь стоит затронуть такое понятие, как храп. Как звук, он представляет собой социальную проблему, как для окружающих, так и для человека.

Что же такое храп? Храп – это звук, обусловленный вибрацией суженных стенок глотки. Расслабленные небные и языковые мышцы и образуют этот звук. В расслабленном состоянии они препятствуют нормальному незатрудненному дыханию. С годами данные мышцы слабеют, в результате чего их функция поддержания в рабочем состоянии органов дыхания утрачивается.

Причин храпа очень много, так, например, многие люди страдают от храпа из-за врожденно суженной глотки. Проблему так же вызывают искривленная перегородка носа, узкие носовые проходы. Храпят часто те, кто принимали незадолго до сна алкоголь, так как спиртные напитки расслабляют организм. Аналогичная ситуация наблюдаются у уставших людей – организм устал и у него нет сил поддерживать мышцы в тонусе. Один из главных источников храпа – ожирение. Избыток жира давит на органы дыхания, чем затрудняет процесс.

Однако данное явление может быть предвестником и одним из главных симптомов серьезного заболевания – болезни остановок дыхания во сне или, говоря научным языком, синдрома обструктивного апноэ сна (СОАС).

В чем же отличие синдрома апноэ сна от храпа? Храп, обычно, сопровождается синдромом обструктивного апноэ, но, ночное апноэ – более тяжелое проявление нарушений дыхания во время сна. Во время храпа, просвет дыхательных путей, несмотря на их сужение, остается частично открытым, тогда как при сонном апноэ, происходит полное их блокирование.

Диагностировать синдром обструктивного апноэ может любой человек, не имея особых знаний. Для этого достаточно просто прислушаться к дыханию спящего человека. Обычно это происходит следующим образом: человек храпит, храпит и, вдруг, раздается пугающая тишина, возникает пауза, которая обрывается резким всхлипыванием, и храп, с еще большей силой, возобновляется. Свидетелями заболевания становятся близкие, соседи, которые могут наблюдать, как резко обрывается храп и возникает остановка дыхания, после чего спящий громко всхрапывает и вновь начинает дышать.

Распространенность СОАС у детей составляет от 0,7 до 3% с равным соотношением мальчиков и девочек.

В случае подтверждения диагноза СОАС лечение должно быть активным, так как доказано негативное влияние хронической ночной гипоксемии на здоровье ребенка. Методом выбора является хирургическое лечение: адено-тонзилэктомия. По различным данным, эффективность этого вмешательства составляет 75-100%. При наличии дополнительных показаний возможно проведение увулоэктомии (отсечения язычка). Детям, у которых нет очевидной необходимости проведения этих операций (нет гипертрофии миндалин степени), проводится рентгеновская цефалометрия с целью поиска аномалий лицевого скелета, которые могли бы вызывать сужение дыхательных путей (микрогнатия, мандибулярная гипоплазия и т.д.). Устранение этих нарушений возможно при проведении более сложных операций. Повторная оценка дыхания во сне проводится через 6-8 недель после оперативного вмешательства.

В случае неэффективности или отсутствия показаний к проведению хирургических вмешательств единственным эффективным методом лечения СОАС, одобренным Американской академией педиатрии, остается применение приборов респираторной поддержки -СиПАП-терапии (транслитерация англоязычной аббревиатуры Continuous Positive Airway Pressure).

Других эффективных методов лечения обструктивных апноэ во сне у детей не существует, в отличие от взрослых - больных СОАС, у которых возможно применение

некоторых лекарственных препаратов и ротовых приспособлений.

Ограниченную эффективность с точки зрения коррекции СОАС имеют снижение избыточного

веса (при его наличии), устранение аллергенов и табачного дыма.[2]

Из существующих систем коррекции храпа стоит отметить электроимпульсные «будильники». Устройство оснащено микрофоном, который определяет звуки храпа, и, если таковые обнаружены, оно отправляет электронный импульс, который раздражает кожный покров и нервные окончания на руке человека, тем самым будит храпящего и заставляет его изменить свою позу. [3]

В данной статье представлены материалы по разработке системы, способствующей прекращению храпа и профилактике СОАС.

Медицинская система для устранения храпа и предупреждения обструктивного апноэ сна представляет собой прибор медицинского назначения, предназначенный для борьбы с храпом во время сна человека, а также датчик, снимающий частоту дыхания человека для предупреждения апноэ и, как следствие, смерти во сне.

Основной идеей системы УАС является реакция спящего человека на раздражитель – звуковой сигнал определенной частоты, подаваемый при фиксации системой определенного звукового сигнала – храпа. Сигнал при этом не прерывает сон пациента. Интенсивность звукового сигнала и частота подбираются индивидуально в процессе эксплуатации системы.

Стоит упомянуть некоторые аспекты работы системы УАС. Система работает от блока питания(9). Через микрофон(1) устройство улавливает звуки храпа, полученный сигнал усиливается(2) и очищается от посторонних шумов фильтром(3) и определяется спектральная характеристика типа храпа. Устройством распознавания(4) система определяет, является ли сигнал храпом или нет. Подбор длительности(5) звукового сигнала обеспечивает индивидуальную регулировку подаваемого звукового раздражителя. Для звукового раздражителя подбираются частоты, при которых происходит прекращение храпа, но пациент не просыпается. Как следствие – прекращение храпа и продолжение сна. Пройдя усиление(6), сигнал подается на излучатель(7) и направляется непосредственно на ухо пациента. Сигнальный блок (8) работает как датчик снятия дыхательного усилия. В случае если человек подвержен заболеванию апноэ и произойдет продолжительная блокировка дыхания, система активирует сирену для экстренного пробуждения спящего

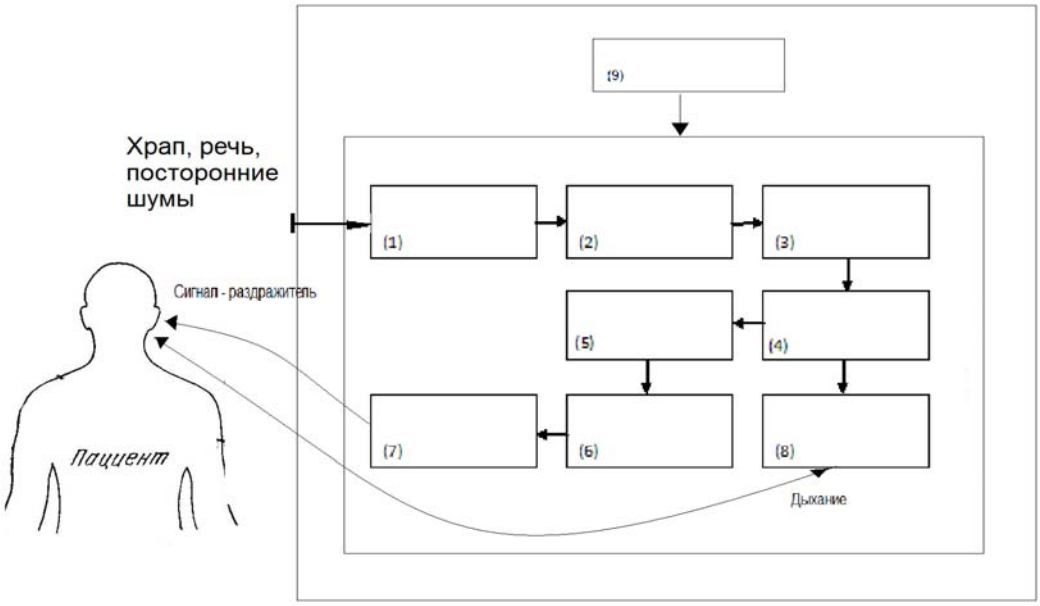


Рис.1. Функциональная схема разрабатываемой системы

(1 – микрофон; 2 – блок усиления; 3 – блок фильтрации; 4 – устройство распознавания; 5 – подбор длительности; 6 – усилитель; 7 – излучатель; 8 – сигнальный блок; 9 – блок питания)

Список литературы:

1. Большая советская энциклопедия/ Под ред. Прохорова А.М. - Москва: Издательство "Советская энциклопедия", 1971.

2. Храп и апноэ во сне и практике педиатра. URL: http://medi.ru/doc/j01061218.htm (дата обращения 25.01.2012)

3. Электроимпульсные "будильники". URL: http://www.hrap.ru/treatment/naruchnik/ (дата обращения 15.12.2011).

ОПТИЧЕСКИЙ КОАГУЛОМЕТР

Жогло Е.В., Рафальский А.С., Двуреченская М.Г.
Научный руководитель: Аристов А.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: margaritkaxxl@mail.ru

Система гемостаза является одной из важнейших систем, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность организма человека. Она обеспечивает сохранение жидкого состояния крови, предупреждение и остановку кровотечений, а также целостность кровеносных сосудов. Изучение процесса свертывания крови имеет важное научное и практическое значение, поскольку любые нарушения этого процесса являются следствием различных заболеваний и патологических состояний. Однако в связи с тем, что свертывание крови - многоступенчатый, поликомпонентный процесс, в котором принимают участие большое количество факторов, получение полной информации о нем представляет большую сложность.

Эффективное лечение критических состояний невозможно без диагностики и коррекции существенных патологических сдвигов во всех компонентах системы гемостаза. Оперативная диагностика нарушений и контроль над проводимой терапией должны быть максимально доступными и надежными. Следовательно, выбираемые методы должны давать информацию как о процессе свертываемости в целом, так и об активности отдельных звеньев системы гемостаза.

Решая задачи повышения информативности используемых методов, для исследования системы гемостаза на кафедре Промышленной и медицинской электроники НИ ТПУ был предложен и апробирован метод фотометрирования капельных образцов биожидкостей (рис.1) [1], а также техническое устройство, реализующее его. Для реализации данного метода используется система, состоящая из источника излучения расположенного под каплей и приёмника излучения, который располагается над каплей соосно источнику.

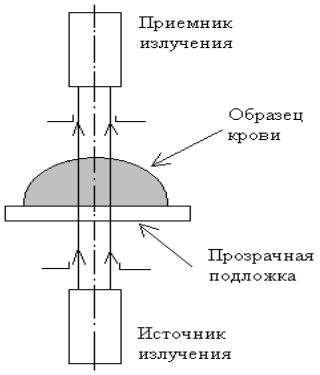


Рис.1 Схема реализации метода фотометрирования капельной пробы.

Полное описание экспериментальной установки содержится в патенте РФ на ПМ [2].

Данная схема исследования предполагает наличие зависимости величины тока фотометрического канала от оптических свойств просвечиваемой среды, а они в свою очередь, определяются физическими и физико-химическими процессами, протекающими в пробе.

К упомянутым процессам относится и процесс коагуляции, т.е. образования фибриновых нитей, в результате чего появляется сгусток нерастворимого стабильного фибрина и наблюдается общее помутнение исследуемой среды. Вследствие этого изменяется значение светопропускания и соответственно значение напряжения фотоэлектронного преобразователя (ФЭП). Величина данного изменения определяется концентрацией соответствующих плазменных факторов свертываемости, а также наличием в крови ингибиторов этих факторов и антикоагулянтов (гепарин, гирудин и др.).

Результаты проведенных ранее исследований доказали эффективность данного метода при определении таких показателей процесса свертываемости как активированное парциальное тромбопластиновое время (АПТВ), протромбиновое время (ПВ) и тромбиновое время (ТВ)[3].

Основываясь на анализе формы кривых, полученных экспериментально, был сделан вывод о возможности более полной оценки механизма свертываемости. Однако для этого необходимо иметь представление о протекающих в капле физических процессах и их связи с формой кривых

Повышению информативности метода способствует тот факт, что капля обладает свойством фокусировать проходящее через нее излучение, поскольку представляет собой линзу. Это было подтверждено результатом эксперимента, в котором проводилось определение величины светопропускания через капельные образцы постоянного объема после окончания процесса коагуляции при различных положениях фотоприемника над каплей. Было установлено, что наибольшая амплитуда оптического сигнала регистрируется лишь при определенном расстоянии между каплей и фотоприемником – в точке фокуса.

Это положение было подтверждено результатами эксперимента по определению влияния расстояния от фотоприемника до капли на форму кривой, описывающей изменение оптических свойств капли в процессе коагуляции. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2:

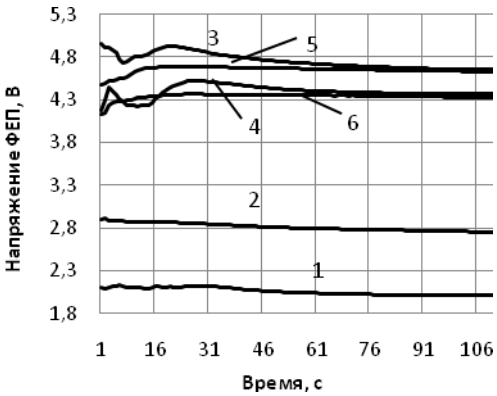


Рис.2. Зависимость формы кривой от расстояния S от капли до фотоприемника: 1-S=17мм, 2-S=18мм, 3-S=19мм, 4-S=20мм, 5-S=21мм, 6-S=22мм.

В ходе эксперимента расстояние от фотоприемника до капельного образца менялось диапазоне от 17 мм до 22 мм. Как видно из рисунка 2, дальнейшее увеличение расстояния не имеет смысла, так как кривые ведут себя все более монотонно и уже не несут полезной для исследований информации. Оптимальным оказалось расстояние равное 19 мм (кривая 3). В этом случае изменение оптических характеристик наиболее выражено, что позволяет делать выводы о происходящих в капле физических процессах, вызывающих эти изменения.

В целях объяснения формы типичной оптической кривой, характеризующей процесс коагуляции, были проведены следующие исследования. В первом случае проводилось фотометрирование только центральной части капли, края капли при этом были закрыты непрозрачным материалом (рис.3а). Во втором случае центр капли был закрыт, и просвечивание проводилось только краев капли (рис.3.б).

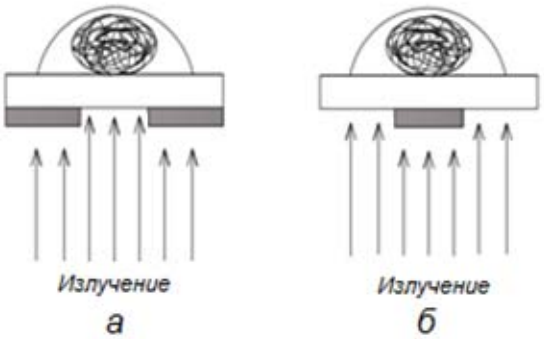


Рис.3. Схемы фотометрирования капельных образцов: центральной части (а) и краев капли (б).

В случае *а* наблюдалось постепенное уменьшение амплитуды регистрируемого оптического сигнала до определенного значения, после чего величина сигнала практически не менялась (рис.4, кривая *а*.). Во втором случае (*б*) наоборот наблюдается рост амплитуды сигнала (рис.4, кривая *б*).

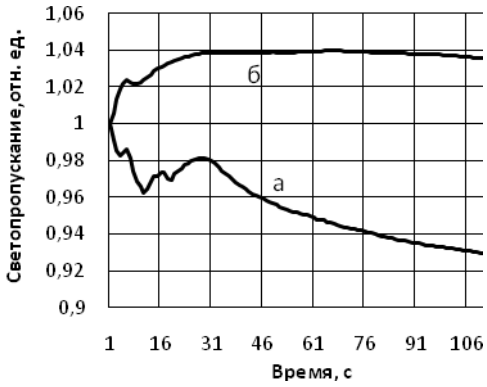


Рис.4.Динамики изменения оптических кривых при коагуляции в случае просвечивания центра капли (а) и ее краев (б).

Таким образом, можно сделать вывод, что форма типичного оптического сигнала, характеризующего процесс коагуляции, определяется следующими физическими явлениями, протекающими в капле.

Сразу же после смешивания реагентов начинается процесс образования фибриновых нитей, причем нити образуются по всему объему капли. Происходит общее помутнение среды, в результате чего амплитуда оптического сигнала со временем уменьшается. Однако после окончания процесса появления нитей фибрина, они начинают образовывать сгусток, который локализуется в основном в центре капли. При этом края капли становятся свободными от нитей, вследствие чего просветляются, и начинают фокусировать излучение. В результате чего наблюдается рост амплитуды сигнала. Это и подтверждается результатами эксперимента, приведенными на рисунке 4.

Таким образом, экспериментальные исследования показали возможность использования метода фотометрирования капельных образцов для получения информации о динамике процесса коагуляции.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (г/к П817 от 24.05.2010).

Литература:

1. Аристов А.А. Биотехническая система экспресс-оценки процесса оседания эритроцитов в микрообъемах.// Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Томск: Изд. ТПУ, 2006

2. Патент на ПМ № 47526. Устройство для оценки физических свойств биологических жидкостей/ А. А. Аристов (Россия). – опубл. 27.08.05. Бюл. № 24.

3. Жогло Е.В., Аристов А.А., Рафальский А.С. Использование метода фотометрирования капельных проб для оценки параметров системы свертывания крови. Труды XVII международной НПК студентов, аспирантов, молодых ученых «Современные техника и технологии», Томск: Изд-во ТПУ, 2011.– Т. 2.– с. 21-23.

НОВЫЕ АППАРАТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ

Еремин В.В.
Научный руководитель: Ким В.Л.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: EreminVladimirV@gmail.com

При разработке медицинских систем измерения и обработки медицинско-биологической информации разработчикам необходимо решать сложные задачи в виде измерения сигналов очень малой амплитуды при наличии существенной постоянной составляющей и шумов [1].

В электрокардиографии (ЭКГ) и электроэнцефалографии (ЭЭГ) используются многоканальные системы, осуществляющие снятие потенциалов с поверхности тела человека. Эти сигналы в случае кардиографии находятся в диапазоне напряжений 0,5-5 мВ в сочетании с постоянной составляющей величиной до ±300мВ [2], которая возникает при контакте электрода с кожей, плюс синфазная составляющая величиной до 1,5 В между электродами и общим проводом. Полоса частот, подлежащая обработке и анализу, составляет от 0,05 до 100 Гц, иногда до 1 кГц.

Типовая схема предполагает использование на входе инструментального операционного усилителя (ОУ), ряда фильтров и аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Обработку данных выполняет микроконтроллер или цифровой сигнальный процессор (ЦСП). Дополнительно используют схему компенсации синфазного сигнала. Реализация всех этих модулей на отдельных микросхемах занимает достаточно много пространства на печатной плате, усложняет ее разводку и увеличивает энергопотребление. Решением данной проблемы является интеграция всех аналоговых микросхем в одну. Такие решения только начали появляться на рынке, и единственной доступной для заказа является микросхема аналоговой входной части ADS1298 от компании Texas Instruments.

Ключевые особенности (см. рис. 1.) [3]:

- 8 малошумящих усилителей с программируемым коэффициентом;
- 8 параллельно работающих АЦП высокого разрешения;
- Встроенный усилитель для обратной связи на правую ногу;
- Встроенные усилители для точки Вильсона (WCT) и Голдберга (GCT);
- Возможность цифрового определения пульса;
- Непрерывное определение наличия контакта электродов с телом пациента;
- Интегрированный источник опорных напряжений и осциллятор

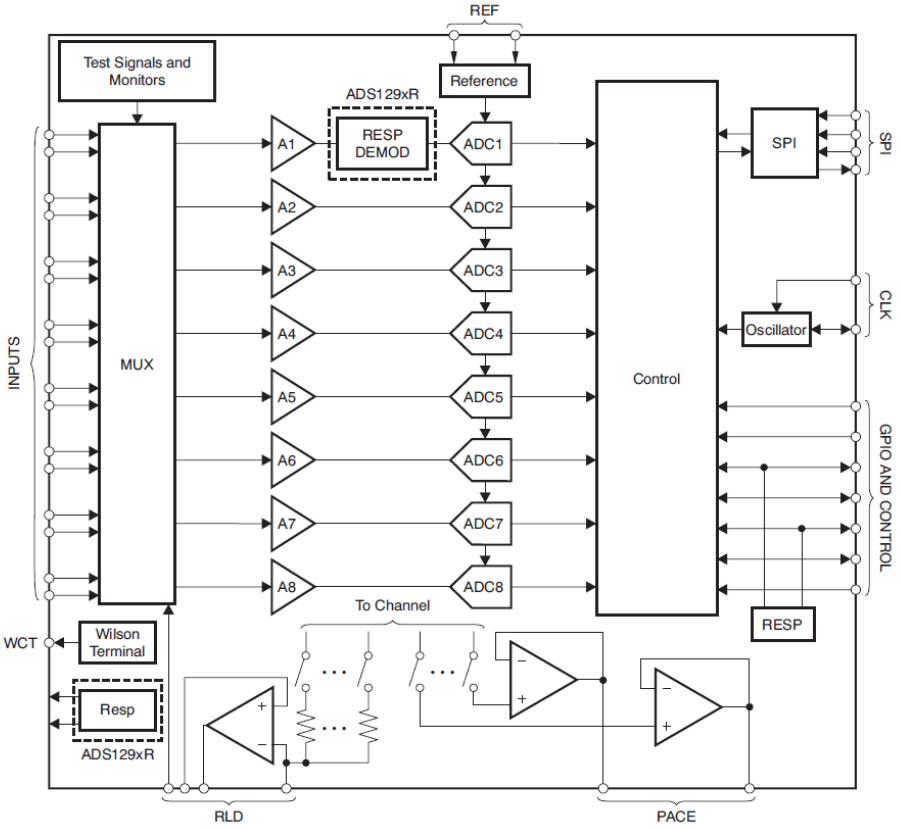


Рис. 1. Функциональная схема АЦП ADS1298

Восьмиканальный 24-разрядный ADS1298 является первым в линейке полностью интегрированных микросхем аналоговой входной части для мониторинга пациентов, мобильных и высокоточных электрокардио- и электроэнцефалограмм. Предлагаемые разновидности четырех и шестиканальных вариантов и 16-битных версий позволяют достигнуть требуемого разрешения и комбинации каналов при проектировании малошумящего медицинского оборудования, такого как мониторы пациента, электрокардиографы для снятия ЭКГ в покое и под нагрузкой, мониторы для наблюдения за состоянием плода, внешние автоматизированные дефибрилляторы и спортивные мониторы.

Благодаря высокой скорости преобразования (32 kSPS) и невысоким шумам (порядка 4 мкВ) эта аналоговая входная часть может быть использована для получения ЭКГ высокого разрешения[4].

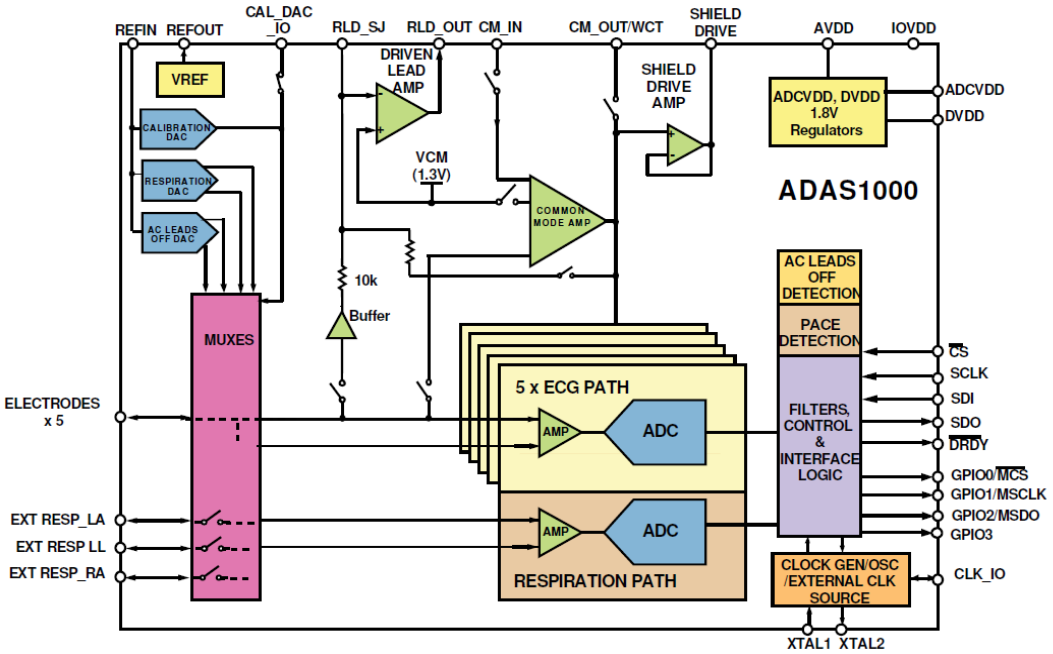


Рис. 2. Функциональная схема АЦП ADAS1000

Компания Analog Devices также анонсировала микросхему аналоговой входной части для применения в ЭКГ и ЭЭГ. По функциональным возможностям она аналогична вышерассмотренной, но имеет 5-канальный АЦП и схему формирования защитного напряжения на экраны.

Ключевые особенности (см. рис. 2.):

- 5 предусилителей;
- 5 параллельно работающих АЦП;
- 21 мВт потребляемой мощности [5], что в 3 раза больше, чем у ADS1298.

Данные решения открывают широкие перспективы по миниатюризации ЭКГ и ЭЭГ устройств, что особенно актуально при мониторировании по Холтеру в электрокардиографии и при создании портативных электроэнцефалографов.

Список литературы:

1. Diagnostic, Patient Monitoring and Therapy Applications Guide (Rev. A) [Электронный ресурс] – URL: http://www.ti.com/litv/pdf/slyb147a (дата обращения 17.02.2012).
2. Компани-Бош Энрик, Хартман Эккарт Электрокардиограф на базе микроконвертора//Компоненты и технологии. 2004. №6. [Электронный ресурс] – URL: http://kit-e.ru/articles/elcomp/2004_06_104.php (дата обращения 16.02.2012).
3. Low-Power, 8-Channel, 24-Bit Analog Front-End for Biopotential Measurements (Rev. I) [Электронный ресурс] – URL: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1298.pdf (дата обращения 17.02.2012).
4. С.А. Бойцов, С.Л. Гришаев, О.Л. Тищенко, В.Н. Солнцев, А.Н. Пинегин Новый метод описания результатов спектрально-временного картирования ЭКГ ВР и оценка его диагностической эффективности//Вест. Аритмологии. – 1999. -№14. – с.25.
5. ADAS1000 Data Sheet Rev PrE [Электронный ресурс] – URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADAS1000.pdf (дата обращения 17.02.2012).

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ МИС «МЕДИАЛОГ» ТОКБ И ОСНОВНЫМИ СУБЪЕКТАМИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ (ФОМС, СМК)

В.В.Ермишов
Научный руководитель: Песков В.В.
ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет Минздравсоцразвития России,634050, Россия, г. Томск, ул. Московский тракт 2.
E-mail: proff9vad@sibmail.com

Введение. Информатизация деятельности учреждений здравоохранения уже давно стала не просто данью современных веяний, а насущной необходимостью. В первую очередь это связано с развитием на территории Томской области и других регионов России системы обязательного медицинского страхования (ОМС) и реализацией программы государственных гарантий обеспечения граждан РФ бесплатной медицинской помощью. Обработка все время увеличивающихся массивов финансовой, медицинской и статистической информации стала возможна только с использованием современных информационных и компьютерных технологий. Возрос не только объем информации – повысились требования к скорости ее обработки.

Все финансовые и большинство медико-статистических информационных потоков лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ) требуют информатизации. С каждым годом вышестоящие организации, такие как региональное управление здравоохранения, фонд ОМС, региональное управление государственной статистики, региональный центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, региональное управление налоговой инспекции, отделение пенсионного фонда и другие повышают требования к передаче так называемых “электронных отчетов” (т.е. отчетов в электронном виде). Неуклонно растет роль электронного обмена данными между субъектами здравоохранения с применением электронной почты и Интернет[1].

В настоящее время каждое лечебно-профилактическое учреждение в той или иной мере охвачено информатизацией. В основной массе это локальные не взаимосвязанные между собой системы автоматизации различных направлений деятельности ЛПУ. Наиболее полно информатизацией охвачено направление взаиморасчетов ЛПУ со страховщиками по оплате медицинских услуг, оказанных в рамках территориальной программы ОМС. Практически информатизация регионального здравоохранения охватывает лишь финансово-экономические службы ЛПУ: бухгалтерия, планово-экономический отдел, взаиморасчеты за медицинские услуги (страховая медицина). Для повышения качества и доступности медицинской помощи в ЛПУ необходимо проведение комплексной автоматизации всех видов деятельности в учреждении. Автоматизированные информационные системы, применяемые в медицине позволяют обеспечить контроль качества лечения и оптимизирует деятельность лечебного учреждения. Медицинская информационная система позволяет вести полный учет оказанных пациенту медицинских услуг, автоматически формирует необходимую медицинскую документацию (первичный осмотр, дневники, протоколы дополнительных исследований, выписки, стандартные бланки для медицинского учреждения), составляет подробные отчеты о работе больницы и персонала по установленным статистическим и произвольным формам[2]. На данный момент в Томской области активно идет информатизация ЛПУ. Но в основном она направлена на обмен данными между внутренними бизнес процессами ЛПУ. Стоит острая проблема обмена информацией с внешними структурами, например с Фондом обязательного медицинского страхования (ФОМС) и страховыми медицинскими компаниями (СКМ). Требуется разработать модель автоматизированного обмена между ЛПУ и внешними региональными субъектами информационного обмена здравоохранения.

Цель работы: Разработать модель автоматизированного информационного обмена данными между медицинской информационной системой (МИС) «Медиалог», работающей в томской областной клинической больнице (ТОКБ) и региональными субъектами информационного обмена здравоохранения – ФОМС, и страховыми медицинские компаниями «Медика-Томск» и «МАКС-М».

Задачи работы:

1. Анализ государственных нормативных актов по составлению и передачи отчетов и реестров между ЛПУ и ФОМС и СМК.
2. Анализ структуры данных МИС «Медиалог».
3. Анализ данных, используемых в регламентируемой отчётности, подаваемой подразделениями ТОКБ в региональные субъекты информационного обмена здравоохранения.
4. Сопоставление структур данных баз данных МИС «Медиалог», баз данных ФОМС и СМК, открытых региональных справочников и классификаторов.
5. Разработка структуры данных для информационного обмена, разработка методики обмена данными.

6. Тестирование процедур обмена данными на тестовой модели ТОКБ, внедрение в опытную эксплуатацию.

Материалы государственных нормативных актов: Федеральный закон Российской Федерации от 29 ноября 2010 г. №326 "Об обязательном медицинском страховании в Российской Федерации"; Приказ ФОМС №230 от 01.12.2010 "Об утверждении Порядка организации и проведения контроля объемов, сроков, качества и условий предоставления медицинской помощи по обязательному медицинскому страхованию "; Приказ Минздравсоцразвития РФ от 24.12.2010 N 1184н "Об утверждении формы типового договора на оказание и оплату медицинской помощи по обязательному медицинскому страхованию". Была изучена медицинская информационная система «Медиалог» компании Пост Модерн Текнолоджи, формат и структура базы данных, импорт и экспорт данных в МИС «Медиалог». Для работы с базами данных была использована программа «Microsoft SQL Server 2008».

Результат работы: Проведён анализ всех структур данных информационных систем, которые участвуют в обмене данных: изучены государственные нормативные акты: Федеральный закон Российской Федерации от 29 ноября 2010г. №326 "Об обязательном медицинском страховании в Российской Федерации"; Приказ ФОМС №230 от 01.12.2010 "Об утверждении Порядка организации и проведения контроля объемов, сроков, качества и условий предоставления медицинской помощи по обязательному медицинскому страхованию "; Приказ Минздравсоцразвития РФ от 24.12.2010 N 1184н "Об утверждении формы типового договора на оказание и оплату медицинской помощи по обязательному медицинскому страхованию". При изучении документов были получены нормы при составлении отчетов и реестров для передачи в ФОИС И СМК. Для передачи используется следующая информация:

1) номер полиса обязательного медицинского страхования застрахованного лица;
2) медицинская организация, оказавшая соответствующие услуги;
3) виды оказанной медицинской помощи;
4) условия оказания медицинской помощи;
5) сроки оказания медицинской помощи;
6) объемы оказанной медицинской помощи;
7) стоимость оказанной медицинской помощи;
8) диагноз;
9) профиль оказания медицинской помощи;
10) медицинские услуги, оказанные застрахованному лицу, и примененные лекарственные препараты;
11) примененные медико-экономических стандарты;
12) специальность медицинского работника, оказавшего медицинскую помощь;
13) результат обращения за медицинской помощью[3].

Единый регистр застрахованных лиц ФОМС фиксирует следующую информацию:

1) фамилия, имя, отчество;
2) пол;
3) дата рождения;
4) место рождения;
5) гражданство;
6) данные документа, удостоверяющего личность;
7) место жительства;
8) место регистрации;
9) дата регистрации;
10) страховой номер индивидуального лицевого счета (СНИЛС);
11) номер полиса обязательного медицинского страхования застрахованного лица;
12) данные о страховой медицинской организации, выбранной застрахованным лицом;
13) дата регистрации в качестве застрахованного лица;
14) статус застрахованного лица (работающий, неработающий)[3].

Изучена структура базы данных ТОКБ. Произведен анализ медицинской информационной системы «Медиалог» компании Пост Модерн Текнолоджи. Проанализирован обмен информационными потоками между региональными ФОМС, СМК и ТОКБ на данный момент. Составлены бизнес-процессы участников при обмене информации. Сопоставлены структуры данных баз данных МИС «Медиалог», баз данных ФОМС и СМК, открытых региональных справочников и классификаторов. Разработана структура данных для двухстороннего обмена данными между информационными объектами ТОКБ и региональными субъектами информационного обмена здравоохранения. Спроектированы методики обмена данными, проведена опытная эксплуатация обмена данными на действующей информационной базе ТОКБ. Таким образом, в результате работы положено начало автоматизации системы обмена данными между МИС «Медиалог», используемой в ТОКБ, и основными региональными субъектами информационного обмена здравоохранения – ФОМС и страховыми медицинские компаниями «Медика-Томск» и «МАКС-М».

БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА ВЫЗОВА МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА

Ефтеев Г.А., Пайгин Д.В.
Научный руководитель: Воробьёва Г.С., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
ЗАО «НПО «НИКОР», 634024, Россия, г. Томск, ЛПК-2пос., 111.
E-mail: eftey@sibmail.com

На данном этапе в Российском здравоохранении наблюдается значительный подъём – проводятся работы по переоснащению медицинских учреждений, перевод их на более новую и современную аппаратуру. Значительное внимание уделяется частичной и полной автоматизации. В связи с этим внедряются системы вызова медицинского персонала (палатные сигнализации), которые не только гарантируют безопасность пациента в случае ухудшения его состояния, но и способны повысить эффективность оказания медицинских услуг.

Палатная сигнализация в самом упрощённом виде представляет собой набор кнопок вызова, размещающихся у пациентов в палатах, и пульта дежурной медсестры, на который поступает сигнал в случае нажатия кнопки. На данный момент палатные сигнализации – это больше чем просто системы вызова, помимо основных функций её средствами решается множество дополнительных задач. Системы вызова персонала обеспечивают выполнение следующих распространённых функций: вызов персонала, индикация присутствие персонала в палате, голосовая связь с пациентом, дублирование вызова на личные средства связи персонала, надпалатная индикация, регистрация данных о вызове.

Увеличение числа адресуемых компонентов и усложнение системы делает затруднительным использование проводных способов передачи данных, так как каждое (даже самое простое) устройство объединено с общей сетью проводником. Это делает систему громоздкой, а также накладывает определённые требования по обеспечению электробезопасности. Монтажные работы при установке проводных систем порой оказываются затратнее, чем стоимость самой системы. Данные обстоятельства наводят на мысль о рациональности использования беспроводных технологий.

Любой стандарт, будь то интерфейс проводного обмена данными или беспроводная связь, создается для решения своего круга задач. Появившийся в 2003 году стандарт IEEE 802.15.4 был призван закрыть нишу беспроводных сенсорных сетей. Особенностями таких сетей являются низкое энергопотребление, самоорганизация, ретрансляция сигнала через промежуточные узлы, организация сложных топологий типа peer-to-peer (каждый с каждым), что позволяет сделать радиус действия сети почти неограниченным [1]. Эти особенности предоставляют возможность создания сложных систем мониторинга с большим числом беспроводных устройств. Поэтому данная технология как нельзя лучше подходит для реализации беспроводной палатной сигнализации.

Трансиверы, отвечающие стандарту IEEE 802.15.4 в совокупности с минимальным программным обеспечением, могут использоваться как самостоятельные устройства, если разработчику нужно организовать связь точка-точка или звезда. Для организации полноценной сенсорной сети необходим набор управляющих программ, так называемый стек протоколов. Данные стеки поставляются от производителей трансиверов, либо могут быть организованы самостоятельно исходя из конкретных задач.

Для реализации палатной сигнализации за основу мы берём стек протоколов ZigBee. Данный интерфейс является единственной стандартизированной беспроводной технологией, изначально нацеленной на приложения мониторинга и развертывание беспроводных информационных сетей для недорогих малопотребляющих систем.

На рисунке 1 приведена блок-схема разрабатываемой нами палатной сигнализации. Вся система надстраивается относительно базовой. Основными компонентами базовой системы являются пульт дежурной медсестры, надпалатный индикатор и набор радиокнопок (прикроватных пультов). Данный комплект реализует минимальный набор функций. При необходимости расширения функциональных возможностей к базовой системе подключаются дополнительные блоки.

Пульт медсестры строится на основе персонального компьютера (ПЭВМ). В его состав входят: системный блок, плата расширения ZigBee-интерфейса, средства ввода/вывода информации и программное обеспечение.

Прикроватный пульт представляет собой радиоблок с кнопкой вызова, индикатором и динамиком. Помимо вызова персонала с помощью него можно также осуществлять вызов пациента на процедуры, путём подачи свето-звуковых сигналов, либо воспроизведения соответствующих стандартных голосовых сообщений, хранящихся в памяти микроконтроллера. Блок выполняется в едином корпусе с возможностью монтажа в стандартные крепления для установки медицинской аппаратуры, либо путём накладывания или приклеивания к окружающим предметам вблизи кровати.

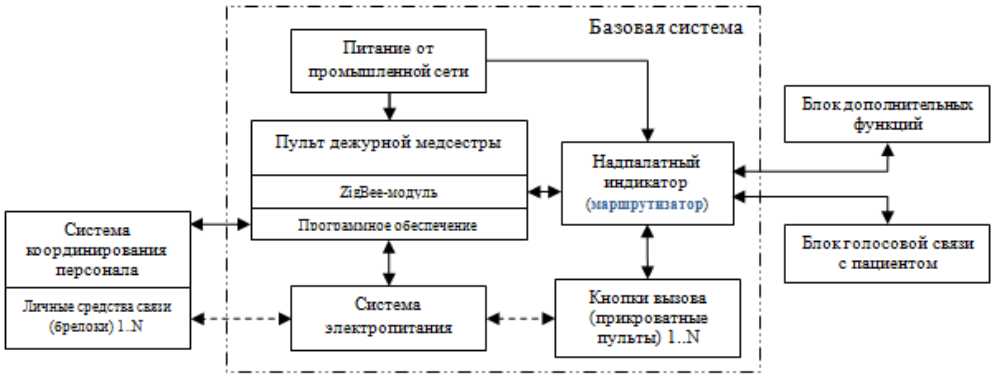


Рис. 1. Функциональная блок-схема беспроводной системы вызова медицинского персонала
———> прямая связь, – – –> косвенная связь

В данном варианте построения сети применяются маршрутизаторы, в роли которых выступают надпалатные индикаторы. Они необходимы для управления потоками.

Система координирования персонала состоит из дополнительного программного обеспечения и набора личных средств связи (пейджеры или радиомаячки), на которые будут перенаправляться вызовы. Посредством этих устройств можно определять местонахождение персонала и реализовать индикацию присутствия в палате. В данном случае все стационарные радиомодули являются опорными точками, относительно которых определяются координаты радиомаячков.

Система голосовой связи представляет собой дополнительный радиоблок, осуществляющий дуплексную или полудуплексную голосовую связь между пациентом и дежурной медсестрой.

Блок дополнительных функций предоставляет каналы радиовещания, управление громкостью радиоприёмника, светом, кондиционером и многое другое (взаимодействие с внутрибольничными системами).

Электропитание радиомодулей осуществляется от автономных источников, что упрощает обеспечение требований по электробезопасности. При реализации режима со спящими устройствами, стандартных «пальчиковых» батареек будет хватать на несколько лет. Система электропитания обеспечивает обнаружение разрядившихся источников и сообщает об этом на пульт. Основной пульт и надпалатные индикаторы питаются от промышленной сети.

При разработке медицинской аппаратуры необходимо учитывать ряд особенностей, связанных с конструкцией компонентов, устанавливаемых в палатах. К ним относятся регулярное воздействие моющих средств и озонация помещений [2], разработка понятного интерфейса, обеспечение вандалоустойчивости.

Все схемотехнические решения являются стандартными и поэтому не приводятся в данной статье. Основная работа направлена на формирование стека для обеспечения всех необходимых функций и решение конструктивных особенностей компонентов системы.

В ходе данной разработки организована сеть нижнего уровня, на основе которой в дальнейшем будет реализовываться стек верхнего уровня. Программа работает по алгоритму приведённому на рисунке 2

Рис. 2. Алгоритм программы, реализующей протокол сети нижнего уровня

Данная разработка позволит снизить затраты медучреждений на приобретении и установке реализуемой системы,получая максимум функций.

Литература

1. IEEE 802.15.4-2003: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
2. СанПиН 2.1.3.2630-10 “Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность”.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА С ЕМКОСТНОЙ СВЯЗЬЮ

Н.А. Жумантаева, С.А. Филюков
Научный руководитель: А.Н. Алейник, с.н.с., к.ф-м.н.
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.
E-mail: Nabat-ps@mail.ru

Электрокардиографы – приборы, регистрирующие изменение разности потенциалов между двумя точками в электрическом поле сердца (например, на поверхности тела) во время его возбуждения. Современные электрокардиографы отличаются высоким техническим совершенством и позволяют осуществить как одноканальную, так и многоканальную запись ЭКГ [1].

Стандартные датчики для снятия электрокардиограммы регистрируют электрический потенциал непосредственно на теле пациента. Точное измерение потенциала основывается на непосредственном контакте датчика с телом. Для этого между датчиком и местом контакта накладывается электропроводящий гель [2]. В то время как гель обеспечивает наличие хорошего электрического контакта, это приводит к определенным недостаткам. Гель может просочиться по телу и создать короткое замыкание между датчиками. Кроме того, в этом случае нельзя проводить длительные измерения, так как гель может высыхать. Еще один серьезный недостаток – это невозможность проводить динамические измерения, то есть при наличии физической нагрузки у пациента. Чтобы устранить эти ограничения были предприняты множественные попытки исключить контакт датчика с кожей. Одним их этих вариантов была попытка применить сверхпроводящие магнитные системы SQUID. Такие системы обладают высокой чувствительностью и могут применяться для измерения потенциала на расстоянии нескольких сантиметров от тела. Однако эти системы работают при криогенных температурах, очень дороги и требуют значительных усилий, чтобы обеспечить хорошее экранирование.

Бесконтактный датчик исключает наличие хорошего электрического контакта с кожей и работает за счет емкостной связи, что позволяет проводить измерения электрокардиограммы через одежду [3]. С точки зрения детектирования электрической активности тела идеальный датчик должен обладать следующими качествами:

- не потреблять ток из организма, чтобы быть безопасным;
- иметь очень большое входное сопротивление;
- иметь очень маленький уровень шумов;
- быть относительно недорогим;
- обладать биосовместимостью.

Поэтому такой датчик должен располагаться на расстоянии от тела или иметь физический контакт с ним через изоляционный бионейтральный материал. В этом случае проявляются его несомненные преимущества, например, при наличии обширных ожогов, когда необходимо контролировать электрические сигналы с тела.

Блок-схема прибора показана на рис.1.

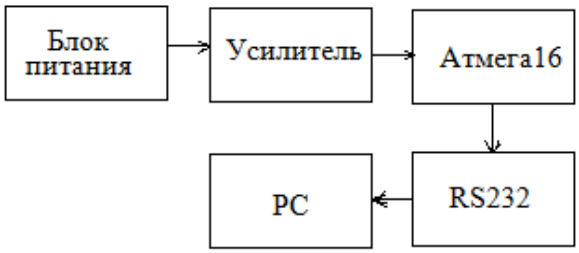


Рис.1. Блок схема прибора.

Уровень шума устройства можно значительно снизить, если повысить его входное сопротивление. При этом шум пропорционален $1/\sqrt{R}$ [4]. В этом случае при $R = 10^{11}$ Ом шум уменьшится до 5.5 мкВ*Гц$^{-1/2}$. Однако резисторы с таким большим сопротивлением, обладающие хорошей стабильностью и точностью не существуют. Их сопротивление меняется от образца к образцу на 50 %.

Чтобы исключить этот нежелательный эффект существует способ охранных колец, который уменьшает влияние токов утечки и ослабляет ограничения, налагаемые наличием цепи входного сопротивления. В настоящее время появилось новое поколение микросхем, которое расширяет возможности охранной техники, наличием таковой внутри микросхемы. Очень хорошим экземпляром представляется Burr-Brown INA 116, сдвоенный инструментальный операционный усилитель [5]. Этот усилитель имеет входное сопротивление 10^{15} Ом с параллельной входной емкостью 1 пФ и уровень шумов 2 мкВ*Гц$^{-1/2}$.

Качество изготовления микросхемы таково, что эффекты низкочастотных флуктуаций и дрейф (тепловой или индуцированный каким либо другим способом) полностью сбалансированы между обоими входами. На практике такая охранная техника может быть сделана достаточно точно, так чтобы исключить все цепи токов утечки.

В нашем случае использовалась плата диаметром 30 мм, у которой внешний круг являлся охранным кольцом, а внутренний круг сигнальным электродом. Два электрода выбраны для того чтобы уменьшить синфазные наводки. Внешний вид прибора показан на рис.2.

Рис.2. Внешний вид прибора

Для проверки работы прибора на пластинчатый электрод подавалось импульсное напряжение с генератора с амплитудой 1 мВ и регистрировалось прибором через 4 слоя бумаги с помощью осциллографа.

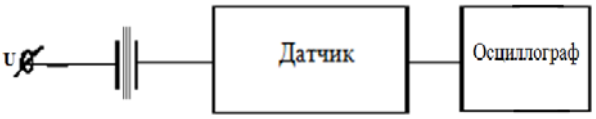


Рис.3. Схема проверки работы прибора

Внешний вид полученной осциллограммы показан на рис.4.

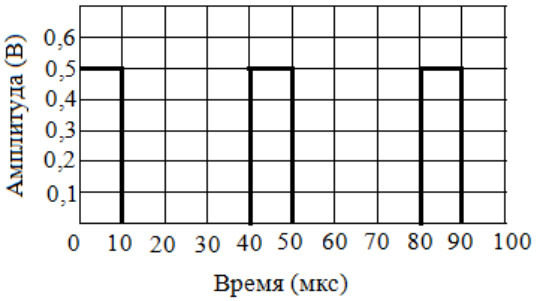


Рис.4. Осциллограмма импульсов

Для проверки стабильности работы схемы были проведены следующие измерения. Импульсное напряжение подавалось на вход прибора через пластинчатый электрод с зазором, заполненным 4 слоями бумаги. Сигнал с выхода прибора регистрировался в течение длительного времени. На рис.5 показаны результаты измерений.

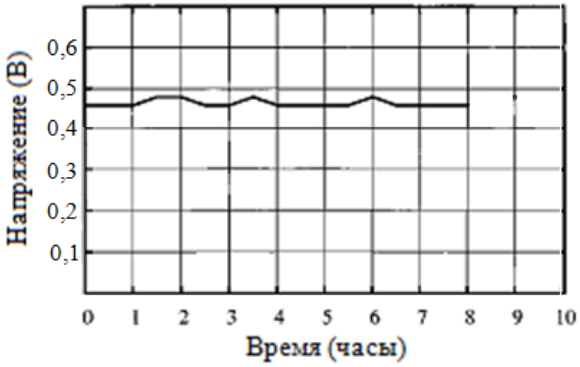


Рис.5. График долговременной стабильности прибора.

Видно, что в течение 8 часов показания прибора изменяются незначительно, что свидетельствует о возможности его применения для регистрации слабых биопотенциалов.

Литература:

1. Дж. Р. Хэмптон. Основы ЭКГ. Москва. Медицинская литература. 2006.
2. T.J. Sullivan, S.R. Deiss, T.-P. Jung, and G. Cauwenberghs. A brain-machine interface using dry-contact, low-noise EEG sensors. Proc. IEEE Int. Symp. Circuits and Systems (ISCAS'2008), May 2008.
3. A.J. Clippindale, R.J. Prance, T.D. Clark, C. Watkins. Ultrahigh umpedance capacitively coupled heart imaging array. Rev. Sci. Instrum. 65, 1994, p.269-270.
4. G. Glusi, F. Crupi, C. Pace. Ultrasensitive low noise voltage amplifier for spectral analysis. Rev. Sci. Instrum. 79, 2008, p.11 - 16.
5. Y.M. Chi and Gert Cauwenberghs. Micropower non-contact eeg electrode with active common-mode noise suppression and input capacitance cancellation. IEEE Engineering in Medicine and Biology, September 2009.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА БЕРЕМЕННОЙ

Иванова А.А.
Научный руководитель: Киселева Е.Ю., к.т.н., ассистент
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина , 30
E – mail: nastia.dextrose@yandex.ru

Гипоксия плода – это комплекс изменений в организме плода из – за недостаточного снабжения кислородом. От общего числа родов в 11 случаях из 100 развивается гипоксия. Последствиями кислородной недостаточности являются нарушение функций организма, изменение обменных процессов.

В связи с этим особенно актуальным становится вопрос пренатальной диагностики кислородной недостаточности плода[1]. Однако во время беременности распознавание внутриутробной гипоксии представляет определенные трудности, так как при длительно протекающей гипоксии у него вступают в действие адаптационные механизмы, которые компенсируют многие нарушенные функции его организма.

Кроме того, во время беременности невозможно использовать прямые методы оценки состояния плода (прямая ЭКГ, исследование крови плода).

Целью данной работы является:

Поиск и выявление маркеров гипоксии плода в выдыхаемом беременной воздухе методом лазерной оптико-акустической спектроскопии.

В соответствии с целью исследования были поставлены следующие **задачи:**

1. Провести исследования проб выдыхаемого воздуха у беременных с гипоксией плода и у женщин с неосложненным течением беременности методом лазерной оптико-акустической спектроскопии.
2. Выявить маркеры гипоксии и сравнить спектры поглощения выдыхаемого воздуха у исследуемых групп беременных с помощью интегрального критерия;
3. Оценить полученные рузультаты с бальной шкалой кардиотокографии (КТГ).

В мировой практике известна методика исследования жирно-кислотного состава конденсата выдыхаемого воздуха методом газожидкостной хроматографии [2].

Данный метод является наиболее точным, специфичным и неинвазивным для пренатальной диагностики внутриутробной гипоксии плода.

Изучают жирно-кислотный состав конденсата выдыхаемого воздуха (КВВ), рассчитывают относительное содержание жирных кислот и по отношению суммы ЖК с четным числом атомов углерода к сумме ЖК с нечетным числом атомов углерода (коэффициент гипоксии плода) судят о наличии кислородной недостаточности у плода.

По проведенным ранее исследованиям было выявлено: состав выдыхаемого беременной воздуха также имеет свои особенности. Концентрация некоторых веществ в конденсате выдыхаемого беременной воздуха превышает или наоборот несколько ниже, чем у контрольной группы (небеременные). Имеются также различия в составе выдыхаемого воздуха у женщин с нормально протекающей беременностью и с токсикозом первой половины беременности[3].

Таблица 1. Концентрация (в мг/м³) этанола и ацетона в выдыхаемом воздухе[1]

Состояние	Этанол	Ацетон
Нормально протекающая беременность	0.12	0.9
Токсикоз первой половины беременности	0.5	3.6
Контроль (здоровые)	0.2	1.3

Для анализа состава выдыхаемого беременной воздуха нами был выбран оптико-акустический (ОА) газоанализатор. К достоинствам лазерного ОА-метода регистрации спектра относятся: высокое спектральное разрешение, высокая чувствительность по показателю поглощения, малый объем требуемого образца газа, отсутствие сигнала, если спектральная линия излучения находится вне линий поглощения исследуемой газовой смеси [4].

Материалы и методы.

Принцип работы лазерного ОА-газоанализатора состоит в следующем. Лазерное излучение проходит через ОА-ячейку с анализируемым газом, поглощающим излучение. В результате поглощения газ нагревается и создает в замкнутом объеме ячейки колебания давления (звук) на частоте модуляции источника излучения. Звук регистрируется микрофоном. В эксперименте также регистрируется энергия лазерного излучения, и отношение сигнала микрофона к энергии излучения называется ОА-сигналом. Величина измеренного ОА-сигнала пропорциональна концентрации молекул поглощающего газа в пробе воздуха. Информация о величине зарегистрированного сигнала отображается на мониторе блока управления и индикации, в качестве которого используется персональный компьютер [4].

Исследуемые группы:

1 группа (основная): беременные с гипоксией плода

2 группа (контрольная): практически здоровые женщин, с неосложненным течением беременности.

По данным кардиотокографии (КТГ) и осмотре врача акушера-гинеколога определяется наличие

либо отсутствие гипоксических состояний плода во время беременности, что является основным критерием отнесения в группу контроль, либо опыт.

Все исследования проводились на базе родильного дома №4 г. Томска. В ходе эксперимента было обследовано 20 человек: 10 опыт, 10 контроль. Исследования при помощи кардиотокографа и забор пробы для оптико-акустического газоанализатора были проведены с минимальным разрывом во времени для минимизации ошибок и погрешностей измерений.

Забор проб у всех обследуемых осуществлялся в стеклянные пробирки с ватной пробкой через стерильную пластиковую трубочку одноразового использования. Далее забор газовых проб из пробирок в ОА-ячейку сенсора осуществляется специальной иглой, закрепленной в пластиковой трубочке, подключенной к пробоотборному отверстию сенсора. Собственно измерения производятся при помощи компьютера, подключенному к ОА-сенсору, и специализированного программного обеспечения. После газоанализа формируются таблицы, содержащие спектральные характеристики выдыхаемого воздуха (коэффициент поглощения газа в зависимости от волнового числа).

Результаты.

При анализе выдыхаемого воздуха оценивались спектральные характеристики каждой беременной женщины с гипоксией плода, а в качестве референтного состояния были взяты спектры поглощения проб выдыхаемого воздуха практически здоровых женщин, с неосложненным течением беременности. Графическое отображение результатов представлено на рисунках, где референтному состоянию соответствует область К.

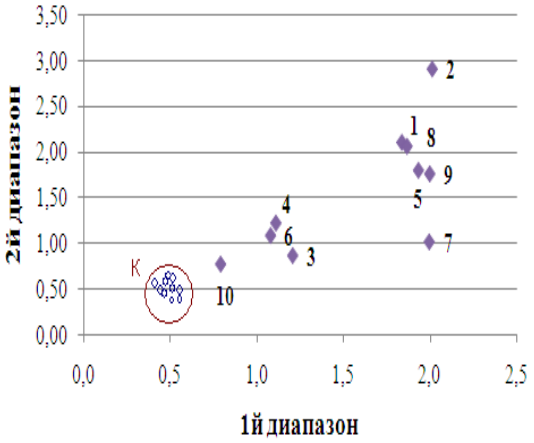


Рис.1 *Интегральная оценка состояния беременных с гипоксией плода по спектру поглощения проб выдыхаемого воздуха в диапазонах* ***(927-956)*** **см$^{-1}$ –** ***(967-984)*** **см$^{-1}$**

На всех графиках беременные женщины с более тяжелой гипоксией плода расположены дальше от референтной группы. Найдена взаимосвязь значений интегрального критерия с балльной оценкой кардиотокографии.Также выявление маркеров гипоксии позволит создать методику экспресс диагностики состояния плода.

Список литературы:

1. Колгушкина Т.Н. Основы перинатологии. М.: Медицинское информационное агентство, 2006. – 320с

2. Хышиктуев, Б.С. Способы пренатальной диагностики хронической гипоксии плода/ Б.С. Хышиктуев, Н.А. Хышиктуева, В.Н. Иванов [Электронный ресурс] . - Электрон. дан. – Режим доступа:http://www.ntpo.com/patents_medicine/medicine_1/medicine_85.shtml

3. Анализ выдыхаемого воздуха [Электронный ресурс] / под ред. В.А. Скрупского. - Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.chem.msu.surusjournalschemlife2000vidoch.html

4. Применение методов лазерной спектроскопии и нелинейного анализа для исследования медико-биологических объектов / под ред. Ю. В. Кистенева. – Томск: изд-во ТПУ, 2007. – 286с.

ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ДЕТЕЙ С ПАТОЛОГИЕЙ ОМС И ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННОГО ВЫБОРА НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ И ROC-АНАЛИЗА

Константинова Л.И., Иванова В.В.
Научный руководитель: Константинова Л.И., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: verun4ik007@bk.ru

По данным Всемирной Организации Здравоохранения, патология органов мочевой системы (ОМС) в настоящее время занимает второе место среди заболеваний детей раннего возраста и представляет собой серьезную медико-социальную проблему. Ее актуальность определяется высокой частотой патологии органов мочевой системы, склонностью заболеваний почек к хроническому и рецидивирующему течению, приводящих к инвалидизации больных уже в раннем детском возрасте. Это объясняет возрастающий интерес к исследованию патологии ОМС, специалистов не только в области медицины, но и в области прикладной математики. При обследовании данного заболевания с пациента снимают свыше 70 качественных и количественных показателей, в связи с чем становится актуальным вопрос о снижении количества обрабатываемой информации.

Вышесказанное определило цель исследования: выбор наиболее информативных показателей у детей раннего возраста с заболеванием ОМС и оценка достоверности данного выбора.

Для достижения цели нами были выбраны следующие методы: информационная мера Кульбака; построение диаграммы Парето; построение логистической регрессии и ROC-кривых для анализа полученных результатов.

В основу исследований положены результаты медико-социального анализа 80 детей здоровых и с заболеванием ОМС, проживающих в г.Томске и его пригородах, разделенных на две группы наблюдения. Первая группа наблюдения (40 детей) формировалась из здоровых детей, проходивших обследование на выявление патологии ОМС. Вторая группа (40 детей) формировалась из детей, с выявленной патологией ОМС. Данные предоставлены детской больницей №1 города Томска.

Чаще других для выбора информативных медицинских показателей применяют информационную меру Кульбака [1]. Согласно формуле Кульбака величина информативности I диапазона i признака j равна:

$$I(x_j^i) = DK(x_j^i)\frac{1}{2}\left[P(x_j^i / A) - P(x_j^i / B)\right],$$

где $\frac{P(x_j^i / A)}{P(x_j^i / B)}$ - отношение правдоподобия для обнаруженной у больного i-градации j-го признака при заболевании А к вероятности этой же градации того же признака при заболевании В; $DK(x_j^i) = 10\lg\frac{P(x_i^j / A)}{P(x_i^j / B)}$- диагностический коэффициент градации i признака x_j.

Вычисленная для каждого признака информативность по Кульбаку, представлена в таблице 1. К информативным отнесли показатели, превышающие 0,5 информационной меры Кульбака.

Таблица 1. Результаты расчета меры Кульбака

Показатель	Мера Куль-бака	Показатель	Мера Куль-бака
pH	2,9900	Наследств	0,4606
ЭОЗ	1,7731	Моноц. (ОАК)	0,3430
Лейкоц (ОАК)	1,7668	А2-МГ	0,3305
П/я	1,2776	Нв	0,3192
СОЭ	1,2256	Эритр (ОАК)	0,2341
С/я	0,9141	ККГ	0,1866
Тромбоц (ОАК)	0,9129	Роды	0,1098
Эритроц (ОАК)	0,8530	А1-ПИ	0,0110
Лимфоц (ОАК)	0,7497	АПФ	0,0053
КК	0,7151	Толщ, мм	0,0049
Уд. вес ОАМ	0,7126	Физ/опер	0,0014
Беременность	0,5611	Контр	0,0008
Лейкоц (ОАМ)	0,5372	Ремисс	0,0001

В [2] для выбора информативных медицинских показателей авторы применяли диаграмму Парето. Для построения которой, по исходным данным определяется частота отклонений каждого показателя от нормы:

$$a_i = \begin{cases} 0, если & x_i \in (x_{iн}, x_{iв}); \\ 1, если & x_i \notin (x_{iн}, x_{iв}); \end{cases} \qquad b_i = \sum_{j=1}^{m} a_{ji},$$

где b_i – число отклонений i-го показателя, x_i - значение i-го показателя конкретного пациента; ($x_{iн}$, $x_{iв}$) - нижняя и верхняя граница нормы i-го показателя; $i = 1,\ldots, n$; n - количество показателей.

Диаграмма Парето, построенная для исследуемых данных, представлена на рис 1. По диаграмме из 26 исследуемых показателей, следующие выделились, как информативные - СОЭ (скорость оседания эритроцитов), количество лейкоцитов, моноцитов и тромбоцитов в общем анализе крови, АПФ (ангиотензинпревращающий фермент), гемоглобин (Нв), ККГ, удельный вес ОАМ, α2-МГ, ЭОЗ (эозинофилы), с/я (сегменто - ядерные), лимфоциты.

Выделив на одних и тех же исходных данных информативные показатели разными методами, мы получили одинаковое число информативных показателей (13) и 62% показателей совпадающих. 8 показателей, которые выделились как ин-

формативные и при построении диаграммы Парето и при использовании информационной меры Кульбака. К таким показателям относятся - СОЭ, лейкоциты ОАК, лейкоциты ОАМ, с/я, уд.вес, тромбоциты, лимфоциты,ЭОЗ.

Рис. 1. Диаграмма Парето

Достоверность полученных результатов оценивали с помощью построения логистической регрессии и ROC-анализа.

Логистическая регрессионная модель предназначена для решения задач предсказания значения непрерывной зависимой переменной, при условии, что эта зависимая переменная может принимать значения на интервале от 0 до 1. В нашем случае независимыми переменными выступили 26, снимаемых количественных показателей, а зависимая переменная приминала два значения 0 и 1, при отсутствии и наличии заболевания соответственно.

Все наблюдения с предсказанными значениями меньше 0,5 классифицировались как с заболеванием ОМС, остальные, с предсказываемыми значениями больше 0,5 классифицировались как здоровые.

С помощью логистической регрессии проверили какие показатели в большей мере влияют на отнесения пациента к группе здоровых или к группе больных.

Была построена логистическая регрессия и ROC – кривые для всех 26 показателей, для показателей выделенные как информативные по Парето и по Кульбаку (пример ROC-кривой по показателям диаграммы Парето представлен на рис.2). Оценены чувствительность и специфичность построенных моделей.

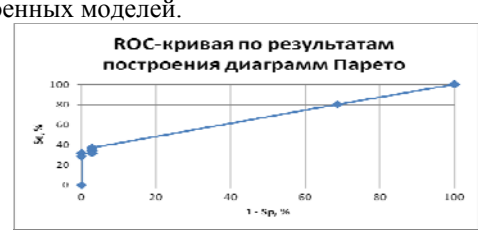


Рис.5. ROC-кривая по показателям, выбранным по диаграмме Парето

С понятием чувствительности критерия связаны понятия ошибок 1 и 2 рода. Так ошибка 1 рода – возникает, если по результатам расчетов здорового пациента относят к классу больных. Ошибка 2 го рода возникает, если мы принимаем больного пациента за здорового. Чем меньше вероятность ошибки 2 рода, тем лучше критерий.

Оценив качество модели (по экспертной шкале для значений площади под ROC-кривой), построенной по показателям ,выделенным по Кульбаку, как неудовлетворительное, а по диаграмме Парето –удовлетворительной, нами был предложен следующий подход: оценить с помощью логит регрессии процент верности классификации отдельно по каждому показателю, и за информативные взять те, процент верности которых превышает 80%. Результаты логит регрессии и ROC-анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты логит - регрессии

Метод выбора показателей	Верность модели, %	Se, %	Sp, %	S	Ошибки	
					1 рода	2 рода
Все показатели	55,71%	20%	97,14%	0,585	30	1
Мера Кульбака	55,71%	34,28%	55,71%	0,560	29	2
Диаграмма Парето	64%	31,21%	80%	0,676	25	0
Логит регрессия	98,5%	100%	100 %	1	1	0

В результате исследования из 26 исследуемых показателей 3 из них были выделены как наиболее значимые. Наиболее предпочтительными, для выбора информативных медицинских показателей являются метод построения диаграмм Парето и логистическая регрессия, так как она полностью исключают ошибку 2 рода. Внедрение данного подхода в практику медицинских учреждений позволит снизить число снимаемых с пациента показателей, сократить временные и материальные затраты.

Литература:

1. Гублер Е.В. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях / Е.В. Гублер, А.А. Генкин. - Л.: Медицина, 1973. - 144 с.
2. Кочегуров В.А., Константинова Л.И., Марченко В.В., Абдулкина Н.Г., Степаненко Н.П. Разработка и применение индивидуального интегрального показателя здоровья пациентов с заболеваниями щитовидной железы // Известия Томского политехнического университета.– 2009.– Т. 314.– № 5.– С. 185–189.
3. Логистическая регрессия и ROC-анализ - математический аппарат. [Электронный ресурс]. Режим доступа:www. basegroup.r u/library/ analysis/regression/logistic, свободный. – Загл. с экрана.- (15.02.2012).

ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЭЛЕКТРОДОВ

Иванов М.Л.
Научный руководитель: Ким В.Л., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: lydoz@mail.ru

В компьютерных системах измерения параметров медицинских электродов широко используются программноуправляемые генераторы тестовых напряжений и тока (ГНТ), работающие в диапазоне частот 0…20 кГц [1, 2]. Современные генераторы постоянного напряжения и тока, как правило выполняются на основе прецизионных цифроаналоговых преобразователей (ЦАП) и операционных усилителей (ОУ) и их проектирование не вызывает особых затруднений. В то же время переменные (синусоидальные) ГНТ отличаются разнообразием структурных решений, обусловленных целевым назначением. В процессе проектирования ГНТ требуется решать задачи системо- и схемотехнического уровней, такие как выбор структуры и принципиальных схем аналоговой и цифровой частей, питание и способ сопряжения с ЭВМ, разработка программного обеспечения.

При требованиях минимальной стоимости наиболее приемлемыми являются аналоговые ГНТ. Заметим, что достижения аналоговой электроники предоставляют большой выбор дешёвых и точных электронных компонентов – операционных и инструментальных усилителей, перемножителей, коммутаторов, ЦАП, АЦП и др.

Сложность реализации ГНТ во многом обусловлена требуемыми метрологическими характеристиками – диапазон рабочих частот, стабильность и нелинейные искажения выходного напряжения и тока, неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).

Уравнение колебательной системы второго реализуется классической схемой на инвертирующем усилителе *DA*1, *R*1, *R*2 и двух интеграторах *DA*2, *DA*3, *R*3, *R*4, *C*1, *C*2 (рис. 1), построенных на операционных усилителях [3]. Частота колебаний определяется в виде

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{R1}{R2\,R3\,R4\,C1\,C2}}\,.$$

Генератор *SG505* фирмы *Tektronix Inc*., построенный по схеме рис. 1, имеет коэффициент гармоник менее 0,001%. Столь малое значение нелинейных искажений обусловлено хорошей фильтрацией и низкой чувствительностью к разбросу *R*, *C* элементов.

Кроме высокой линейности важным достоинством таких генераторов напряжения является наличие выходов $U_{вых1}$, $U_{вых2}$, $U_{вых3}$ со сдвигом фаз 0, 90 и 180 градусов соответственно. Это позволяет использовать их в мостовых измерениях импедансов медицинских электродов с помощью фазочувствительного дифференциального вольтметра. По синфазной и квадратурной составляющим выходного напряжения последнего можно рассчитать активные и реактивные составляющие импеданса электрода и определить его эквивалентную схему.

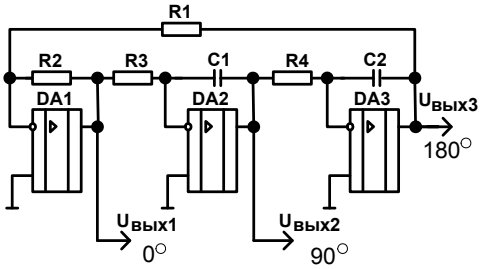


Рис. 1. Электрическое моделирование колебательной системы

На рис. 2 приведена функциональная схема программноуправляемого генератора синусоидального напряжения и тока, предназначенного для использования в качестве внешнего ГНТ установки проверки электродов УПЭ-2, внесенной в Госреестр средств измерений России [2].

Задающий генератор (ЗГ) выполнен на основе сумматора-инвертора *DA*2, *R*1, *R*2, *R*3 и двух интеграторов *DA*11, *DA*15, выходные напряжения U_1, U_2, $U_{зг}$ которых сдвинуты друг относительно друга на 90°. Усилитель мощности (УМ) *DA*16 с коэффициентом усиления $\left|K_{ус}\right| = \frac{R14}{R13} = 5$ обеспечивает заданную мощность в нагрузке. Регулировка выходного напряжения осуществляется при помощи потенциометра *R*12.

В данной схеме при использовании микросхем КР544УД2А (*DA*2, *DA*11, *DA*15, *DA*16), *OP07* (*DA*7), 525ПС2 (*DA*3, *DA*6, *DA*13), 590КН2 (*DA*10, *DA*14) и напряжении $U_{зг}$=2В среднеквадратического значения обеспечивается неравномерность АЧХ не более 2 %, коэффициент гармоник не превышает 0,1 %, а нестабильность – 0,3 % за 15 минут. Стабильность частоты генератора зависит от точностных и временных характеристик *R, C* элементов интеграторов. При использовании прецизионных резисторов и конденсаторов типа С2-29 и К71-7 нестабильность частоты не превышает 0,3 %.

Величина формируемого тока определяется выражением

$$I_{вых} = \frac{U_{вх1}}{R_i} = 5\text{, где } i = 7, 8, 9.$$

При номиналах резисторов 200 кОм, 2 МОм и 20 МОм, коммутируемых микросхемой *DA*9, выходной ток $I_{вых}$ генератора тока равен 10 мкА, 1 мкА или 0,1 мкА соответственно. Погрешность тока определяется точностью установки напряжения $U_{вх1}$ и погрешностью резисторов. При использовании микросхем *AD*622*BN* (*DA*4), *OP*27 (*DA*8),

*ADG*419*BN* (*DA*12), 590КН2 (*DA*9) и резисторов типа С2-29 погрешность и нестабильность тока не превышает ± 3 % в полосе частот 0…40 кГц.

Управление узлами ГНТ осуществляется микроконтроллером *Atmega* 128. Программное обеспечение написано на Delphi 7.

Благодаря высоким метрологическим характеристикам ГНТ он может быть использован не только для исследования медицинских электродов, но и в современных системах автоматизации измерений, контроля и диагностики, например, для проведения спектрального анализа и исследования АЧХ высокодобротных избирательных цепей и устройств.

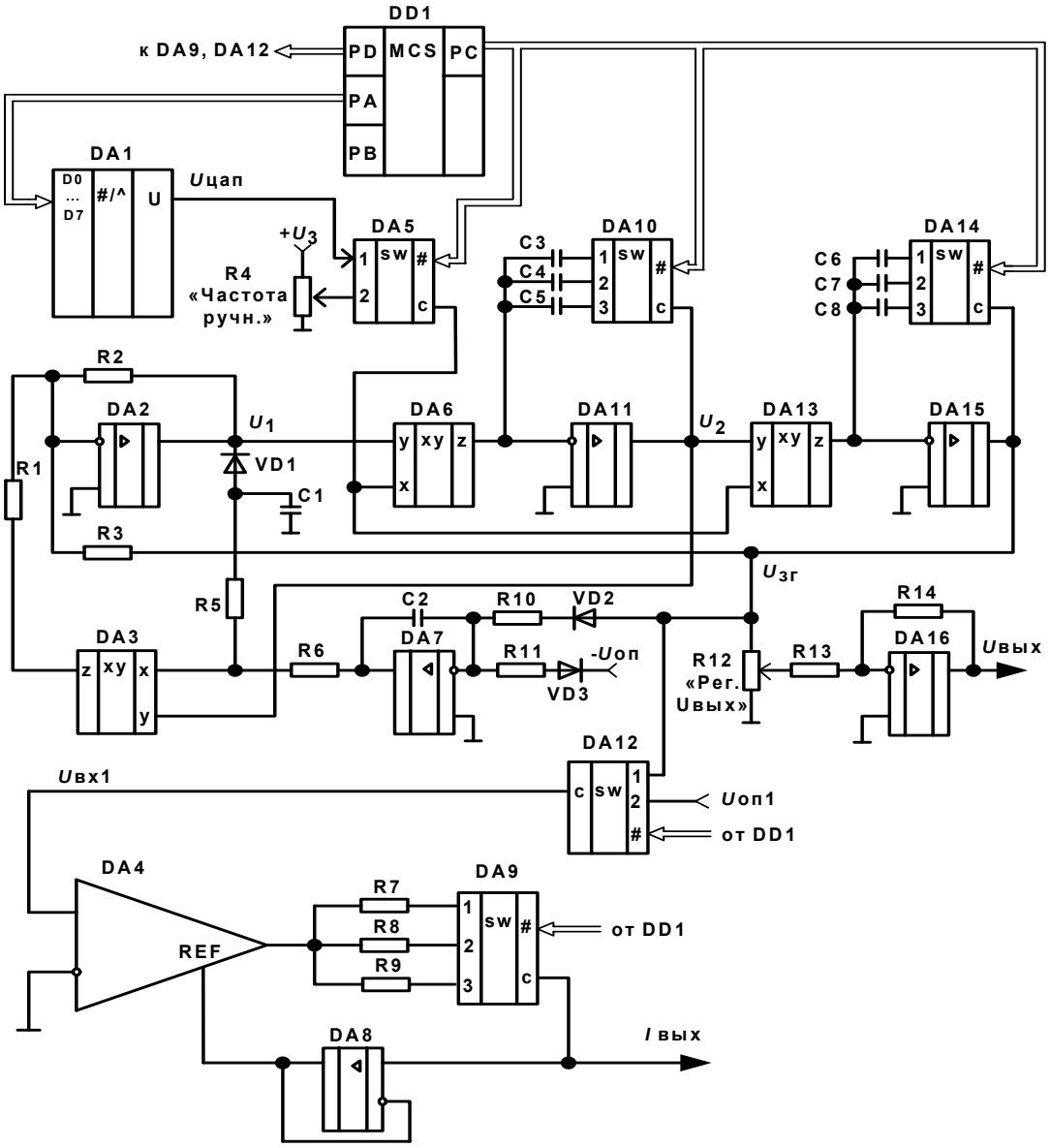


Рис. 2. Микроконтроллерный генератор напряжения и тока

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 25995-83. Электроды для съема биоэлектрических потенциалов. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 25 с.

2. Ким В.Л., Казаков В.Ю., Меркулов С.В. Компьютерная система измерения параметров медицинских электродов // Датчики и системы. – 2008. – № 8. – С. 44–46.

3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512 с.

ПРОГРАММНЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА

Ильков М.В.
Научный руководитель: Светлик М.В., к.б.н., доцент
Сибирский Государственный Медицинский Университет, 634050, Россия, г. Томск, Московский тр-т, 2
E-mail: ilk-mih@yandex.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ:

Дыхание является основной функцией организма, обеспечивающей гомеостаз газов крови. Одним из важных моментов в диагностике заболеваний является выявление характеристик отражающих состояние отдельных элементов дыхательной системы. Являясь неинвазивной процедурой, способна давать ценную информацию о функционировании органов дыхания и сердечно-сосудистой системы. Как правило, проведение записи дыхательного ритма не сложная задача, но выполнение методик оценки характеристик отражающих состояние отдельных элементов дыхательной системы в режиме реального времени практически не проводится.

Поэтому необходимо создание средств автоматизированного анализа дыхательного цикла, которые позволили бы на основе проводимых исследований получать информацию о состоянии дыхательной системы.

Обзор и сравнение математических методов:

Преобразование Фурье (ПФ).

Преобразование Фурье заключается в разложении периодических функций в ряды по синусам и косинуам, называемых тригонометрическими рядами.

Разложению в ряды Фурье подвергаются периодические сигналы. Периодическую функцию любой формы, заданную на интервале одного периода T = b-a и удовлетворяющую на этом интервале условиям Дирехле (ограниченная, кусочно-непрерывная, с конечным числом разрывов 1-го рода), можно представить в виде ряда Фурье:

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_n \exp(jn\Delta\omega t), \quad S_n = S(n\Delta\omega), \quad \Delta\omega = 2\pi/T,$$

Преобразование Фурье имеет ряд недостатков, которые привели к появлению оконного преобразования Фурье и стимулировали развитие вейвлетного преобразования. Основные из них:

- Ограниченная информативность анализа нестационарных сигналов и практически полное отсутствие возможностей анализа их особенностей (сингулярностей), т.к. в частотной области происходит «размазывание» особенностей сигналов (разрывов, ступенек, пиков и т.п.) по всему частотному диапазону спектра.
- Гармонические базисные функции разложения не способны отображать перепады сигналов с бесконечной крутизной типа прямоугольных импульсов, т.к. для этого требуется бесконечно большое число членов ряда. При ограничении числа членов ряда Фурье в окрестностях скачков и разрывов при восстановлении сигнала возникают осцилляции (явление Гиббса).
- Преобразование Фурье отображает глобальные сведения о частотах исследуемого сигнала и не дает представления о локальных свойствах сигнала при быстрых временных изменениях его спектрального состава.

Для придания преобразованию Фурье способности осуществлять временную локализацию сингулярностей осуществляется введение в преобразование движущейся оконной функции, имеющей компактный носитель. Использование оконной функции позволяет представлять результат преобразования в виде функции двух переменных - частоты и временного положения окна.

Оконное (кратковременное) преобразование Фурье (ОПФ)

Полный временной интервал сигнала, особенно при большой его длительности, разделяется на короткие подинтервалы – временные окна, и преобразование проводится последовательно для каждого подинтервала в отдельности. Тем самым осуществляется переход к частотно-временному (частотно-координатному) представлению сигналов, что в какой-то мере позволяет выделять и анализировать на временной оси особенности нестационарных сигналов и временные изменения их спектрального состава. По умолчанию предполагается, что в пределах каждого временного окна сигнал является стационарным.

Оконное преобразование выполняется в соответствии с выражением:

$$S(\omega, b_k) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)\, w(t-b_k) \exp(-j\omega t)\, dt.$$

Частотно-временное оконное преобразование Фурье (ОПФ).

Функция оконного преобразования может быть переведена в вариант с независимыми переменными и по времени, и по частоте:

$$S(t, \omega) = \int_{\tau} s(t-\tau)\, w(\tau) \exp(-j\omega\tau)\, d\tau.$$

Вейвлет-преобразование.

В основе вейвлет-преобразований, в общем случае, лежит использование двух непрерывных, взаимозависимых и интегрируемых по независимой переменной функций:

- Вейвлет-функции $\psi(t)$, как psi-функции времени с нулевым значением интеграла и частотным фурье-образом $\Psi(\omega)$. Этой функцией, кото-

рую обычно и называют вейвлетом, выделяются локальные особенности сигнала. В качестве вейвлетов обычно выбираются функции, хорошо локализованные и во временной, и в частотной области. Пример временного и частотного образа функции приведен на рис. 1.2.1.

- Масштабирующей функции φ(t), как временной скейлинг-функции phi с единичным значением интеграла, которой выполняется грубое приближение (аппроксимация) сигнала.

Достоинства и недостатки вейвлетных преобразований.

- Вейвлетные преобразования обладают всеми достоинствами преобразований Фурье.
- Вейвлетные базисы могут быть хорошо локализованными как по частоте, так и по времени. При выделении в сигналах хорошо локализованных разномасштабных процессов можно рассматривать только те масштабные уровни разложения, которые представляют интерес.
- Вейвлетные базисы, в отличие от преобразования Фурье, имеют много разнообразных базовых функций, свойства которых ориентированы на решение различных задач. Базисные вейвлеты могут реализоваться функциями различной гладкости.
- Недостатком вейвлетных преобразований является их относительная сложность.

Цели работы:

Создание программного комплекса оценки параметров дыхательного цикла.

Промежуточные задачи работы:

1.Сравнение результатов анализа дыхательной кривой с использованием имеющихся математических алгоритмов для обработки периодических сигналов.

2.Реализация алгоритмов анализа дыхательного цикла.

Материалы и методы исследования:

- Выделение фаз дыхательного цикла
- Временной анализ дыхания
- Анализ Фурье
- Вейвлетный анализ
- Анализ методами распознавания образов

Результаты:

В рамках данной работы разработан метод для расчета характеристик кривой дыхания.

На начальном этапе анализа дыхательной кривой используются алгоритмы распознавания образов для выделения в кривой отдельных элементов (дуга, прямая, плато и т.д.).

После выделения элементов кривой проводился расчет характеристик дыхательной кривой.

Возможно проведение статистического исследования на предмет корреляции определенных элементов кривой дыхания с различными патологиями дыхательной системы для получения достаточно достоверных диагностических критериев патологий системы дыхания.

Преимущества данного подхода заключаются в представлении полученных характеристик кривой в качестве диагностических критериев, что способствует их лучшему восприятию и пониманию клиницистами.

Данный метод демонстрирует более высокое быстродействие и большую точность по сравнению с преобразованием Фурье.

Точность вейвлет-анализа превосходит точность предложенного метода, но быстродействие вейвлет-анализа значительно ниже.

Разработанный метод будет использован в программном комплексе оценки параметров дыхательного цикла.

Список литературы:

1. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.:Мир, 1978.Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990.
3. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов.- М.: Мир, 1982.
4. Астафьева Н.М., Вейвлет–анализ – основы теории и примеры применения, Том 166, №11, 1996.

ПРОГРАММА ДЛЯ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА В СРЕДЕ NI LABVIEW

Кирюхин А.В.
Научный руководитель: Алпатов А.В., к.т.н., доцент
Рязанский государственный радиотехнический университет,
390005, Россия, г. Рязань, ул. Гагарина, д.59/1
E-mail: anton-vk@yandex.ru

Определение вариабельности сердечного ритма (ВСР) относят к важному неинвазивному методу количественной оценки активности различных отделов вегетативной нервной системы (ВНС) при регуляции сердечных сокращений [1]. Для оценки степени напряжения регуляторных механизмов из традиционных методов могут использоваться различные биохимические способы определения содержания кортикостероидов и катехоламинов в крови и моче. Однако трудоемкость этих методов и невозможность их широкого использования, в частности в производственных условиях, а также в космическом полете, привели к тому, что в настоящее время изучение ВСР является самым распространенным методом оценки вегетативной регуляции. Поскольку практически нет таких функциональных состояний или заболеваний, в которых бы не участвовали механизмы вегетативной регуляции, то сфера применения метода оценки ВСР очень широка [2].

Настоящая работа посвящена разработке программы для визуализации и статистической обработки сердечного ритма человека. Проектирование проводилось в среде графического программирования LabVIEW 2010. Разрабатываемая программа работает в двух режимах:

1) регистрация электрокардиограммы (ЭКГ) и кардиоинтервалограммы (КИГ)
2) обработка кардиоинтервалограммы (КИГ)

В первом режиме происходит регистрация ЭКГ и КИГ с обследуемого и параллельная запись регистрируемых данных в файл. При разработке блока формирования КИГ были использованы несколько встроенных функций, которые позволили сократить время проектирования. К их числу относятся функция Online Multiscale Peak Detection, которая позволила зарегистрировать R – зубцы, а также функция Extract Heart Rate, которая позволила создать ряд (массив) RR-интервалов (рис. 1).

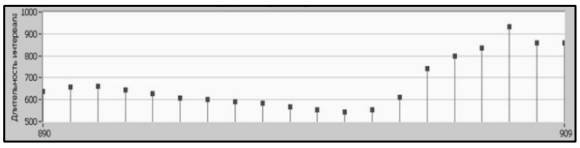


Рис. 1. – Отображение КИГ

После процедуры регистрации пользователь может перейти в режим обработки КИГ. Для этого в программу необходимо загрузить созданный ранее тестовый файл. Перед прохождением обработки ряд RR-интервалов проходит «фильтрацию», в ходе которой отбрасываются интервалы, длительность которых превышает 2000 мс и не превышает 240 мс. Также отбрасываются неномотопные интервалы, разница между которыми превышает задаваемое пользователем число процентов. Далее происходит параллельное вычисление некоторых статистических характеристик динамического ряда кардиоинтервалов: HR, MxDMn, Mn, Mx, SDNN, CV, D, RRcp, RMSSD, PNN50, SI (рис. 2).

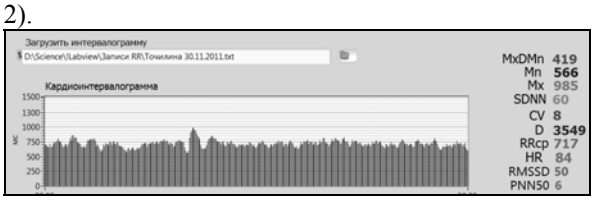


Рис. 2. Окно отображения КИГ и параметры, вычисляемые статистическими методами.

Последний из перечислимых – индекс напряженности регуляторных систем (SI), вычисляется на основе сформированной методом вариационной пульсометрии гистограммы.

Под гистограммой понимается графическое изображение сгруппированных значений сердечных интервалов, где по оси абсцисс откладываются временные значения, по оси ординат их количество в процентах [3]. Для построения гистограммы в среде LabVIEW использовалась функция General Histogram.

Наряду с вышеперечисленными характеристиками в одном окне отображается скаттерграмма, представляющая метод корреляционной ритмографии (рис. 3).

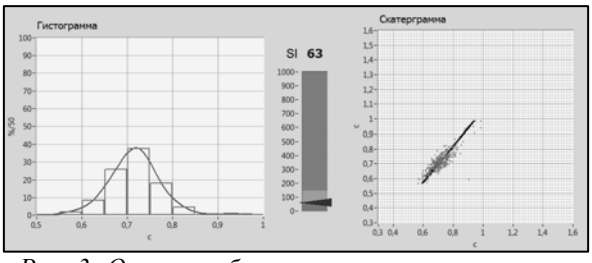


Рис. 3. Окна, отображающие скаттерграмму и гистограмму.

Это метод графического представления динамического ряда кардиоинтервалов в виде «облака» путем построение ряда точек в прямоугольной системе координат. При этом по оси ординат откладывается каждый текущий RR-интервал, а по оси абсцисс каждый последующий [4]. Числовым параметром, характеризующим данное облако является угол наклона аттрактора – прямой, к которой стремится фазовая траектория. Для создания

данной прямой применялась функция Linear Fit из палитры Fitting.

Автокорреляционная функция (АКФ) графически представляет собой статистическую взаимосвязь каждого последующего интервала RR с предыдущими и отражает степень централизации управления процессами регуляции (рис. 4). При создании АКФ использовалась функция Correlation Coefficient из палитры Probability and Statistics.

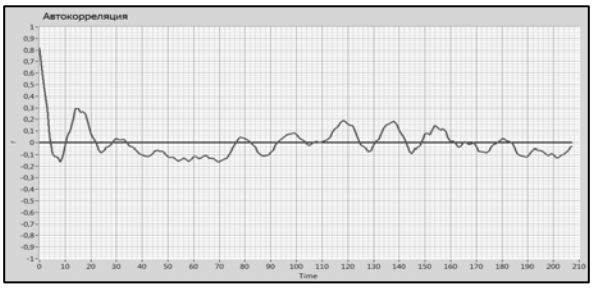
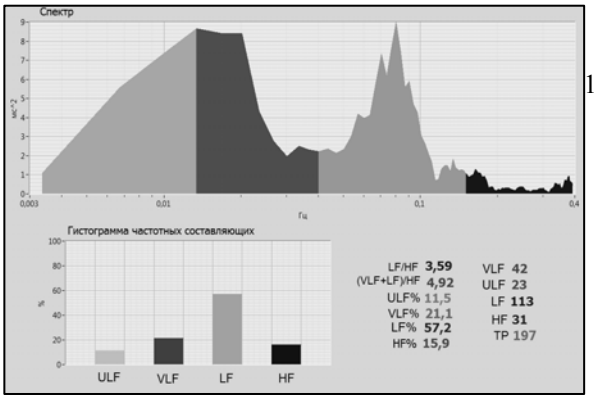


Рис. 4. Автокорреляционная функция

Спектральные методы оценки сердечного ритма применяются для выявления характерных периодов в динамике изменения длительности интервалов RR. Помимо этого, при спектральном анализе оценивается вклад тех или иных периодических составляющих в динамику изменений ЧСС. С этой целью оценивается так называемая спектральная мощность колебаний, соответствующая



каждому выявленному периоду. Спектральные методы применяются почти исключительно для анализа коротких участков

Рис. 5. Окно спектрального анализа

ритмограммы — от 2 до 5 минут [5]. В разрабатываемой программе происходит построение спектра с помощью функции Unevenly Sampled Signal Spectrum (Неравномерно оцифрованный спектр сигнала), поскольку временная шкала «сигнала» кардиоинтервалов представляет собой неравномерную кумулятивную сумму. В программе реализован подсчет некоторых спектральных показателей, а процентное соотношение каждого частотного диапазона (HF, LF, VLF, ULF) показывается в гистограмме (рис. 5).

В программе реализована возможность регистрации и обработки сердечного ритма с использованием удаленного доступа. ПК выступающий в роли сервера соединен с ПК-клиентами посредством сети Интернет или локальной сети. Клиент имеет возможность регистрировать или обрабатывать сердечный ритм, используя окно браузера. Для этого на ПК-клиент необходимо установить приложение LabVIEW Run-Time, а в окне браузера указать требуемый IP-адрес сервера. Данная возможность реализована с помощью библиотеки Remote Panel.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Машин В. А.* Микроструктурный анализ вариабельности сердечного ритма при моделировании деятельности оператора в процессе психофизиологических обследований // Человеческий фактор и ядерная безопасность. Сб. Мат. Междун. научн.-практ. конф. ─ Обнинск, Изд-во ОНИЦ "Прогноз", 2001. ─ С. 147-148.

2. *Демина Л.В., Михеев А.А.* Сравнительный анализ методов оценки вариабельности сердечного ритма // Материалы Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы». ─ Рязань: РГРТУ, 2010. ─ С. 211-216.

3. Клиническое значение исследования вариабельности сердечного ритма и методики ее оценки. http://www.hrv.rcbkb.com/2010/05/klinicheskoe-znachenie-issledovanija_7695.html

4. *Дембо А.Г., Земцовский Э.В.* Спортивная кардиология: Руководство для врачей. ─ Л.: Медицина, 1989. – 464 с.

5. *Беляев К.Р.* Методы анализа вариабельности сердца.http://konstb.newmail.ru/liter/hrv/UchPos2.htm

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ИМПЕДАНСОМЕТРИИ В ПРОЦЕССЕ ОСТЕОРЕПАРАЦИИ

Кожевников Е.С.
Научный руководитель: Устюжанин В.А., к.т.н., профессор
Забайкальский государственный университет, 672039, Россия, г. Чита, ул. Александро-Заводская 30
E-mail: evg_12@mail.ru

В последнее время внимание исследователей привлекают методы исследования, основанные на анализе полного электрического сопротивления (импеданса), электрической ёмкости и потенциалов биологических объектов. В ходе экспериментов были получены данные, указывающие на возможность использования представленных параметров в качестве источников информации о состоянии тканей, органов и организма человека в целом. [1,2]

Частотная зависимость биологического импеданса представленная на рисунке 1. Физиологический разброс обусловливается различиями в строении биологических тканей.[3]

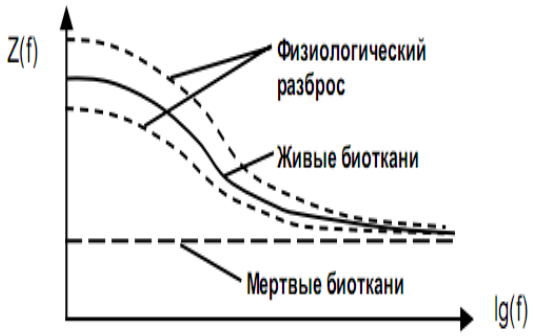


Рисунок 1. Частотная зависимость импеданса биотканей.

Использование параметров импеданса костной ткани для контроля процесса остеорепарации даёт возможность получать достаточно полную и достоверную информацию в ходе лечения.

Однако необходимо учитывать особенности строения костной ткани, которые оказывают влияние на характер импеданса. Костная ткань относится к гетерогенным или анизотропным системам и характеризуется поляризационными свойствами, на это указывают особенности строения, обусловленные компактным и губчатым веществом. Компактное вещество плотным слоем располагается на периферии кости. Основу его составляют костные пластинки. Часть из них формирует структурную единицу – остеотон. В остеотоне вокруг центрального канала, содержащего кровеносные сосуды и нервы, располагаются цилиндрические костные пластинки. Пространства между остеотонами заняты вставочными пластинками. Губчатое вещество расположено под компактным, имеет пористую структуру, образовано отдельными костными перекладинами, основу которых так же составляют костные пластинки.[4,5]

Благодаря наличию активных и реактивных составляющих импеданса биологического объекта, их можно моделировать с помощью эквивалентных электрических схем замещения, являющихся частным случаем математических моделей.[6,7]

Благодаря такому моделированию появляется возможность оценивать пассивные электрические свойства различных биологических объектов. А применение таких программных сред как LabVIEW, MATLAB, SimPowerSystems и Simulink позволяет в свою очередь прогнозировать поведение реального биологического объекта на основе анализа реакции модели.[8,9]

По вольт-амперным характеристикам эквивалентная электрическая модель костной ткани может быть представлена параллельно соединенными активным и ёмкостным элементами, которые последовательно соединены с активным сопротивлением (рисунок 2).

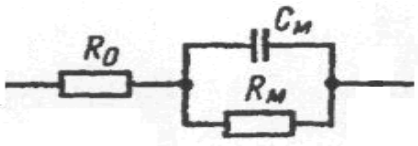


Рисунок 2. Эквивалентная электрическая схема замещения параметров костной ткани, где Ro — сопротивление костной ткани; $R_м$ и $C_м$ - сопротивление и емкость кровеносных и лимфатических сосудов костной ткани.

Детальное исследование удельного сопротивления постоянному току выявило неоднородность разных отделов трубчатой кости человека. Для компактного слоя диафиза оно составляло от 207 до 1664,4 Ом/м, губчатой ткани метафиза - 94,9 Ом/м, эпифиза - 157,8 Ом/м и для костного мозга диафиза - 153,1 Ом/м. Имело значение расположение электродов относительно оси кости: при продольном - 106,3 Ом/м, при поперечном - 630,1 Ом/м, а при эндостально-периостальном - 1,664 кОм/м. Качественные аналогичные результаты с различиями активных составляющих на 11% и емкостных в 2 раза получены и в экспериментах.

Определение значения поляризационной емкости (C_p) по формуле:

$$Cp = \frac{\int_0^t Idt}{R * (I_0 - I_t)},$$

где R - сопротивление ткани; I_0 и I_t - начальная и установившаяся сила тока; t - время, за которое

устанавливается сила тока; $\int_0^t Idt$ - количество электричества.

выявило величину порядка 10 пФ/см^2. Другие исследователи определили в экспериментах этот параметр равным 20±8 мкФ/см^2.[2]

Мы предлагаем в качестве модели процесса остеорепарации рассмотреть следующую эквивалентную электрическую схему (рисунок 3).

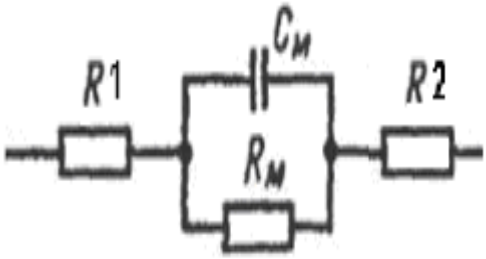


Рисунок 3. Эквивалентная электрическая схема замещения параметров костной ткани в процессе остеорепарации, где R1 и R2 — сопротивление здоровой костной ткани; $R_м$ и $C_м$ - сопротивление и емкость зоны остеорепарации.

По результатам анализа процесса моделирования остеорепарации с помощью эквивалентной электрической схемы замещения, можно сделать следующие выводы. Активное сопротивление, определяющее структурную целостность каналов с кровеносными сосудами, сразу же после перелома уменьшится за счет излившейся крови, затем по мере образования сгустка крови и формирования костной мозоли оно будет увеличиваться, а на стадии нормальной регенерации сопротивление будет постепенно снижаться до нормы. Значение емкости возрастет, по сравнению с нормальным, пропорционально величине гематомы в зоне перелома. В процессе регенерации значение ёмкости будет постепенно снижаться. Таким образом, можно сделать вывод, что, в целом, величина импеданса костной ткани в процессе регенерации, по сравнению с величиной импеданса целой кости будет значительно выше, в основном за счет ёмкостной составляющей (рисунок 4).

В результате можно сделать вывод, что отслеживание параметров импеданса костной ткани (величин его активной и реактивной составляющих) в процессе регенерации является достаточно точным, информативным и достоверным источником информации, необходимой врачу для успешного лечения.

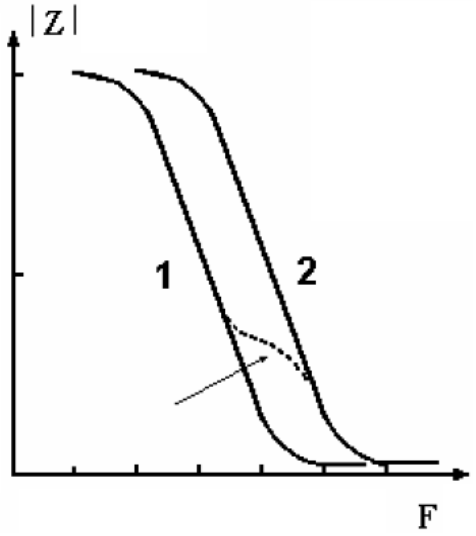


Рисунок 4. Изменение импеданса костной ткани в процессе регенерации. 1, 2 – кривые импеданса костной ткани в норме и в начале остеорепарации. Стрелкой указан переход от начальной стадии костеобразования к завершающей.

Список литературы:

1.В.П.Олейник, С.Н. Кулиш. Аппаратные методы исследований в биологии и медицине – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2004 г.

2.С.С.Ткаченко.В.В.Руцкий. Электростимуляция остеорепарации.- Л.: Медицина, 1989 г.

3.Ю.В. Торнуев. Р.Г. Хачатарян. Электрический импеданс биологических тканей.- М.: издательство ВЗПИ, 1990 г.

4.С.С. Ткаченко. Остеосинтез.- Л.: Медицина, 1987 г.

5.В.И. Стецула. В.В. Веклич. Основы управляемого чрескостного остеосинтеза.- М.: Медицина, 2003 г.

6.В.В. Смолянинов. Математические модели биологических тканей.- М.: Наука, 1980 г.

7.Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская, С.Г. Руднев. Биоимпедансный анализ состава тела человека — М. : Наука, 2009 г.

8.И.В. Черных. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2008 г.

9.С.А. Останин. LabVIEW в биомедицине.- М. National Instruments.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ЦЕННОСТЯМИ В МЕДИЦИНСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ СОВРЕМЕННОГО ЛЕЧЕБНО – ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО УЧЕРЕЖДЕНИЯ

Кокова М.В.
Научный руководитель: Песков В.В.
Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия, г. Томск, Московский тракт, 2
E-mail: www.kokova08@mail.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ. На современном этапе реформирования здравоохранения комплексному планированию развития материально-технической базы лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) отводится особая роль. Наличие необходимых ресурсов - медицинского оборудования, медикаментов, расходного медицинского материала, изделий медицинского назначения, определяет объем и структуру оказываемой лечебно-профилактическим учреждением медицинской помощи, вопросы оптимизации которой становятся наиболее острыми для здравоохранения [1].

Среди материальных средств необходимых для оказания медицинской помощи затраты на медицинские расходные материалы и одноразовые инструменты занимает важное место. Например, отделение гемодиализа в многопрофильном ЛПУ является одним из самых необходимых и дорогостоящих и стоимость расходного медицинского материала и медикаментов может составлять более 50% от стоимости всего процесса лечения [3]. Но до последнего времени, несмотря на большую значимость расходного медицинского имущества, его учету, контролю адекватности назначения, планированию расхода и закупок не уделяется должное внимание.

В настоящее время, несмотря на достаточно высокие затраты, связанные с использованием медицинских расходных материалов и одноразовых инструментов, не проведено системного исследования использования расходного медицинского имущества в зависимости от профиля лечения, видов медицинских вмешательств и других условий, которые могут оказать весомое влияние на уровень потребности в данном виде медицинского имущества.

Таким образом, актуальность и нерешенность задач информационного обеспечения управления ресурсами лечебно профилактических учреждений в части расходного медицинского имущества предопределили выбор темы исследования, его цели и задачи.

Объектом исследования является материально - техническое обеспечение многопрофильного лечебного учреждения.

Предмет исследования - закономерности организационного и информационного обеспечения управления материально – техническими ценностями многопрофильного лечебного учреждения.

Цель работы — на основе анализа современного опыта организации оказания медицинской помощи разработать модель автоматизированной системы обеспечения товарно-материальными ценностями (ТМЦ) медицинских подразделений ТОКБ, обеспечить совместимость используемых программных решений с существующими медицинскими и финансовыми информационными системами.

Для реализации данной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих в ТОКБ медицинских информационных систем (МИС);
- провести анализ потребностей в материалах и других материальных ценностях медицинского подразделения ТОКБ, оценка минимальных запасов, сроков доставки, видов заказа и других параметров, влияющих на их своевременное обеспечение;
- разработать модель автоматизированной системы на примере отдельного отделения ТОКБ;
- на основе имеющихся знаний провести настройку модулей МИС «МЕДИАЛОГ» отвечающих за обеспечение ТМЦ для отделения гемодиализа ТОКБ.

Материалы и методы. Работа выполняется на базе ОГУЗ ТОКБ, которая является крупным, многопрофильным медицинским учреждением, выполняющим специализированную лечебно-консультативную и организационно - методическую функцию на областном уровне. Так же которая успешно внедряет в практику новейшие информационные технологии, новейшее оборудование и новые способы организации обеспечения медицинской помощи, являясь перспективным объектом автоматизации.

Существует распространенные заблуждения, что существуют готовые медицинские информационные системы (МИС) готовые к внедрению и – есть люди, которые адаптируют уже готовые решения ЛПУ. Системы МИС необходимо настраивать под конкретные требования ЛПУ. Настройки эти требуют существенных финансовых и временных затрат [2].

В данное время ОГУЗ ТОКБ находится на первых этапах внедрения МИС «МЕДИАЛОГ». Система «МЕДИАЛОГ» была разработана компанией Post Modern Technology совместно со специалистами сферы здравоохранения. Она предназначена для автоматизации деятельности многопрофильного медицинского учреждения и позволяет:

- вести историю болезни пациентов в электронном виде;
- автоматизировать статистическую отчетность;
- оптимизировать планирование лечебных процессов;
- обеспечить управление финансовыми потоками организации.
- Благодаря своим разнообразным функциям «МЕДИАЛОГ» повышает эффективность работы врачей, работников регистратуры, сотрудников отдела статистики, бухгалтеров и менеджеров.

Система легко настраивается в соответствии с особенностями лечебного учреждения и легко адаптируется в случае его расширения и/или введения новых методов лечения и исследований. Также возможна "тонкая" настройка системы для индивидуальной работы любого специалиста клиники.

Для анализа информационной системы использовались методы системного анализа, методы моделирования и оптимизации. Анализ потребностей в материалах и других материальных ценностях медицинского подразделения ТОКБ, оценка минимальных запасов, сроков доставки, видов заказа и других параметров, влияющих на их своевременное обеспечение, осуществлялся на основе официальных документов, регламентирующих деятельность учреждений здравоохранения по медицинскому снабжению и экономике. Так же сбор первичной информации осуществляется методом очного индивидуального экспертного опроса. В качестве экспертов выступают сотрудники поликлиники и специалисты отдела автоматизации.

Разработка системы обеспечения товарно-материальными ценностями осуществлялась на базе МИС «МЕДИАЛОГ». База данных МЕДИАЛОГ представляет собой базу на MSSQL-сервере, содержащую набор таблиц, позволяющий хранить всю основную информацию, необходимую для работы медицинского учреждения. Система также обладает инструментарием для создания дополнительных - пользовательских и справочных - таблиц, которые были использованы в процессе настройки системы.

Итогом проведенной работы можно представить следующие результаты:

1. проведён технологический анализ используемых в ТОКБ программных продуктов и вычислительных ресурсов, которые участвуют в существующей системе учёта материальных ценностей.
2. выявлены принципы и особенности учёта ТМЦ в лечебных учреждениях, степень автоматизации систем обеспечения ТМЦ в ТОКБ.
3. проанализированы современные технические, методологические и программные требования, предъявляемые к современным системам обеспечения материальными ценностями.
4. разработана модель системы обеспечения ТМЦ и проведена настройка модуля «Аптека» в МИС «МЕДИАЛОГ».

Результаты данной работы могут быть использованы:

1. для организации работы должностных лиц ЛПУ при управлении медицинским снабжением; разработки информационных систем, обеспечивающих решение задач информационного обеспечения управления лечебно-диагностическим процессом в учреждении и вспомогательными процессами медицинского снабжения расходным медицинским имуществом;
2. разработки методических рекомендаций по осуществлению взаимодействия лечебно-профилактических учреждений с поставщиками медицинского оборудования, медицинских изделий, расходного медицинского имущества.
3. Для разработки новых или усовершенствования имеющихся МИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Брагина З. В., Чернов Л. А., Маценова Т. А. / Экономика здравоохр. — 2003. — № 3. 15 с.
2. Титоренко И.А., Кравченко А.П. , Типовые ошибки создания автоматизированных информационных систем лечебно-профилактического учреждения. Материалы конференции «Вологдинские чтения. Радиоэлектроника информатика электротехника», Владивосток: ДВГТУ, 2008, 117 с.
3. Чупрасов В.Б. / Программный гемодиализ. - СПб: ООО "Издательство "Фолиант", 2001. - 256

ЛЕЧЕНИЕ ХРОНИЧЕСКИХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Корикова Т.В.
Научный руководитель: Квашнина С.И., д.м.н., профессор
Тюменский государственный нефтегазовый университет, Институт кибернетики, информатики и связи, 625000, г.Тюмень, ул. 50 лет Октября, 62
E-mail: baimkatania15@rambler.ru

Актуальность проблемы. В современных условиях увеличивается число хронических вялотекущих форм воспалительных заболеваний органов малого таза со стертой симптоматикой. Многие авторы рассматривают воспалительные процессы половых органов как дебют большинства гинекологических заболеваний. Так, по мнению В.Н.Серова (2003), хронический воспалительный процесс в половых органах ответственен за формирование такой патологии, как эндометриоз, миома матки, гиперпластические процессы, бесплодие различного генеза, а также функциональные расстройства, нарушающие нормальное течение беременности.

Имеются работы (Радзинский В.Е., 2006, Кулаков В.И., 1995, Апресян С.В., 2003, Митков В.Г.,2004, Алеев И.А., 2005) по изучению и разработке диагностических алгоритмов, а также методов лечения хронического сальпингоофорита и хронического эндометрита. Поэтому особенно интересным для нас является сочетание хронического сальпингоофорита с хроническим эндометритом у женщин репродуктивного возраста, т.к. именно сочетанная патология усугубляет тяжесть течения хронического воспалительного процесса и повышает сопротивляемость к лечению.

Лечение данной патологии должно носить комплексный характер и направлено на локализацию воспалительного процесса, борьбу с инфекцией, активизацию защитных сил организма, детоксикацию и коррекцию гомеостаза. Однако возможность уменьшения лекарственной нагрузки на организм пациентки делает более обоснованным применение физических методов лечения. Более эффективном является использование низкоинтенсивного лазерного излучения. На данный момент не разработаны стандарты лазерной терапии, и асортимент терапевтической (в т.ч. лазерной) аппаратуры нуждается в пополнении [5].

В связи с изложенным, становится очевидным необходимость внесения патогенетически обоснованных дополнений в терапевтическую программу хронических воспалительных заболеваний матки и придатков, что является актуальным, как никогда в настоящее время.

Цель исследования изучение эффективности комплексного лечения больных с воспалительные заболевания женских половых органов с использованием современных лазерных терапевтических аппаратов.

Материалы и методы. Перед клиническим исследованием был проведен эксперимент на биообъектах. Объектом явились самки белых лабораторных мышей, в количестве 50 особей. Облучение проводилось устройством для лазерной терапии «АГИН-01». Мощность лучей лазеров равнялась 5,0 мВт, экспозиция составляла 3 минуты, количество сеансов по 10.

Морфологическому исследованию подверглись яйцевод, матка и влагалище лабораторных мышей.

При экспериментальном изучении реакции яйцевода мыши на действие лазерного излучения оказалось, что наиболее выраженные морфологические преобразования наблюдаются в опытах со сканирующим вариантом действия инфракрасным излучением.

Далее было проведено другое исследование, в котором принимали участие 147 женщин в возрасте от 18 до 59 лет, 105 из них составили основную и 47 контрольные группы.

В основной группе лазерная терапия проводилась с применением гинекологического аппарата «АГИН-01», в контрольной – аппаратов «УЛФ-01», «Улыбка-01», «ЛУЧ-200» [4,7].

Для определения оптимального режима воздействия аппарата «АГИН-01» 23 больным проводилось 45 пробных процедур лазерной терапии под контролем аппаратно-программного фотоплетизмографического комплекса «Диалаз» (АПФК «Диалаз»). Оптимальную дозу лазерного излучения подбирали исходя из ответных системных гемодинамических реакций организма, зависящих от конституциональных особенностей и состояния систем адаптации.

Лазерную терапию проводили по полостной (вагинальной или ректальной) методике [3]. Частота сканирования варьировала от 1 до 10 Гц, мощность излучения красного (КЛ) и инфракрасного (ИКЛ) лазеров - от 0,1 до 3,0 мВт. Датчик АПФК «Диалаз» накладывали на дистальную фалангу V пальца левой руки у 18 больных, на дистальную фалангу III пальца левой ноги у 5. Фотоплетизмографический мониторинг процедур лазерной терапии проводился по методике Е.Л. Малиновского и соавт. [8]

Количество сеансов лазерной терапии на курс лечения варьировало от 6 до 12, длительность каждого - от 5 до 20 минут.

Ответные реакции женского организма - генитальные рефлекторные реакции (ГРР) - на лазерную терапию оценивались по методике В.Н. Баранова [3]: 1-я степень ГРР - ощущение тепла и сокращения мышечных волокон в области влагалища, 2-я - иррадиация тепловых ощущений в об-

ласть матки и придатков, гортани и глотки, ритмические сокращения матки, 3-я - генерализация тепловых ощущений, ритмические сокращения матки и маточных труб, ощущение сухости, першения в гортани и глотке. Полученные данные были обработаны с использованием методов вариационной статистики.

С помощью АПФК «Диалаз» определяли реакцию биосистемы на проводимые процедуры [7,9], которую сопоставляли с выраженностью ГРР [5,8].

Результаты исследования. Результативность аппарата «АГИН-01» по сравнению с таковой традиционных лазерных терапевтических аппаратов оказалась значительно выше.

По сравнению с контрольной группой улучшение в основной группе при болевом синдроме наступало чаще в 2,7 раза, варикозном расширении вен матки - в 2,0 раза, нарушении менструальной функции - в 1,7 раза, бесплодии, обусловленном нарушением функции маточных труб, - в 2,0 раза, спаечно-руцовом процесе в области матки и придатков со смещениями матки вправо или влево - в 1,8 раза, загибах матки кзади - в 5,3 раза, гениталгии - в 1,9 раза, При сочетании нескольких видов нарушений эффективность лечения «АГИН-01» была выше, чем при лечении традиционными аппаратами лазерной терапии, в 2,6 раза.

Выводы. Таким образом, низкоинтенсивное лазерное излучение, применяемое в аппарате «АГИН-01» эффективно при лечении хронических воспалительных заболеваний органов малого таза у женщин. Прибор «Диалаз» позволяет объективно отражать адаптационные реакции

организма и может применяться в гинекологии как для диагностики состояния больных, так и для контроля необходимого уровня активации процессов при лазерной терапии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алеев И.А. Некоторые генетические и иммунологические аспекты хронического эндометрита у женщин репродуктивного возраста: Автореф. дисс. … канд. мед. наук. - М., 2005.- 20с.

2. Апресян С.В. Оптимизация восстановления фертильности у женщин с трубно- перитонеальным бесплодием: Автореф. дисс. … канд. мед.наук. - М., 2003. - 24 с.

3. Баранов В.Н. Низкоэнергетические лазеры в рефлексотерапии хронических сальпингоофоритов. - Челябинск: Иероглиф, 2000. -112 с.

4. Баранов В.Н., Ларюшин А.И, Новиков В.А. Лазерная терапия в гинекологической практике: аппарат АГИН-01 //Фотоника.-2008. -№ 1 – С.20-23.

5. Картелишев А.В., Малиновский Е.Л., Евстигнеев А.Р. Новый принцип подбора лечебных режимов низкоинтенсивной лазерной терапии для оптимизации ее эффективности в педиатрии // Лазерная медицина. - 2009. - Том 13; № 3. - С.4-8.

6. Кулаков В.И. Акушерская и гинекологическая помощь.- М.: Наука 1995. - 304 с.

7. Ларюшин А.И., Житкова М.Б., Баранов В.Н., Новиков В.И. Аппарат «АГИН-01» - новый медицинский аппарат для гинекологии // Лазерн-форм. -2009. -№ 13. -14-С.112.

8. Малиновский Е.Л., Картелишев А.В., Евстигнеев А.Р. Обоснование применения лазерного излучения в терапевтической практике // Клиническая лазерология. – Саранск - Калуга, 2008.- С. 221-246.

9. Митков В.Г. Иммуномикробиологические аспекты хронических воспалительных заболеваний женских половых органов: Автореф. дисс… канд. мед. наук. - М., 2004. - 23 с.

10. Профилактика послеродовых инфекций у женшин с бактериальным вагинозом / В.Е. Радзинский, И.М. Ордиянц // Гинекология. -2006.-Том 8;№1.-С. 2-3.

11. Серов В.Н. Современные подходы к лечению воспалительных заболеваний женских половых органов // Метод. материалы. -М., 2003.-С.52.

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ВЫДЫХАЕМОГО ВОДУХА БОЛЬНЫХ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ХРОНИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ: ХРОНИЧЕСКАЯ ОБСТРУКТИВНАЯ БОЛЕЗНЬ И РАК ЛЕГКИХ

Кузьмин Д.А., Буланова А.А., Юмов Е.Л.
ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет Минздравсоцразвития России
634050, Россия, г. Томск, ул. Московский тракт, 2
E-mail: band107@mail.ru

В последнее время медицинская практика все чаще обращает свое внимание на профилактику и раннюю диагностику заболеваний, занимающих лидирующее положение в частоте возникновения, социально-экономических издержек и смертности. Отдельной группой такого класса заболеваний являются хронические заболевания дыхательных путей.

Заболевания органов дыхания занимают одну из лидирующих позиций в структуре общей заболеваемости населения нашей страны. На эту группу болезней приходится до 27,8% всей зарегистрированной и 42,7% выявленной впервые патологии [1]. Как правило, они либо плохо диагностируются на начальных этапах развития либо длительно и тяжело лечатся. [2,3]. Как ХОБЛ, так и рак легких сегодня на одном из первых мест среди причин смертности населения. По данным 2000 года рак легкого стал причиной смерти 32 % мужчин, и 7,2 % женщин, у которых были обнаружены какие-либо злокачественные новообразования [4]. ХОБЛ, как причина летальности, занимает 4-е место в мире в возрастной группе старше 45 лет и является единственным заболеванием, при котором летальность продолжает увеличиваться.

Для таких заболеваний полезно иметь неинвазивный и простой в использовании высокочувствительный метод диагностики, который мог бы помочь на ранних этапах развития патологии. С этой точки зрения перспективным является исследование выдыхаемого воздуха, поскольку состав последнего может отражать особенности метаболических процессов в бронхолегочной системе [5].

В данном исследовании сравниваются спектры поглощения проб выдыхаемого воздуха больных хронической обструктивной болезнью легких и немелкоклеточным раком легких.

Для проведения измерений использовались лазерные оптико-акустические газоанализаторы ILPA-1 и LGA-2 (производство ООО «Специальные технологии», г. Новосибирск), которые обладают высокой чувствительностью и спектральным разрешением, требуют малый объём рабочей пробы [6].

Дизайн исследования. Исследование было разбито на две части. Первая часть касалась больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). Сбор проб осуществлялся у пациентов-добровольцев пульмонологического отделения МКЛПМУ Городская больница №3 (г. Томск), возраст пациентов в группе колебался от 40 до 70 лет. Группа сравнения – здоровые молодые люди без какой-либо легочной патологии. Для измерений использовался прибор ILPA-1.

Вторая часть исследования проводилась с привлечением больных немелкоклеточным раком легких (РЛ) стационарного торакоабдоминального отделении НИИ Онкологии СО РАМН, возраст пациентов – от 35 до 70 лет. В группу сравнения, также как и в первой части, вошли здоровые юноши-добровольцы без легочных заболеваний. Для измерений использовался прибор LGA-2.

Общая информация о группах исследования представлена в Таблице 1.

Характеристика	Первая часть		Вторая часть	
	Больные	Здоровые	Больные	Здоровые
Количество участников исследования, чел.	20	25	27	15
Возраст участников исследования, лет	от 35 до 70	от 19 до 29	от 40 до 70	от 20 до 27
Половая принадлежность	100% муж.	100% муж.	80% муж.	100% муж.
Наличие заболевания бронхолегочной системы	100% РЛ	100% НЕТ	100% ХОБЛ	100% НЕТ
Наличие сопутствующих заболеваний	100% ДА	100% НЕТ	100% ДА	100% НЕТ

Таблица 1. Общая информация о группах исследования

Процедура забора выдыхаемого воздуха от всех обследуемых состояла в следующем: испытуемый через чистую пластиковую трубочку делал несколько (2-3) спокойных выдохов в стерильную стеклянную пробирку объемом 10 мл, закрывающуюся стерильным ватным тампоном-пробкой. При этом не используется вспомогательная дыхательная мускулатура, как, например, при глубоком вдохе и выдохе. Все пробы брались до еды или, хотя бы, через 30-40 минут после нее. Испытуемые, занимающиеся табакокурением, не курили до забора проб (не менее 30 минут). До взятия проб испытуемые полоскали ротовую полость проточной водой. Далее, с помощью оптико-акустического газоанализатора были получены

сканы спектров поглощения газовыделений взятых проб. Для уменьшения погрешностей сканирование каждой пробы на LGA-2 проводилось 10 раз, на ILPA-1 сканирование каждой пробы проводилось 5 раз. Данные полученных сканов усреднялись по колебательным полосам генерации CO_2-лазера, входящего в состав газоанализаторов.

Математическая обработка спектров проводилась с помощью метода главных компонент. При использовании этого метода, с одной стороны, могут быть выявлены скрытые связи и закономерности, характерные для исследуемого набора данных, с другой стороны, исключены шумы данных (та часть данных, которая не содержит искомой информации) [7]. Суть метода состоит в линейном преобразовании исходной матрицы X размерностью i×j (i – число наблюдений (образцов), j – число длин волн) в произведение двух матриц T (матрица счетов) и P (матрица нагрузки), и матрицу остатков E.

$$X = T \times P^t + E$$

После того, как все матрицы будут найдены, можно построить пространство из главных компонент и спроецировать на него образцы наблюдений. При этом можно варьировать некоторые параметры (например, число главных компонент) для достижения наиболее оптимальных результатов.

На рис.1, в качестве примера, представлен график распределения спектров поглощения выдыхаемого воздуха нескольких больных хронической обструктивной болезнью и немелкоклеточным раком легких в сравнении со здоровыми людьми.

Заключение

Полученные данные в целом показывают перспективность применения лазерного оптико-акустического газоанализа выдыхаемого воздуха для оценки состояния больных с хроническими заболеваниями органов дыхания. Построенные нами «облака» данных для групп больных ХОБЛ и РЛ отделяются от группы здоровых людей, но, все-таки они перекрываются между собой. Возможно, объяснением данного факта является преобладание сходных патологических процессов в легких (метаплазия эпителия бронхов). Поэтому необходимо учитывать стадию развития заболевания. Занятия табакокурением также могут изменять спектры поглощения выдыхаемого воздуха больных-добровольцев.

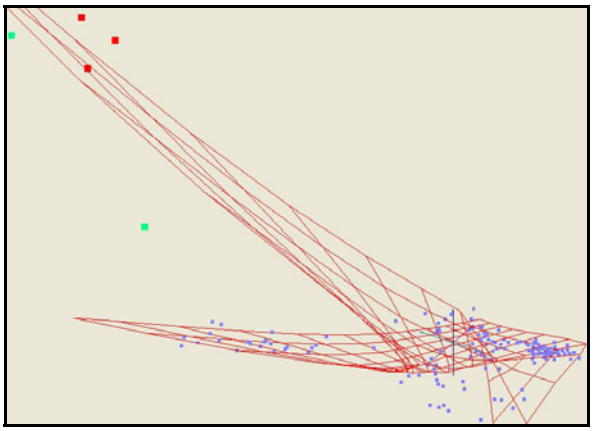


Рис.1. График распределения коэффициентов поглощения выдыхаемого воздуха больных ХОБЛ и РЛ в сравнении со здоровыми людьми; красным цветом обозначены больные ХОБЛ, зеленым – больные РЛ, сиреневым – выборка здоровых

Список литературы

1. Щепин, О.П. Современное состояние и тенденции заболеваемости населения Российской Федерации / О.П. Щепин, Е.А. Тищук // Здравоохранение Российской Федерации. – 2001. – №6. – С.3-7.
2. Ранняя диагностика рака легкого (обзор по материалам электронных СМИ) [Электронный ресурс] / В.П. Потанин, А.В. Потанин – Электрон. дан. – Режим доступа: http://mfvt.ru/rannyaya-diagnostika-raka-legkogo-obzor-po-materialam-elektronnyx-sredstv-massovoj-informacii.
3. Хроническая обструктивная болезнь легких и сопутствующие заболевания. Часть II. ХОБЛ и некардиальные поражения [Электронный ресурс] / под ред. А.Г. Чучалина. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.rmj.ru/articles_5819.htm
4. Нидюлин, В.А. Об эпидемиологии рака легких / В.А. Нидюлин, Б.В. Эрдниева // Медицинский вестник Башкортостана: обзорная статья. – Башкирский государственный медицинский университет. – 2009. – Т. 4, №1. – С. 66-71
5. Капилевич, Л.В. Диагностика воспалительных процессов в органах дыхания на основе анализа состава выдыхаемого воздуха / Капилевич Л.В. и др. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007.
6. Применение методов лазерной спектроскопии и нелинейного анализа для исследования медико-биологических объектов / под ред. Кистенёв Ю.В. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007.
7. Метод Главных Компонент (PCA) [Электронный ресурс] / под ред. А. Померанцева. Электрон. дан. – Режим доступа: http://rcs.chph.ras.ru/Tutorials/pca.htm

Работа выполнена при частичном финансировании РФФИ № 11-02-98005_р_сибирь_а

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ КАНАЛ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА НА НАНОЭЛЕКТРОДАХ

Клубович А.А., Лежнина И.А. Южаков М.М.
Научный руководитель: Авдеева Д.К., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина 30
E-mail: inna84@sibmail.com

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) Россия занимает первое место по смертности от болезней сердечно-сосудистой системы. Повышение эффективности лечения и возвращение пациентов к активной жизни связаны со своевременным обнаружением заболеваний и быстрым оказанием квалифицированной помощи.

Для повсеместной доступности квалифицированного медицинского обслуживания необходимы специализированные мобильные системы внебольничной (амбулаторной) телемедицины – для скорой помощи, диспансеризации, дистанционного наблюдения, индивидуального применения и т.д. Социальный заказ на такие разработки имеется не только от ученых и практикующих врачей, которые настойчиво заявляют о необходимости развития мобильных технологий, но и от больных, нуждающихся в динамическом контроле[1-3].

Сочетание активного развития информационных и коммуникационных технологий, экспоненциальный рост пользователей сети интернет приводит к инновационной востребованности телемедицинских проектов.

Помимо развития телекоммуникационной медицины в настоящее время одним из направлений развития электрокардиографии является регистрация и анализ низкоамплитудных потенциалов, возникающих на электрокардиосигнале. Низкоамплитудные потенциалы заключают в себе важную диагностическую информацию о состоянии сердца пациента. Во многих случаях даже сам факт их наличия на ЭКС позволяет повысить качество и информативность диагноза [1-3].

Малогабаритных кардиографов для индивидуального домашнего применения на Российском рынке не так много, хотя явно просматривается тенденция их появления. В 2010 году на рынке можно было встретить всего лишь один прибор для домашнего использования Armed PC-80A, диагностика которого сводится к определению аритмии, что очень ограничивает возможность его применения. Погрешность измерений частоты сердцебиения Armed PC-80A составляет 2 удара в минуту, память записи на 24 измерения по 30 секунд. В медицинской практике установлено, что для исследования аритмии требуется длительный анализ ЭКГ (от 12 часов до 7 суток), поэтому исследования ЭКГ в течение 30 секунд является неэффективным.

На данный момент (начало 2012 года) появилось уже несколько производителей, выпускающих аппараты для индивидуального применения. Зачастую наблюдается тенденция, когда аппарат, предназначенный для использования в медицинском учреждении, представляется как аппарат для индивидуального использования. Такая тенденция указывает на перспективность данной продукции.

Наиболее качественным является портативный электрокардиограф «Кардиоджет» для домашнего применения. Технические характеристики данного аппарата соответствуют ГОСТ 19687-89 [4] и аппаратуре, используемой в медицинских учреждениях, его интерфейс хорошо адаптирован для человека, не имеющего опыт использования электрокардиографа. Данный аппарат, на сегодняшний день, является лучшим в своей сфере применения (домашняя электрокардиография), однако он, как и любой другой стандартный аппарат регистрирует стандартную ЭКГ с фильтрующими элементами в диапазоне частот от 0,05 Гц до 100 Гц с уровнем шума менее 20 мкВ.

Разработка телемедицинского канала для электрокардиографа на наноэлектродах проводится по федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., в рамках реализации мероприятия № 1.3.1 Проведение научных исследований молодыми учеными - кандидатами наук, тема проекта: «Разработка и исследование телекоммуникационного канала для электрокардиографа на наноэлектродах для массовой ранней диагностики различных заболеваний сердца человека».

Обычно для исследования используют металлические электрокардиографические электроды многоразового применения. Данные электроды под воздействием биоэдс мышц, возникающих в процессе жизнедеятельности человека, поляризуются. По этой причине необходимы фильтры, ограничивающие сигналы в области низких частот, либо разрабатывают следящую систему на цифро-аналоговых преобразователях для компенсации постоянной составляющей биоэдс во входной цепи. Чаще всего идут по пути ограничения полосы пропускания измерительной системы. Второй вариант применяют в приборах высокого разрешения, схема усложняется, содержит большее количество электронных компонентов, которые приводят к увеличению уровня базового шума и к снижению чувствительности. Постоянное напряжение на выходе ЦАПа в следящей системе создаёт постоянные токи, протекающие через электроды, поляризуя их.

Качество записи ЭКГ напрямую зависит от метрологических характеристик электродов, накладываемых на тело человека. В Томском политехническом университете в лаборатории медицинского приборостроения разработаны медицин-

ские наноэлектроды.

Преимущества наноэлектродов:

- практически не поляризуются при токах до 0,5 мкА и имеют низкие контактные потенциалы;

- дрейф электродного потенциала при постоянном токе 1 нА составляет не более 0,001 мкВ/с; при токе 100 нА – не более 0,01 мкВ/с;

- размах собственных шумов электродов в различных частотных диапазонах –

- ✓ от 0,01 Гц до 1 Гц - ±5нВ;
- ✓ от 0,05 Гц до 75 Гц - ±35нВ;
- ✓ от 1 Гц до 500 Гц - ±80нВ.

Данные преимущества позволяют:

- разработать ЭКГ-аппарат без фильтров во входной измерительной цепи (проведенные нами исследования оценки влияния различных видов фильтров на сигнал ЭКГ доказывают, что фильтры в измерительной цепи электрокардиографов оказывают различное влияние на амплитуды, длительности зубцов и смешение интервалов электрокардиосигнала), и следовательно, обеспечить более точную диагностику, с меньшим количеством ошибок, возникающих при интерпретации искаженной электрокардиограммы фильтрами;

- получить технические характеристики ЭКГ-аппарата, превышающие по параметрам дорогие ЭКГ-аппараты, используемые в кардиоцентрах и др.мед.учреждениях;

- получить высокочувствительный портативный ЭКГ-аппарат, имеющий ступень квантования 20 нВ, что позволяет диагностировать низкоамплитудные составляющие ЭКГ, имеющие значение при выявлении опасных для жизни заболеваний сердца.

В результате получаем недорогой и простой в использовании ЭКГ-аппарат с телекоммуникационным каналом для применения в домашних условиях с повышенной разрешающей способностью.

Технические характеристики портативного электрокардиографа на наноэлектродах с телекоммуникационным каналом:

- диапазон входных напряжений от ± 0,002мВ до ±20мВ (по ГОСТ 19687-89 от 0,03мВ до 5мВ);
- уровень собственных внутренних шумов от пика до пика – от -1мкВ до +1мкВ;
- диапазон частот –(0-40)/(0-75)/(0-100) Гц;
- частота квантования – 200/500/1000/2000;
- число каналов – 1 или 3;
- число электродов -3 или 7;
- запись на флэш с объемом памяти – 2 Гб;
- часы реального времени;
- питание от аккумуляторных батарей.

Технические характеристики аналога (по сфере применения)
http://www.telmed.ru/info/cardiojet-about.html**:**

- диапазон входных напряжений от ± 0,03мВ до 5мВ (по ГОСТ 19687-89 от 0,03мВ до 5мВ);
- Напряжение внутренних шумов в каналах электрокардиографа, приведенных ко входу - не более 20мкВ;
- диапазон частот – (0,05-100) Гц;
- число каналов – 12;
- число электродов -12.

Данный аппарат, на сегодняшний день, является лучшим в своей сфере применения (домашняя электрокардиография), однако он, как и любой другой стандартный аппарат не может обеспечить раннюю диагностику заболеваний сердца. По техническим характеристикам Кардиоджет значительно уступает электрокардиографу на наноэлектродах.

Электрокардиограф на наноэлектродах будет иметь эргономичный дизайн, минимум кнопок для простоты управления, простой, максимально доступный для понимания интерфейс программного обеспечения для диагностики заболеваний.

Специальное программно-алгоритмическое обеспечение позволит получать пользователю рекомендации по визиту к врачу или по проведению повторного анализа, также в электрокардиографе предусмотрен телемедицинский канал для передачи ЭКГ на диагностику врачу-кардиологу в специальный диагностический центр.

Например: «повторить анализ ЭКГ через час», «необходимо обратиться к врачу», «есть риск возникновения заболевания, рекомендуем обратиться к врачу», «без патологий, рекомендуется повторное исследование через 1 месяц» и т.п.

Литература:

1. Казанцев А.П. Телемедицинские системы мобильной электрокардиографии/Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Рязань. – 2009. –С.19.

2. Телемедицина: обзор современного состояния и перспективы развития в России. {Электронный ресурс}.– URL: http://w3.rfbr.ru/default.asp?article_id=5548&doc_id=5175#id5548 . Дата обращения: 20.10.2011

3. Современная телемедицина. {Электронный ресурс}.– URL: http://www.rdkb.ru/work/tele . Дата обращения: 20.10.2011.

4. ГОСТ 19687-89. Приборы для измерения биоэлектрических потенциалов сердца. Общие технические требования и методы испытаний. – Государственный Комитет СССР по стандартам, 1989.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

Макарова Л. С.
Научный руководитель: Берестнева О. Г., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: makarova_lyudmila@rambler.ru

Диагностика играет в медицине важнейшую роль, и постановка диагноза требует от врача большого мастерства, знаний и интуиции. Своевременно поставленный точный диагноз часто облегчает выбор метода лечения и значительно повышает вероятность выздоровления больного. В последние годы благодаря применению современных методов лечения и диагностики, основанных на новейших достижениях науки и техники, возможности получения успешных результатов значительно возросли. Один из наиболее перспективных подходов к решению задач постановки точного диагноза – применение нейросетевых технологий.

Нейронные сети представляют собой нелинейные системы, позволяющие гораздо лучше классифицировать данные, чем обычно используемые линейные методы. В приложении к медицинской диагностике они дают возможность значительно повысить специфичность метода, не снижая его чувствительности.

В традиционных вычислительных системах:

1. Необходимо точное описание алгоритма.
2. Данные должны быть точными. Аппаратура легко повреждается. Разрушение основных элементов памяти делает машину неисправной.
3. Каждый обрабатываемый объект явно указан в памяти.
4. Трудно построить хороший алгоритм восприятия образов и ассоциативной выборки.

В нейрокомпьютере (нейронной сети):

1. Способ обработки больше похож на обработку сигналов, вместо программы — набор весов нейронов, вместо программирования — обучение нейронов (настройка весов).
2. Нейронная сеть устойчива к шумам, искажения данных не влияют существенно на результат (в том числе выход из строя отдельных нейронов).
3. Обрабатываемые объекты представлены весами нейронов неявно. В результате сеть может работать с объектами, которые ей ранее не встречались, и обобщать результаты обучения.
4. Сети хороши для задач восприятия и ассоциативной выборки.

Важнейшее свойство нейронных сетей состоит в параллельной обработке информации одновременно всеми нейронами. Другое не менее важное свойство нейронной сети состоит в способности к обучению и к обобщению полученных знаний.

Рассмотрим возможности использования нейросетевых технологий в задачах медицинской диагностики на примере задачи дифференциальной диагностики бронхиальной астмы.

Имеется выборка X из n объектов (пациентов, с различными формами бронхиальной астмой), характеризующихся m переменными (показатели бронхолегочной системы)

$$X=\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & x_{i,j} & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix},$$

где i - номер объекта (пациента), j - номер переменной (признака).

И вектор $Y=\{y_1, \ldots y_i \ldots y_k\}$, где y_i – один из возможных диагнозов (например, различные формы бронхиальной астмы), k - количество диагностируемых классов (возможных диагнозов).

Таким образом, задача заключается в построении модели дифференциальной диагностики бронхиальной астмы, т.е. построение решающего правила для отнесения i - го объекта (i =1…n) (пациента) с определенным набором признаков j (j =1..m) к одному из имеющихся классов y_i (i = 1..k) (диагнозов), т.е. решение задачи классификации.

Задача классификации представляет собой задачу отнесения образца к одному из нескольких попарно не пересекающихся множеств. Классификатор, таким образом, относит объект к одному из классов в соответствии с определенным разбиением N-мерного пространства, которое называется пространством входов, и размерность этого пространства является количеством компонент вектора.

Персептрон представляет собой сеть, состоящую из нескольких последовательно соединенных слоев формальных нейронов МакКаллока и Питтса. На низшем уровне иерархии находится входной слой, состоящий из сенсорных элементов, задачей которого является только прием и распространение по сети входной информации. Далее имеются один скрытый слой и один выход. Нейрон характеризуется уникальным вектором весовых коэффициентов W. Веса всех нейронов слоя формируют матрицу, которую мы будем обозначать W. Функция нейрона состоит в вычислении взвешенной суммы его входов с дальнейшим нелинейным преобразованием ее в выходной сигнал:

$$y=\frac{1}{1+e^{-(\sum_i W_i x_i-\Theta)}} \qquad (1)$$

Выходы нейронов последнего, выходного, слоя описывают результат классификации Y=Y(X). Матрицу весовых коэффициентов от входов к скрытому слою обозначим W, а матрицу весов, соединяющих скрытый и выходной слой - как V.

Пусть сеть обучается на выборке (X_a, Y_a), $\alpha=1..p$. Начальные значения весов всех нейронов всех слоев $V(t=0)$ и $W(t=0)$ полагаются случайны-

ми числами. Сети предъявляется входной образ X_a, в результате формируется выходной образ Y_a. При этом нейроны последовательно от слоя к слою функционируют по следующим формулам:

скрытый слой:

$$x_i = \sum_i W_{ij} X_i^a \quad , \quad y_i = f(x_i)$$

выходной слой:

$$x_k = \sum_i V_{ik} y_i \quad , \quad y_k = f(x_k)$$

Здесь *f(x)* - сигмоидальная функция, определяемая по формуле (1).

Функционал квадратичной ошибки сети для данного входного образа имеет вид:

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (y_k - Y_k^a)^2$$

Таким образом, необходимо найти матрицу весов *V,* которая даст минимальную ошибку обучения нейронной сети.

В качестве исходной информации использовались данные клиники, в которой зарегистрированы результаты исследования 83 человек с установленным диагнозом бронхиальной астмы. 23 человека – первая группа – бронхиальная астма психогенно–индуцированная; 19 человек – вторая группа – бронхиальная астма сомато-психогенная; 29 человек – третья группа – бронхиальная астма непсихогенная, 12 человек – четвертая группа – психогенная одышка (не болеют бронхиальной астмой). Для каждого человека имеются результаты анализов: физиологические показания дыхания, психологические показания, индексированные значения физиологических показаний – динамика показателей функции легких. В общем 173 различных показаний, по которым можно наиболее точно определить болеет ли человек бронхиальной астмой, и если да, то ее тип.

На рисунке 1 ниже приведена модель нейрона, лежащая в основе искусственных нейронных сетей.

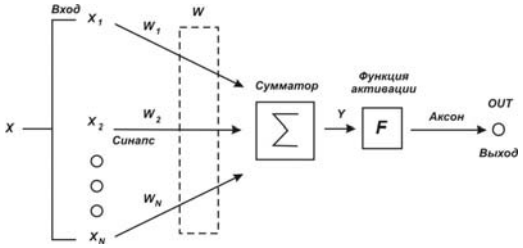


Рис. 1. Модель искусственного нейрона

В этой модели нейрона можно выделить три основных элемента:

- синапсы, осуществляют связь между нейронами, умножают входной сигнал на весовой коэффициент синапса, характеризующий силу синаптической связи;

- сумматор, определяет уровень возбуждения нейрона;

- функция активации, определяет окончательный выходной уровень нейрона, с которым сигнал возбуждения поступает на синапсы следующих нейронов.

Для построения модели дифференциальной диагностики бронхиальной астмы будем использовать многослойный персептрон.

На практике чаще всего используют двухслойный персептрон. Рассмотрим схему двухслойного персептрона, представленную на рисунке 2.

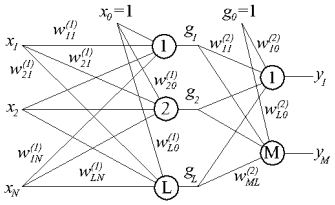


Рис. 2. Структурная схема двухслойного персептрона.

Здесь g_l, l=1, 2, ..., L – выходные сигналы первого слоя нейронов. Верхние индексы в скобках (m), m=1, 2, означают номер слоя нейрона.

Представленная на рисунке сеть – трехслойная: входные сигналы сети $x_1, x_2, \ldots x_N$ составляют входной слой, выходные сигналы первого нейронного слоя $g_1, g_2, \ldots g_L$ образуют первый скрытый слой, а выходные сигналы $y_1, y_2, \ldots y_M$ – слой выходной.

Выходные сигналы нейронных слоев легко рассчитываются по следующим формулам:

$$g_l = f(\sum_{i=0}^{N} w_{lj}^{(1)} x_j), l = \overline{1, L} \ ,$$

$$y_i = f(\sum_{l=0}^{L} w_{il}^{(2)} g_l) = f(\sum_{l=0}^{L} w_{il}^{(2)} f(\sum_{j=0}^{N} w_{lj}^{(1)} x_j)), i = \overline{1, M}$$

Цель обучения многослойного нейрона заключается в подборе таких значений всех весовых коэффициентов сети $w^{(1)}_{li}$ и $w^{(2)}_{li}$, которые обеспечивают максимальное совпадение выходного вектора Y_k и эталонного вектора ожидаемых значений D_k при предъявлении входного вектора X_k.

Для компьютерной реализации диагностической модели с помощью многослойного персептрона была выбрана система Matlab. Качество распознавания на контрольной выборке составило 82%, что является достаточно хорошим результатов для задач медицинской диагностики.

Полученная диагностическая модель будет использована в системе поддержки принятия решения диагностики и лечения бронхолегочных заболеваний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежов А.А., Чечеткин В.Н. Нейронные сети в медицине//Открытые системы. – 2007. – № 4. – С. 34-37

2. Тархов Д.А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы. – М.: Радиотехника, 2005. – 168 с.

3. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Кн.1: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с.

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКИХПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Максимов Д. Е.
Научный руководитель: Карась С. И., д.м.н., профессор
ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет,
634050, Россия, г. Томск, ул. Московский тракт, 2
E-mail: Pub_lic@mail.ru

В последние годы разработка онтологий - формальных явных описаний терминов предметной области и отношений между ними – переходит из мира лабораторий по искусственному интеллекту на рабочие столы экспертов по предметным областям. Во всемирной паутине онтологии стали обычным явлением.

Знания в предметной области могут рассматриваться как система взаимосвязанных элементов. Одним из вариантов представления знаний является создание онтологий.

Онтология - это конструкция, представляющая собой множество объектов, классифицированных в соответствии с некоторыми критериями, плюс описание свойств этих объектов. Формально онтология состоит из терминов, организованных в таксономию, их определений и атрибутов, а также связанных с ними аксиом и правил вывода.

Онтология определяет общий словарь для экспертов и пользователей, которым нужно совместно использовать информацию в предметной области. Она включает машинно-интерпретируемые формулировки основных понятий предметной области, отношения между ними и правила обработки этих понятий[1].

В настоящее время онтологии используются в электронной коммерции как средства обмена информацией; в медицине как средства классификации и основы для построения экспертных систем; в планировании и проектировании как средства, предлагающие оптимальные решения для стандартного набора задач, и других областях. В области инженерии знаний онтологии являются средством формирования систем управления знаниями. В области информационных систем онтологии играют важную роль, объединяя основные компоненты любой информационной системы: информационные ресурсы, интерфейс пользователя и прикладные программы. Особенно широкое распространение онтологии получили благодаря развитию распределенных систем искусственного интеллекта, реализуемых на основе технологии агентов[2].

Онтологии могут быть использованы везде, где требуется обработка данных, учитывающая их семантику. В силу изначальной ориентированности языка OWL на машинную обработку, правильное применение онтологий может, с одной стороны, существенно упростить и, с другой стороны, открыть новые возможности в разработке приложений, решающих задачи автоматизированной обработки и доступа к данным[3].

Для создания и поддержки онтологий существует целый ряд инструментов, которые помимо общих функций редактирования и просмотра выполняют поддержку документирования онтологий, импорт и экспорт онтологий разных форматов и языков, поддержку графического редактирования, управление библиотеками онтологий и т.д[4].

Данная работа посвящена созданию программного комплекса для разработки онтологических моделей доменов. Данный комплекс может представлять интерес для системных аналитиков и экспертов медицинских областей знаний.

Большинство существующих на сегодняшний день инструментов для создания онтологий позволяют разрабатывать их на основе фреймовой модели знания или дескриптивной логики, имеют файловое хранение и редко имеют расширяемость в виде подключаемых модулей.

В данной работе при создании программного комплекса используется сетевая модель представления знаний, для хранения онтологии используется СУБД и будет обеспечена расширяемость за счет создания протокола для подключения модулей.

Цель

Целью является разработка программного комплекса, позволяющего реализовать онтологическое представление медицинских областей.

Задачи

Задачи работы определяются целью работы и состоят в следующем:

- определение необходимых и достаточных элементов онтологии и их параметров;
- проектирование и создание базы данных, используемой в программном комплексе;
- проектирование и создание программы формирования базы знаний с механизмом подключения модулей вывода.

Методы и подходы

Разрабатываемый программный комплекс для создания онтологических моделей доменов представляет собой клиент-серверное приложение.

Серверная часть программного комплекса разрабатывается с помощью системы управления базами данных - MySQL 5.1. Представляет собой базу данных, содержащую набор связанных между собой таблиц со списками объектов, связей, а также параметров этих объектов и связей.

Клиентская часть программного комплекса будет реализовываться в среде Delphi. Представляет собой приложение, состоящее из следующих модулей:

- главный модуль обеспечивает представление структуры информационной системы (онтологии).
- к подключаемым модулям относятся:

- конструктор отчетов в зависимости от запроса отражает данные об объектах, фильтрации, группировке и т.д.

- административный модуль определяет функции ролей:
администратор имеет полный доступ к данным, управлению списком пользователей и правами их доступа, поддерживает техническую сторону работы комплекса (резервное копирование, сжатие и т.п.). Эксперт имеет возможность внесения данных; редактирование и удаление данных. Пользователь имеет доступ к данным только в режиме просмотра.

Основной единицей структуры данных является объект, включающий название и мультимедийное описание. Объектом может быть любое понятие из исследуемой области – предмет, термин, определение и т.п. Каждый объект может принадлежать к неограниченному множеству пространств – совокупности объектов, объединенных по какому-либо признаку. Для любого объекта в пространстве может быть задан вес, в разных пространствах вес объекта может быть различным. Каждому объекту, независимо от пространств, которым он принадлежит, может быть присвоено неограниченное количество тэгов. Тэги имеют иерархическую структуру неограниченной степени вложенности, используются для удобства работы со списком объектов – поиска, фильтрации, сортировки. Пространство разделяется на области, которые могут пересекаться, один объект может находиться в неограниченном количестве областей одновременно. Для любой пары объектов, находящихся в одной области, может быть задана связь, характеризующаяся силой, направлением, типом и подтипом. Сила связи – числовая характеристика от ноля до единицы в порядковой шкале; ноль эквивалентен отсутствию связи, единица – идентичности объектов. Под направлением связи между объектами O1 и O2 понимается один из трех вариантов:
• Нет (отсутствие направления)
• O1> O2 (от O1 к O2)
• O1< O2 (от O2 к O1)

Тип и подтип связи представляют собой краткое формализованное описание связи и выбирается из списка типов связей, сформированных экспертами. Помимо этого, каждой связи может соответствовать развернутое описание в произвольной форме.

Функциональная структура разрабатываемого программного комплекса представляет собой формирование базы знаний (БЗ).

Формирование БЗ заключается в создании списка объектов и установлении связей между ними. Кроме того, БЗ включает в себя список пространств с разделением на области, а также списки тэгов объектов и типов связей. Эти списки могут корректироваться во время работы по наполнению БЗ. При добавлении объектов программа отслеживает похожие наименования и предлагает список уже имеющихся объектов, чтобы избежать случайного дублирования. К объектам быстро и удобно добавляются мультимедийные заметки.

Графический интерфейс позволяет наглядно представлять связанные объекты с отображением всех характеристик связей и описаний объектов. Предусмотрена возможность поиска, отбора и фильтрации по всем возможным параметрам: областям, тэгам, характеристикам связи, гибкие возможности копирования и переноса объектов между пространствами, полное и частичное объединение пространств, формирование различных отчетов о БЗ (количество объектов, упорядоченные списки объектов, диаграммы связей и т.п.).

Программный комплекс будет использоваться для разработки онтологических моделей доменов и может представлять интерес для системных аналитиков и экспертов медицинских областей знаний.

Список литературы:

1. Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness. «Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology». Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001. Режим доступа: [http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html].
2. Щеглов, С. Н. Онтологический подход и его использование в системах представления знаний / С. Н. Щеглов // Известия ЮФУ. Технические науки – 2007 г.
3. Голиков, Н. В. Применение онтологий/ Н. В. Голиков// Институт вычислительных технологий СО РАН, 2006 г. Режим доступа: [http://www.nsc.ru/ws/YM2006/10628/golikov.html]
4. Овдей, О.М. Обзор инструментов инженерии онтологий / Овдей О.М., Проскудина Г. Ю. // Электронные библиотеки – 2004. – Т. 7, №4.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИРОВАНИЯ УРОВНЯ АНЕСТЕЗИИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНЫХ МЕТОДОВ

Малинин В.С.
Научный руководитель: Устюжанин В. А., к.т.н., профессор
Читинский государственный университет, 672000, Россия, г. Чита, ул. Кастринская, 1
E-mail: id-05@mail.ru

Общей анестезией называют искусственно вызванное физиологическое состояние, характеризующееся обратимой утратой сознания, анальгезией, амнезией и некоторой степенью миорелаксации.

Очевидно, что главные изменения состояние анестезии вызывает в центральной нервной системе. Таким образом, рациональным видится исследование проводящих свойств головного мозга. А так же, учитывая предположительные механизмы действия анестезии, имеет смысл исследование мышечной ткани, как, во-первых, хорошо иннервированной, а во-вторых, поглощающей значительное количество анестетика. Воспользуемся традиционными эквивалентными схемами замещения, согласно которым элементы биологической ткани могут быть представлены пассивными электрическими компонентами.

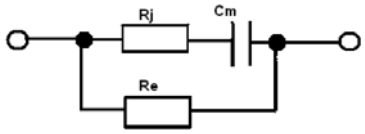


Рис.1. Эквивалентная электрическая схема биоткани. R_j – сопротивление внутриклеточной среды; R_e – сопротивление внеклеточной среды; C_m – емкость мембраны.(для нервной ткани)

Представленная эквивалентная схема широко используется для моделирования мышечной ткани и подходит для целей нашего исследования.

Рассмотрим отдельно каждый из элементов последней схемы, во время состояния анестезии.

R_j – в целом эта величина определяется цитоплазмой и органеллами клетки, какие либо изменения этого параметра связаны с метаболическими процессами и могут проявляться, например, как удержание воды клетками и д.р. . Согласно некоторым теориям действия анестетиков, они могут оказывать влияние на функцию каналов мембран клетки, однако каких-либо изменений содержимого клетки исследователями не отмечалось. Тем более, учитывая природу проведения нервных импульсов, понятно, что изменение свойств содержимого клетки не оказывает первостепенного влияния и не является основным механизмом действия анестезии.

R_e – сопротивление внеклеточной среды. К внеклеточной среде относят в данном случае кровь и интерстициальную жидкость. Интерстициальная жидкость по своему элементному составу, очень похожа на плазму крови. При анестезии в этом секторе, происходят достаточно большие изменения. С одной стороны это синтез и выброс в кровь большого количества гормонов (адреналин, норадреналин) которые представляют собой сложные органические соединения, в большинстве своем они электронейтральны по отношению к основным ионам, обеспечивающим ионную проводимость в ткани, поэтому в проводимости не участвуют и, следовательно, с увеличением их содержания в крови, её электропроводность изменяться не должна. С другой стороны, при анестезии частым случаем, а возможно и прямым её следствием, является метаболический ацидоз[4]. Метаболический ацидоз – это сложный процесс, который неизменно включает в себя так же одновременное действие механизмов его компенсации, но в целом достаточно просто его можно описать как изменение ph крови, причем в сторону кислот. Это значит, что вследствие увеличения содержания в крови положительного иона водорода(H^+), как одного из компонентов следствия ацидоза, увеличивается так же и количество свободных зарядов, что напрямую скажется на электропроводности внеклеточной жидкости. Для примерной оценки изменений электропроводности, можно воспользоваться формулой для изотропных сред:

$$\chi = \sum l_i \times \mu_i \times n_i ,$$

где, l_i - заряд носителей, μ_i и n_i – подвижность и концентрация носителей тока.

Так же говоря о проводящих свойствах внеклеточной среды, нельзя не отметить того факта, что эквивалентная электропроводность растворов электролитов (все жидкости человеческого организма, в той или иной степени являются растворами электролитов) имеет выраженную температурную зависимость, которую можно качественно описать следующим выражением:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \times [1 + \alpha'(T_2 - T_1) + \beta'(T_2 - T_1)^2],$$

где, λ_2 и λ_1 – эквивалентные электропроводности при температуре T_1 и T_2 – соответственно, α' и β' – некоторые эмпирические коэффициенты, зависящие от природы электролита (имеют порядок 10^{-2}). Таким образом, учитывая тот факт, что процесс анестезии всегда сопровождается гипотонией, вследствие нарушения центральных механизмов терморегуляции, определенные изменения электропроводности в секторе межклеточной жидкости будут иметь место. Однако очевидно, что для нас подобные изменения эквивалентной электропроводности, обусловленные именно изменением температуры тела, носят нежелательный характер, так как не несут какой либо информации о степени

или уровне анестезии, а только примерно позволяют судить о продолжительности этого состояния. Эффект зависимости эквивалентной электропроводности от температуры, требует введения некоторых калибровочных коэффициентов, которые при измерении импеданса позволяли бы правильно оценить изменение его значения.

C_m – емкость мембраны. Так же интересно действие общего хода анестезии на емкостные свойства мембран. Емкостные свойства ткани в принципе будут изменяться и уже вследствие изменения в распределении положительных и отрицательных зарядов внутри и вне клетки, вызванного метаболическими нарушениями (ацидозом), что естественно повлечет собой изменения в проницаемости мембран, обусловленные активацией или ин-активацией соответствующих проводящих каналов. Кроме того некоторые теории действия анестетиков ссылаются, на непосредственное их взаимодействие с мембранами клеток (Липоидная теория Герман, 1866, Мейер, Овертон, 1899—1901; Теория поверхностного натяжения, Траубе, 1913; Адсорбционная теории Лове, 1912)[3].

Таким образом, мы можем предположить, что в выбранной нами схеме замещения как минимум два компонента, будут изменяться в результате действия анестезии и сопровождающих её и операционный процесс, метаболических нарушений.

Далее естественным образом встает вопрос, о динамике и характере изменений указанных выше параметров, во время операционного процесса. Для уяснения характера данных взаимодействий, нужно обратиться к моделированию процесса анестезии, которое представляет собой, прогнозирование количества потребленного анестетика, а так же скорость его потребления, находимые по некоторым эмпирическим формулам. При этом руководствуются тем, что метаболизм при анестезии соответствует базальному уровню потребностей, которые зависят только от массы и температуры тела больного.

Поглощение анестетика кровью в легких зависит от коэффициента распределения кровь/газ ($\lambda_{к/г}$), альвеолярновенозной разницы концентрации анестетика $C_{(A-V)}$ и сердечного выброса (Q):

$$\text{Поглощение анестетика} = \lambda_{к/г} \times C_{(A-V)} \times Q_A.$$

Коэффициент распределения кровь/газ для каждого анестетика найден экспериментально. В начале анестезии концентрация анестетика в венозной крови равна 0, поэтому альвеолярновенозная разница приравнивается к фракционной альвеолярной концентрации анестетика. Альвеолярная концентрация, необходимая для обеспечения хирургической анестезии, обычно составляет 1,3 МАК (минимальная альвеолярная концентрация). Сердечный выброс (л/мин) определяется интенсивностью метаболизма и потреблением кислорода: $Q = 2 \times \text{Масса(кг)}^{3/4}$.

По мере поступления скорость поглощения анестетика снижается. Существует достаточно точная эмпирическая математическая модель, которая демонстрирует, что снижение поглощения анестетика обратно пропорционально квадратному корню от временной продолжительности его применения (модель квадратного корня времени). Другими словами, на 4-й минуте применения, поглощение составляет $^1/_2$ от 1-й минуты, на 16-й минуте — $^1/_2$ от 4-й минуты.

В общем виде скорость поглощения анестетика в момент времени (t) рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{анест. через (t) мин}} = Q_{\text{анест. за 1-я мин}} \times t^{-1/2}.$$

Учитывая приведенные соображения, можно заключить, что с технической точки зрения, проведение анестезии, заключается в поддержании необходимой альвеолярной концентрации. Уровень анестезии при этом, пропорционален текущей концентрации.

Однако надо иметь в виду, что изменения в состоянии организма, и в оговоренных выше структурах, участвующих в провидении электрического тока, могут быть вызваны так же целым рядом причин, не имеющих отношения к текущему уровню анестезии. А именно: в принципе сложным ходом операционного процесса (подразумевающим возможность использования различного спектра лекарственных препаратов), самого метода анестезии (так же предполагающего введение в организм целого ряда веществ), а так же комплексом мер и систем саморегуляции организма.

Список использованной литературы:

1.Руководство по анестезиологии и реаниматологии. Под редакцией профессора Ю.С. Полушина.-СПб.: Издательство «Медицина», 2004.,983с..
2.Малышев В.Д. Кислотно-основное состояние и водно-электролитный баланс в интенсивной терапии: Учебное пособие.-М.: Издательство «Медицина», 2005.-228с.:ил.

МНОГОСЛОЙНЫЕ СИСТЕМЫ ПОЛИМЕРНЫЙ СЛОЙ - КФ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ ЭНДОПРОТЕЗОВ МЕЛКИХ СУСТАВОВ

Мальчихина А.И., Больбасов Е.Н., Шестериков Е.В.
Научный руководитель: Твердохлебов С.И., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: alyonamalchikhina@gmail.com

Зачастую единственным методом лечения остеоартроза суставов пальцев рук и ног является метод эндопротезирования. Керамические протезы мелких суставов по своим биомеханическим свойствам могут считаться оптимальными [1]. Однако такая важна механическая характеристика, как модуль упругости E биокерамики намного превышает E человеческой кости, что может привести к расшатыванию имплантата и неуспеху эндопротеза. Решением этой проблемы является формирование демпферного слоя на ножке эндопротеза. В качестве такого слоя могут выступать эластичные полимерные покрытия. При этом необходимо брать во внимание процессы, происходящие на границе имплантат – кость. Для улучшения остеогенеза предложено модифицировать полимерный слой, нанеся на него тонкое кальций-фосфатное (КФ) покрытие методом высокочастотного магнетронного распыления (ВЧМР) мишени из гидроксиапатита (ГАП). В результате этого поверхность биоинертного имплантата с многослойным покрытием приобретает биоактивные свойства, обеспечивающие лучшую интеграцию имплантата с костной тканью.

Примыкающее к костной ткани многослойное покрытие должно обладать модулем упругости, сравнимым с E губчатой кости. КФ покрытие должно иметь хорошую адгезию к полимерному слою для обеспечения целостности покрытия при установке эндопротеза; должно быть эластичным, гидрофильным и нетоксичным. Перечисленным свойствам удовлетворяют тонкие КФ покрытия, сформированные метод ВЧМР. Метод основан на распылении материала в вакууме за счет бомбардировки поверхности мишени ионами рабочего газа (в основном аргона), образующимися в плазме аномального тлеющего разряда при наложении на него магнитного поля, и применяется для нанесения пленок сложного химического состава без изменения их стехиометрии [2].

Целью работы являлось изучение физико-механических свойств, элементного состава, смачиваемости, шероховатости и токсичности многослойной системы полимерный слой – КФ покрытие, нанесенной на твердую подложку.

Материалы и методы

Полимерный слой был нанесен на пластины размером 10×10×2 мм из титана марки ВТ-6 и стали марки 12Х18Н10Т. Раствор сополимера тетрафторэтилена с винилиденфторидом (ТФЭ/ВДФ) готовили растворением порошка сополимера в ацетоне при непрерывном перемешивании и постоянной температуре 20°С. Затем раствор композита методом пневматического распыления наносили на предварительно подготовленные и нагретые до 20°С пластины из титана и стали. Образцы с нанесенным композитом для удаления остатков растворителя помещали в сушильный шкаф на 12 ч при 150°С. Выбранные режимы позволяют получать гомогенные и гибкие (эластичные) пленки ТФЭ/ВДФ.

В дальнейшем полимерный слой модифицировали методом ВЧМР мишени из ГАП (соотношение Ca/P ~1,67). Для нанесения КФ покрытия использовалась промышленная установка «Катод 1М», в вакуумной камере которой размещался штатный высокочастотный магнетронный источник, питаемый ВЧ генератором с максимальной мощностью 4 кВт и рабочей частотой 13,56 МГц. Для нанесения КФ покрытия были выбраны следующие технологические режимы: предварительное давление в камере $5 \cdot 10^{-5}$ Па, рабочее давление Ar – $3 \cdot 10^{-1}$ Па; удельная ВЧ мощность ~ 20 Вт/см^2; время напыления 10, 20, 40 минут и час.

Токсикологические исследования образцов проводились по ГОСТ Р ИСО 10993.

Изучение элементного состава КФ покрытий проводилось на сканирующем электронном микроскопе «Quanta 200 3D» (ЦКП ТГУ), который позволяет провести энергодисперсионный элементный анализ (EDS, ЭДА) с учетом ZAF-приближения.

Исследования поверхности образцов проводили с использованием промышленного атомно-силового микроскопа (АСМ) «Solver-HV» (NT-MDT), позволяющего измерять рельеф поверхности, распределение потенциала по поверхности и ее фазовый контраст [3]. Измерения проводились на воздухе при нормальных условиях в полуконтактном режиме работы, с использованием двухпроходной методики. Обработка полученных АСМ изображений осуществлялась с помощью программного комплекса «Gwiddion 2.25». Были определены следующие параметры шероховатости поверхности: среднее арифметическое отклонение профиля поверхности R_a, максимальная высота профиля R_z.

Физико-механические характеристики были исследованы методом кривых подвода и склерометрии на сканирующем зондовом микроскопе «НаноСкан», позволяющем получить карту распределения модуля упругости и измерить твердость материалов с достаточно высокими показателями механических свойств.

Смачиваемость покрытий была исследована методом «сидячей» капли на установке «Krüss Easy Drop» посредством измерения эффективного краевого угла смачивания. В качестве жидкостей

использовались глицерин и вода (неполярная и полярная жидкость).

Результаты и обсуждение

По результатам исследований шероховатости покрытий, представленных в таблице 1, была выявлена тенденция увеличения как средней шероховатости R_a, так и максимальной высоты профиля R_z с увеличением времени напыления покрытия. Параметры шероховатости полимера R_a, R_z значительно меньше параметров шероховатости покрытия даже при минимальном времени нанесения 10 минут. Возрастание шероховатости покрытия положительно влияет на процессы остеоиндукции.

Таблица 1. Шероховатость покрытий

Образец/ режим нанесения	Средняя шероховатость (R_a), нм	Средняя максимальная высота профиля (R_z), нм
Полимер	11,35	68,1
Полимер +КФ/10 мин	30,2	140,5
Полимер +КФ/20 мин	34,3	176,3
Полимер+КФ/40 мин	76	384

Исследования физико-механических характеристик поверхности образцов (таблица 2) показали, что твердость H и модуль упругости E системы металл – полимерный слой значительно меньше H и E металлической подложки, что свидетельствует о демпфирующих свойствах полимерного слоя.

Таблица 2. Физико-механические характеристики H, E покрытий

Образец/режим нанесения	H, ГПа	E, ГПа
Сталь + полимер + КФ/ 10 мин	5,3±0,5	3,6±0,3
Сталь + полимер + КФ/ 40 мин	5,9±0,4	4,8±0,3
Сталь + полимер + КФ/ 60 мин	9,9±0,3	99±13
Полимер	0,26±0,08	1,8±0,2
Сталь	9±3	200±30

Результаты, приведенные в таблице 2, демонстрируют увеличение H и E системы металл – полимерный слой – КФ покрытие до значений H и E, соответствующих губчатой кости (E~5 ГПа) при 20 – 40 минутах напыления, что обеспечит экранирование возникающих механических напряжений и прочную фиксацию эндопротеза. С возрастанием времени напыления H и E увеличиваются.

Как видно из таблицы 3, угол смачивания водой значительно снижается на полимерах с КФ покрытием и принимает минимальное значение при режиме нанесения – 20 минут. Значения краевого угла смачивания не зависят линейно от времени напыления. Таким образом, КФ покрытие позволяет регулировать краевой угол смачивания изделия, что может быть использовано для управления процессами остеоинтеграции.

Таблица 3. Смачиваемость покрытий образцов

Тип подложки/режим нанесения	Краевой угол смачивания, град
Полимер	95,4
Полимер +КФ/10 мин	19±3
Полимер +КФ/20 мин	10
Полимер +КФ/40 мин	42±3

По данным ЭДА (таблица 4) видно, что покрытие содержит основные элементы ГАП мишени: Ca, P. Отношение кальция к фосфору наиболее близкое к исходной мишени (Ca/P ~1,67) было получено для покрытия, сформированного за 20 минут: Ca/P ~1,93.

Токсикологические исследования, проведенные по ГОСТ Р ИСО 10993 показали, что материалы системы титан – полимер – КФ ВЧМР покрытие по отдельности токсичными не являются и она может быть использована в качестве материала для имплантатов.

Таким образом, оптимальными физико-механическими свойствами, смачиваемостью поверхности, элементным составом могут обладать системы с КФ покрытием, сформированным при 20 минутах напыления.

Таблица 4. ЭДА покрытий

Образец/режим нанесения	Молярная доля содержания элементов в КФ покрытии, %				Ca/P
	C	O	P	Ca	
Сталь+полимер	72,9	7,1	0	0	-
Сталь+полимер+КФ/10 мин	74,14	16,91	0,47	1,19	2,53
Сталь+полимер+КФ/20 мин	71,19	12,29	1,36	2,62	1,93
Сталь+полимер+КФ/40 мин	62,06	8,64	1,35	2,86	2,12
Сталь+полимер+КФ/60 мин	14,61	31,72	14,36	34,66	2,41

Список литературы:

1. MOJE Kermaik-Implantate [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.moje.de/ru/proisshestvija/kompanija.html
2. Rossnagel S.M., Sproul W.D., Legg K.O., Sputter Deposition.Opportunities for Innovation // Advanced Surface Engineering. – Switzerland. Technomic Publishing Co. –1995.
3. Миронов В. Л.. Основы сканирующей зондовой микроскопии. – Нижний Новгород, 2004 г. – 110 с.

БИОУПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ДИНАМИКЕ ПАРАМЕТРОВ БРОНХО-ЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ

Мелехин Е.В.
Научные руководители: Бразовская Н.Г., доцент, канд.мед.наук, Светлик М.В., канд.биол.наук, доцент
Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия, г. Томск, Московский тракт, 2
E-mail: rap262@mail.ru

Актуальность. Дыхание — жизненно необходимый процесс для человека и всех живых существ. При дыхании в легких происходит обмен газами между кровеносным руслом и окружающей средой. При этом углекислый газ, как выделившийся в атмосферу, так и растворенный в крови, подавляющее большинство людей считают бесполезным продуктом. В действительности растворенный в крови углекислый газ оказывает огромное влияние на скорость и направление многих метаболических процессов [1].

На сегодняшний день достоверно известно, что значительный круг заболеваний протекает на фоне или по причине уменьшения/увеличения содержания CO_2 в тканях (гипокапния/гиперкапния), что может сопровождать ряд заболеваний (трахеит, бронхит, астма, пневмония, гипервентиляционный синдром и т.д.) [2].

В этой связи актуальной задачей современной медицины становится разработка методик коррекции данных состояний, основанных на обращении к естественным ресурсам человеческого организма. Одним из таких методов является управление с биологической обратной связью (БОС), или БОС-тренинг [1].

Метод биологической обратной связи (БОС, в английском варианте – biofeedback) возник в конце 50-х годов прошлого века [5]. Зарождению метода способствовал ряд научных открытий – а) работы N.Miller по выработке у животных висцеральных условных рефлексов оперантного типа; б) данные M.B. Sterman [6] о повышении порогов судорожной готовности после условнорефлекторного усиления сенсомоторного ритма в центральной извилине коры головного мозга как животных, так и человека; в) открытие J. Kamiya [7] способности испытуемых произвольно изменять параметры своей электроэнцефалограммы (ЭЭГ) при наличии обратной связи об их текущих значениях. 70-е годы в истории развития БОС-технологий отмечены были небывалым общественным интересом к так называемому альфа-обучению и альфа-состояниям, обусловленным усиленным альфа-ритмом в ЭЭГ человека.

Согласно определению Американской ассоциации прикладной психофизиологии и биологической обратной связи (AAPB), «БОС является нефармакологическим методом лечения с использованием специальной аппаратуры для регистрации, усиления и «обратного возврата» пациенту физиологической информации. Основной задачей метода является обучение саморегуляции, обратная связь облегчает процесс обучения физиологическому контролю так же, как процесс обучения любому искусству. Оборудование делает доступной для пациента информацию, в обычных условиях им не воспринимаемую» [4]. Основные атрибуты терапии – врач (тренер), пациент, оборудование.

Схематично БОС-процедура заключается в непрерывном мониторинге определенных электрофизиологических показателей и «подкреплением» с помощью мультимедийных, игровых и других приемов заданной области значений. Другими словами, БОС-интерфейс представляет для человека своего рода «физиологическое зеркало», в котором отражаются его внутренние процессы. Таким образом в течение курса БОС-сеансов возможно усилить или ослабить данный физиологический показатель, а значит, уровень тонической активации той регуляторной системы, чью активность данный показатель отражает. Например, обучение с помощью БОС-метода произвольно повышать температуру кончиков пальцев приводит к снижению симпатикотонии, а значит к снижению спазма периферических сосудов. Необходимым компонентом и условием проведения БОС-обучения является мотивация на достижение результата, умение формирования которой у испытуемого является важным элементом профессионализма БОС-терапевта.

С помощью технических средств, используемых в методе БОС, информация о параметрах физиологических характеристик становиться легко воспринимаемой и, после некоторой тренировки, вполне доступной осознанному изменению в заданном направлении. Дальнейшая тренировка позволяет фиксировать достигнутые изменения, путем произвольной саморегуляции, с главной целью использовать навыки и приемы биоуправления для лечения ряда распространенных заболеваний. БОС работает через демонстрацию на экране компьютера внешних сигналов относительно состояния органов и систем пациента. Наблюдая эти сигналы, пациент обучается перенастраивать внутренние параметры организма для того, чтобы улучшить свое функциональной состояние и закрепить улучшение надолго [3].

Цель работы: разработать и реализовать методику биоуправления с использованием биологической обратной связи по параметрам внешнего дыхания: концентрации CO_2 в выдыхаемом воздухе и частоты дыхательных движений.

Задачи:

1. Выбрать и реализовать метод определения функционального состояния бронхо-легочной системы в реальном времени.
2. Разработать критерии оценки эффективности биоуправления в реальном времени.
3. Реализовать метод в виде программно-аппаратного комплекса для использования в лечебно-профилактических учреждениях.

Материалы и методы. Как известно, функция внешнего дыхания заключается в поддержании уровня парциального давления кислорода в крови, необходимого для нормального транспорта кислорода в ткани. Процесс “поставки” кислорода тканям тесно связан с процессом выведения углекислого газа из

тканей. От парциального давления углекислого газа в артериальной крови полностью зависит концентрация ионов водорода в артериальной крови. Отслеживая содержание водородных ионов в артериальной крови, можно производить оперативный контроль внешнего дыхания. В то же время парциальное давление углекислого газа в артериальной крови напрямую связано с парциальным давлением углекислого газа в альвеолярном воздухе, отличаясь от него всего на несколько процентов (2–5%). Поэтому-то капнография и дает достаточно точную информацию о парциальном давлении углекислого газа в артериальной крови, следовательно, и о газотранспортной функции внешнего дыхания. Кроме того, капнограмма позволяет контролировать частоту дыхания.

Разработанный комплекс состоит из программного приложения БОС-тренинга, направленного в процессе сеанса на управление концентрацией CO_2 в выдыхаемом воздухе и частотой дыхательных движений, а также аппаратной части, представленной капнометром КП-01-«ЕЛАМЕД».

Исследование начинается с внесения в базу данных паспортных сведений о пациенте, дополнительных сведений анамнеза. Все эти данные впоследствии используются для формирования заключительного отчета по всем сеансам БОС-тренинга. Затем используется режим «ОБСЛЕДОВАНИЕ», который дает возможность оценить вентиляционную функцию внешнего дыхания. Далее исходя из полученных результатов можно оптимально задать параметры режима «БОС-ТРЕНИНГ», делая его адаптивным для пациента. Во время самой процедуры пациент дышит в маску, прикрепленную к ручке прибора, при этом происходит постоянная регистрация исследуемых параметров: концентрация CO_2 в выдыхаемом воздухе и частота дыхательных движений.

Исходя из результатов практики уже существующих БОС-тренингов можно сделать вывод, что эффективность метода во многом зависит от самого пациента, от его способности в течение длительного времени сосредоточиться на выполнении тренировочного задания. Не секрет, что многие пациенты, и особенно дети, такой способностью не обладают, и зачастую время сеанса определяется не столько требованиями методики, сколько возможностями пациента. Поэтому предлагаемого времени тренировки порой недостаточно для надежного закрепления достигнутого результата. Естественно, эффективность лечения в таких случаях снижается. В связи с этим данный тренинг по капнограмме представлен в виде игры, сюжет которой пациент выбирает по собственному желанию еще до начала тренировки. Интерес к результату игрового процесса дополнительно мотивирует пациента к более эффективному обучению навыкам саморегуляции, умению контролировать исследуемые параметры. Продолжительность каждого сеанса составляет 15-20 минут. Результаты каждого исследования сохраняются в базу данных и могут быть представлены в любой момент исследователю и пациенту в виде графиков для более удобной оценки динамики исследуемых параметров.

При непосредственном проведении БОС-тренинга необходимо строго соблюдать меры безопасности при работе с капнометром, а также «Методические указания по дезинфекции изделий медицинского назначения».

БОС-тренинг по параметрам бронхолегочной системы может быть полезен для:

- спортсменов;
- людей с заболеваниями дыхательной системы;
- в психотерапии для обучения методикам дыхания и т.п.

Также данный вид БОС-тренинга можно рассматривать как перспективную методологию для предотвращения развития заболеваний бронхо-легочной системы. На стадии предболезни применение тренингов на основе биологической обратной связи особенно привлекательно, поскольку это может помочь остановить или стабилизировать развитие заболевания.

Список литературы:

1. Макконен К.Ф. Лечение синдрома гипервентиляции посредством биоуправляемой директивной цветостимуляции и респираторного БОС-CO_2 тренинга / К.Ф. Макконен, Ю.В. Бахмутова. // Управление процессами диагностики и лечения: межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: ВГТУ, 2008.
2. Управление процессами диагностики и лечения: Агаджанян Н.А. Гипокапнические и гиперкапнические состояния.- М: Медицина – 2003
3. .Захаров В.В., Шубина О.С. Методы биоуправления в лечении стресс – зависимых заболеваний. Температурно – миографический тренинг. Москва, 2002.
4. Schwartz M.S. Biofeedback: A practitioner'sguide. 2nd ed., 1995, Guilford Press, NY
5. Budzynski T.H. From EEG to neurofeedback. //In: Introduction to quantitative EEG and Neurofeedback. Eds.: Evans J.R. & Abarbanel A., 1999, Academic Press, p. 65-79.
6. Sterman M.B. EEG biofeedback in the treatment of epilepsy: An overview circa 1980. In: Clinical Biofeedback: Efficacy and Mechanism (Eds.: L.White, B.Tursky), 1982, pp.330-331, Guilford, NY.
7. Lubar J.F., Lubar J.O. Neurofeedback assessment and treatment for attention deficit/hyperactivity disorders, 1999, Academic Press, p. 103-143.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА НА НАНОЭЛЕКТРОДАХ

Моженина Е.Е., Турушев Н.В., Чистякова А.В.
Научный руководитель: Лежнина И.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина 30
E-mail: medpribor@introscopy.tpu.ru

Сердечно-сосудистые заболевания, наравне с онкологическими заболеваниями прочно удерживают первенство среди самых распространенных и опасных болезней XXI века.

Болезнь сердца относится к числу наиболее распространенных заболеваний в экономически развитых странах, ее доля среди всех причин смертности населения составляет более 20% в Европе и более 50% в Российской Федерации (ЕОК, 2008; ВОЗ, 2009). Тревогу внушает так же и то, что количество случаев сердечных заболеваний постоянно увеличивается, а возраст больных неуклонно снижается. В настоящее время нередки случаи, когда возраст больного инфарктом миокарда не превышает 23-25 лет. Особенно часто заболевания сердца встречаются у мужчин трудоспособного возраста[1-3].

Заболевания сердца - яркий пример патологии, течение и исход которой напрямую зависит от сроков обращения к врачу, своевременной постановки диагноза и начала адекватного лечения. Исходя из этого, симптомы таких заболеваний и способы доврачебной помощи при сердечном приступе, должны быть известны каждому человеку, даже весьма далекому от медицины.

Самым распространенным и доступным методом диагностики сердечнососудистой системы является электрокардиография, основанная на принципе измерения потенциалов с поверхности тела человека при помощи медицинских электрокардиографических электродов, которые широко используется во врачебной практике [1-3]. Широкое распространение в клинической практике электрокардиография получила за счет высокой информативности и хорошей восприимчивости получаемых результатов в сочетании с минимально возможным воздействием на организм человека. Особенно большое распространение электрокардиография получила у нас в России, где в настоящее время вряд ли можно найти лечебное учреждение, будь то больница или поликлиника, не имеющее электрокардиографа.

В связи с этим в лаборатории медицинского приборостроения института неразрушающего контроля ТПУ в течение нескольких лет ведутся работы по повышению разрешения не только отдельных элементов ЭКГ аппаратуры, но и всего комплекса в целом. Применение наноразмерных частиц серебра в конструкции электрокардиографического электрода позволило достичь многократного повышения его метрологических характеристик. В совокупности с разработкой малошумящих регистрирующих приборов удалось достичь повышения разрешения сигнала до сотен нановольт (при общепринятых десятках и сотнях микровольт). В структуре электрокардиографа отсутствуют фильтры (ФВЧ и заграждающий сетевой фильтр 50 Гц).

В НИИ кардиологии г.Томска были проведены исследования электрокардиографа на наноэлектродах.

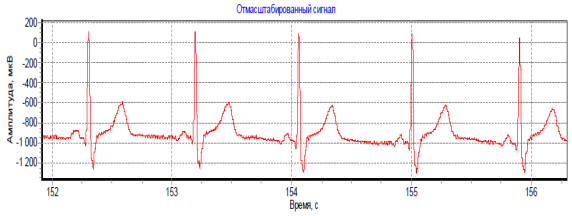
Были исследованы пациенты, имеющие патологии в сердечно-сосудистой системе, с помощью разработанного электрокардиографа в трех отведениях от конечностей (I, II, III) и в трех грудных отведениях по Небу. Одновременно регистрировалась электрокардиограмма на стандартном электрокардиографе.

Медицинские исследования проводились на базе Томского НИИ кардиологии. Регистрация электрокардиограммы при помощи стандартного электрокардиографа CardioFax GEM (NIHON KOHDEN) и исследуемого электрокардиографа на наноэлектродах проводилась с минимальным разрывом по времени. Исследования проводились в комфортных условиях: нормальное освещение и температура в специальном медицинском кабинете, спокойная обстановка, отсутствие отвлекающих и раздражающих факторов (шум, посторонние лица, разговоры). Электрокардиограмма снималась с трех отведений от конечностей и грудной клетки, длительность записи с каждого отведения – 3 минуты. Всего было исследовано 19 пациентов с различными патологиями сердечно-сосудистой системы.

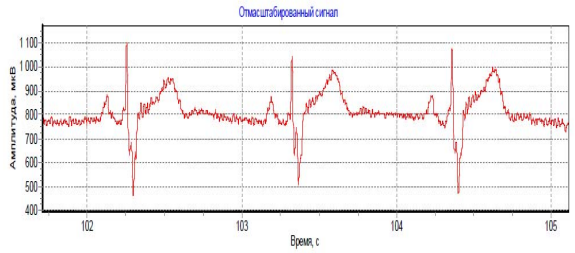
На рисунках 1 и 2 представлены данные пациента П5, снятые в один день с помощью электрокардиографа на наноэлектродах и стандартного электрокардиографа CardioFax GEM (NIHON KOHDEN).

На рисунке 3 изображена электрокардиограмма пациента П19 с кардиостимулятором.

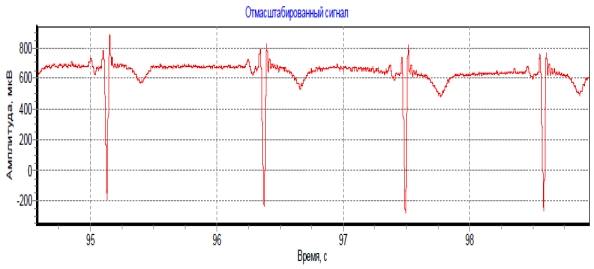
На рисунке 4 представлена электрокардиограмма того же пациента, записанная стандартным электрокардиографом.



а) ЭКГ пациента П5 (Отведение I)



б) ЭКГ пациента П5 (Отведение II)



в) ЭКГ пациента П5 (Отведение III)

Рис. 1. Электрокардиограммы, зарегистрированные электрокардиографом на наноэлектродах для пациента П5

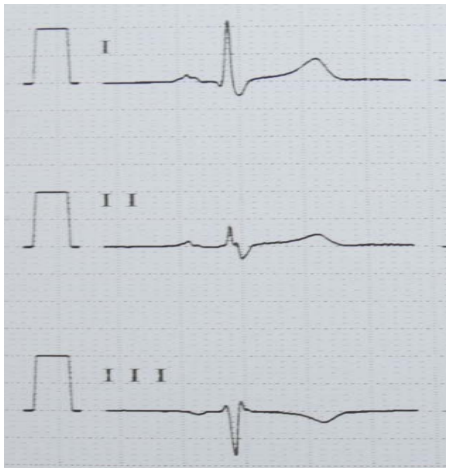
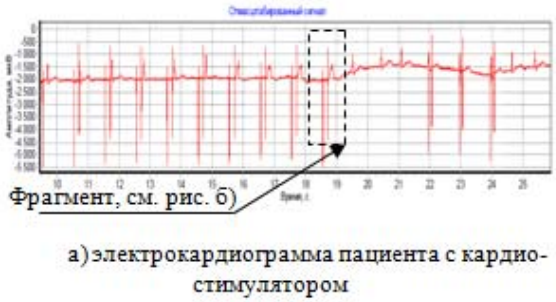


Рис. 2. Электрокардиограммы с трех отведений от конечностей пациента П5 , зарегистрированные на стандартном электрокардиографе с разрешением по амплитуде 10мм/мВ, по времени 25мм/с



а)электрокардиограмма пациента с кардиостимулятором

а) электрокардиограмма пациента с кардиостимулятором

б) фрагмент электрокардиограммы пациента с кардиостимулятором

Рис.3 Электрокардиограммы пациента П19 зс кардиостимулятором, зарегистрированные электрокардиографом на наноэлектродах

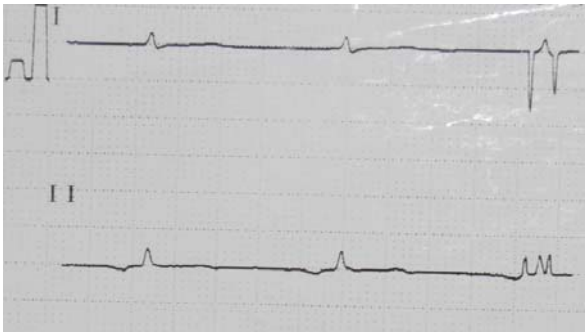


Рис. 4. Электрокардиограммы пациента П19 зс кардиостимулятором, зарегистрированные на стандартном электрокардиографе с разрешением по амплитуде 10мм/мВ, по времени 25мм/с

По результатам медицинских исследований установлено –

- электрокардиографы регистрируют сигналы уровнем, составляющим единицы мкВ;
- записи ЭКГ у пациентов со стимулятором не содержат артефакты, вызванные работой стимулятора;
- электрокардиографы на наноэлектродах позволяют зарегистрировать ЭКГ без фильтров.

Литература:

1. P.I. Danilyuk. Электрокардиография E.C.G. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: http://db.datex-oda.com/evadb/fi3037.nsf/WebMaterialDate/1E1EDCF9F5E3354AC22575DA0027B41D/$File/Daniljuk_ECG.pdf (дата обращения: 11.02.2010).

2. Сердечно - сосудистые заболевания. Информационный бюллетень N°317. // Сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/index.html. – Загл. с экрана.

3. Общая заболеваемость на 100 000 человек населения. Всё население. Предварительные данные. // Сайт ФГУ «ЦНИИОИЗ Минздравсоцразвития РФ» [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://www.mednet.ru/ru/statistika/zabolevaemost-naseleniya.html. – Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МАКЕТА НОСИМОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА ВНЕШНИМ ДЫХАНИЕМ ЧЕЛОВЕКА

А.В. Мочула, О.В. Мочула
Научный руководитель: И.Ю. Земляков, к.м.н., доцент
ГБОУ ВПО Сибирский Государственный медицинский университет Минздравсоцразвития, России
E-mail: StopTyssin88@gmail.com

На сегодняшний день в педиатрии остается актуальной проблема, связанная с синдромом внезапной детской смертности (СВДС). Этим термином называют смерть детей в возрасте до 3 лет, наступившую без каких-либо видимых причин, чаще всего ночью или в ранние утренние часы. При вскрытии умершего никаких отклонений, способных объяснить эту смерть, не обнаруживают. Наиболее вероятной причиной синдрома внезапной детской смертности считается нарушение автоматии дыхания, в частности, остановка дыхания во сне. По данным ВОЗ за 2010 год частота синдрома внезапной детской смертности в среднем составляет от 20 до 52 случаев на 10 тысяч новорожденных в разных странах. Наиболее высокая частота синдрома внезапной детской смертности у детей 2-4 месяцев.

Также нельзя обойти проблему синдрома обструктивного апноэ сна (СОАС) – это заболевание, периодическим спадением верхних дыхательных путей на уровне глотки и прекращением легочной вентиляции, снижением уровня кислорода крови, грубой фрагментацией сна и избыточной дневной сонливостью. Следствием синдрома обструктивного апноэ сна становятся грубые системные нарушения во всем организме. Ночной храп считают легкой формой синдрома обструктивного апноэ сна: если при храпе стенки дыхательных путей только вибрируют при прохождении струи воздуха, то при выраженной форме они периодически полностью спадаются, прекращая доступ воздуха в легкие. По данным ВОЗ, различными формами синдрома обструктивного апноэ сна страдает около 35% людей молодого и среднего возраста и более 60% - в возрасте 50 лет и старше [6,7].

Проблемы ночного нарушения сна решаются с использованием ночных физиологических мониторов – сомнографов. Однако серийные модели имеют существенные массогабаритные характеристики, используют для регистрации параметров дыхания маску с гофрированным шлангом, выполнены в виде прикроватного устройства с сетевым питанием, существенно снижают подвижность спящего человека. На основании всего вышесказанного становится актуальным создание небольшого, портативного устройства с автономным питанием, следящего за функцией внешнего дыхания.

Разработка экономичных микроконтроллеров с высокой производительностью существенно упростило разработку и внедрение персональных носимых мониторов бытового и медицинского назначения [3,4]. Однако в настоящее время существенная доля отечественно рынка лекарств и медицинского оборудования остается за иностранными компаниями.

В рамках программы «Развитие медицины в России до 2020 года» на создание и освоение выпуска новых изделий медицинского назначения из планируемых 120 млрд рублей выделяется около 25 млрд, что само по себе говорит о значимости и актуальности этого направления. Немаловажным фактором является и то, что Томская внедренческая зона, функционирующая с 2009 года, ориентирована на выпуск инновационных медицинских разработок.

Цель данной работы является разработка прототипа индивидуального устройства для контроля за внешним дыханием, с передачей предварительно обработанных и накопленных данных по беспроводной сети стандарта 802.15.4 ZigBee.

Материалы и методы: Для создания прототипа устройства использовалась аппаратная платформа прототипирования Freeduino 2009, полностью совместимая с Arduino Duemilanove на базе микроконтроллера ATmega328. Разработка программного кода велась в свободно распространяемой среде IDE Arduino 1.0SP2, использовался Си-подобный язык Wiring для Arduino-подобных платформ. Платформа Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Исходный код для интегрированной среды разработки и библиотек опубликован и доступен под лицензией GPL v.2.

Регистрация воздушного потока происходила с помощью термистора, размещенного в просвете носового отверстия, и периодически изменяющем температуру под действием тока воздуха. Термисторы - это резисторы, выполненные на основе смешанных оксидов переходных металлов. Два основные типа термисторов – NTC (с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления) и PTC (с положительным коэффициентом). Наиболее распространенный тип – NTC. PTC термисторы используются только в очень узких диапазонах температур, в несколько градусов, в основном в системах сигнализации и контроля. Основными преимуществами термисторов являются вибропрочность, малый размер, малая инерционность и невысокая цена.

Используется термистор типа B57891-M 102-J, миниатюрного исполнения, диаметром 2.8 мм с жесткими проволочными выводами. Для измерения колебаний температуры воздуха использовал-

ся датчик полумостового типа с питанием от стабилизированного напряжения 5 В. Точка соединения термистора и токозадающего сопротивления подключалась к инвертирующему входу компаратора микроконтроллера. Образцовое напряжение на неинвертирующем входе компаратора генерировалось с помощью Широтно-импульсной модуляции (ШИМ) на частоте 10 кГц.

Согласно [1,2], у здоровых лиц при температуре среды 18–22 °С температура выдыхаемого воздуха удерживаются на уровне 34,3–35,6 °С по средним данным, и на уровне 33,9–35,6 °С по индивидуальным, с суточными колебаниями в 0,7–1,0 °С. Таким образом, при температуре внешней среды 18–22 °С изменение напряжения на термисторе во время цикла вдох-выдох составляло от 8 до 12 мВ, что оказывалось более чем достаточно для гарантированной регистрации автоматии дыхания: конкретное значение температуры воздуха нас не интересовало.

Микроконтроллер регистрировал наличие циклов вдох-выдох, продолжительность выдоха и среднюю частоту дыхания за минуту.

Для передачи данных на базовую станцию используется беспроводной канал связи стандарта 802.15.4 ZigBee на частоте 2.4 ГГц. Данный беспроводной интерфейс является открытым стандартом беспроводной связи для промышленных систем сбора данных, управления и охраны. В настоящее время действует публикация ZigBee 1.0 от 27 июля 2005 года. Для Arduino-подобных платформ фирмой американской компанией Digi выпускаются специализированные XBee модули. XBee с чип-антенной (XB24-ACI-001) подключается к платформе Freeduino 2009 с помощью дополнительного модуля Xbee Shield. Максимальная скорость передачи по каналу ZigBee составляет 250 кбит/сек на частоте передачи 2,4 ГГц. Средний радиус действия в помещении составляет 30 метров. Для приема данных к персональному компьютеру подключается ZigBee-коммутатор, который имитирует создание виртуального COM-порта и полностью сохраняет структуру пакета ZigBee.

Базовая станция воспринимает данные с автономного блока, идентифицирует их и вносит в базу данных для последующего их просмотра лечащим врачом и дальнейшей обработки.

В результате проделанной работы разработаны блок-схема и электрическая схемы прототипа носимого индивидуального устройства для мониторинга автоматии дыхания человека на базе микроконтроллера ATmega328. Адаптированы алгоритмы цифровой обработки сигналов. Разработана блок-схема и реализована программная часть носимого программно-аппаратного комплекса на Си-подобном языке Wiring.

Выводы: разработан прототип индивидуального устройства для контроля за внешним дыханием, с передачей предварительно обработанных и накопленных данных по беспроводному каналу стандарта 802.15.4 ZigBee.

Список литературы:

1. Агарков С.Ф. Корреляция показателей кондиционирующей и газообменной функций дыхательного аппарата в норме и патологии/ Украинский кардиологический журнал. — 1997. — №3 выпуск 2. — С. 33–36.

2. Приходько А.Г., Перельман Ю.М. Холодовая реактивность дыхательных путей у больных хроническим бронхитом/ Пульмонология. — 2003. — №3. — С. 24–28.

3.Бродин, В. Б. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики / В. Б. Бродин, А. В. Калинин. - М. : ЭКОМ, 2002. – 565 с.

4.Новиков, Ю. В. Основы микропроцессорной техники / Ю. В. Новиков, П. К. Скоробогатов. - М. : Интех, 2003. — 380 с.

5. Синдром внезапной детской смерти / Л. А. Зубов, Ю. М. Богданов, А. Ю. Вальков // Сев. мед. журн. – 2005. - №7. – С. 18-24.

6. Дубин, С. А. Устранение синдрома обструктивного апноэ у детей с недоразвитием нижней челюсти методом компрессионно-дистракционного остеосинтеза: автореф. Дис. … канд. мед. наук / С. А. Дубин. – Москва, 2006. - 92 с.

7. Ерошина, В.А. Диагностика и лечение харапа и синдрома обструктивного апноэ сна/ В.А. Ерошина, Р.В. Бузунов - М. : Грантъ, 2008. – 242 с

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПО КАНАЛУ СТАНДАРТА 802.15.4 ZIGBEE НА БАЗЕ СИСТЕМ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ

Мочула О.В., Мочула А.В.
Научный руководитель: Земляков И.Ю., к.м.н., доцент
ГБОУ ВПО "Сибирский Государственный медицинский университет" Минздравсоцразвития России, 634050, Россия, Московский тр. 2, г.Томск
E-mail: olga89malecha@gmail.com

Одной из современных тенденций развития медицинского приборостроения является пространственное разделение функций в рамках одного устройства: сбор данных и их первичная обработка возлагается на компактный индивидуальный носимый модуль, а их окончательная обработка, хранение, архивирование и визуальное представление – на развитое программное обеспечения автоматизированного рабочего места специалиста. Не являются исключением и аппаратно-программные комплексы наблюдения за работой дыхательной системы человека. Одной из актуальных задач является организация надежного, защищенного, постоянного действующего канала обмена данными между стационарным и носимым блоками комплекса.

На протяжении многих лет задача беспроводной передачи данных представляла определенную проблему для разработчиков медицинского оборудования. Традиционное построение медицинского оборудования предусматривает проводные соединения датчиков, что в отдельных случаях приводит к подключению до десятка и более электродов и сенсоров. В случае низкой подвижности пациента (лежачие больные) такой подход вполне оправдан. Однако существует множество ситуаций, когда ограничение перемещения пациента нежелательно или вообще недопустимо, например, при суточном мониторинге деятельности сердечно-сосудистой системы или дыхания, в области экстремальной медицины и реанимации. Бесспорно, в этой ситуации преимущество будет у беспроводных систем [3].

Беспроводные компоненты медицинских систем успешно работают в педиатрии, кардиологии, медицине сна, у работников профессий с повышенным риском, в спортивной медицине и так далее. При применении беспроводных датчиков информация о состоянии организма поступает в реальном времени, что существенно повышает оперативность работы медицинского персонала и значительно уменьшает время реакции на критические ситуации. Последняя особенность крайне важна при разработки автономных аларм-систем, отслеживающих состояние жизненно важных параметров организма.

В последнее время в медицине все чаще начинают применяться беспроводные сети передачи данных ZigBee, открытого стандарта беспроводной связи для промышленных систем сбора данных, управления и охраны. В настоящее время действует публикация ZigBee 1.0 от 27 июля 2005 года, предусматривающая организацию передачи данных на нелицензируемых частотах 868, 902 или 2400 мегагерц со скоростями 20, 40 или 250 кбит/с. Публикация требует шифрования данных 128-битным ключом по стандарту AES. Для идентификации устройства предусмотрено наличие уникального 64-битного адреса на MAC уровне, а так же дополнительного 16-ти битного сетевого адреса (PAN-ID) для определения принадлежности данного устройства к той или иной локальной сети WPAN.

Существуют следующие режимы передачи: от конечного устройства к координатору; от координатора к конечному устройству; между двумя конечными устройствами без посредника. Каждое устройство имеет возможность обмена данными с центральным узлом непосредственно или через сообщение о своем наблюдении с помощью других устройств на центральный пульт, в котором данные из сети собираются и обрабатываются. Новейшие разработки в области беспроводных технологий и полупроводников миниатюрных датчиков делают беспроводные сети все менее дорогими и более эффективными для различных целей [2, 3].

Интеллектуальные медицинские устройства на основе стандарта ZigBee способствует снижению затрат, связанных с разработкой и производством новых медицинских приборов, повышают их надежность, не требуют дорогостоящих работ по созданию внутрибольничных проводных сетей обмена данными [1, 2, 3].

Кроме большого числа носимых медицинских датчиков, которые контролируют жизненно важные функции организма, этот вариант использования включает возможность подключения других немедицинских датчиков, таких как датчики движения или обнаружения на местности с помощью глобальных систем позиционирования. Существующие медицинские мониторы достаточно просто модифицировать для работы в сетях ZigBee, поскольку для получения данных измерений необходимо лишь интегрировать в них шлюз к беспроводному каналу передачи данных.

Практически все известные разработки по медицинским сетям IEEE 802.15.4 ориентированы на платформу Windows, хотя с 2014 года в федеральных и муниципальных учреждениях России, в том числе и лечебно-профилактического профиля,

планируется переход на национальную информационную платформу на базе Linux.

В связи с этим, актуальным представляется разработка прототипа кроссплатформенной системы сбора, хранения и визуализации медицинских данных, получаемых по каналу стандарта 802.15.4 ZigBee на базе систем с открытым кодом.

Целью данной работы является разработка лицензионно чистого прототипа программного комплекса сбора, обработки, хранения, архивации и визуализации медицинских данных, поступающих с мобильных индивидуальных респираторных мониторов по каналу беспроводной связи стандарта 802.15.4 ZigBee.

Материалы и методы: прототип системы создан в операционной системе Ubuntu Desktop 10.04 на базе ядра Linux 2.6. В качестве среды разработки была выбрана кроссплатформенная среда программирования QT Creator 2.0.1, основанная на библиотеке QT 4.7.0 фирмы Nokia. Интерфейс пользователя разработан с помощью приложения QT Designer.

Qt представляет собой кроссплатформенную библиотеку функций и соответствующий инструментарий разработки программного обеспечения на языке программирования C++. Достаточно сказать, что библиотека Qt 4 является основой оконной графической среды KDE4, одного из стандартов для POSIX-систем, в том числе и Linux.

QT позволяет использовать один и тот же программный код в большинстве современных операционных систем, путём простой перекомпиляции программы. Библиотека включает в себя все основные классы, которые могут потребоваться при разработке прикладного программного обеспечения, начиная от элементов графического интерфейса и заканчивая классами для работы с сетью, базами данных и XML. Qt является полностью объектно-ориентированным, легко расширяемым и поддерживающим технику компонентного программирования [5].

Существуют версии библиотеки для Microsoft Windows, систем класса UNIX с графической подсистемой X11, iOS, Android, Mac OS X.

В качестве СУБД для хранения получаемых данных выбрана свободно распространяемая MySQL 5.1. Работа с данными в базах осуществляется при помощи SQL-запросов. MySQL получил репутацию быстрой и надежной СУБД, отлично подходящей для работы с разнородными данными [6].

Для получения данных по каналу стандарта 802.15.4 ZigBee применялся ZigBee - коммутатор EXT2USB фирмы Telegesis. Коммутатор подключается к разъему USB ноутбука, организует виртуальный COM порт и сохраняет структуру пакета данных. В качестве источника данных использовался автономный монитор дыхания, разработанный на свободной платформе прототипирования Arduino микроконтроллеров фирмы ATMEL. Работа модуля ZigBee через COM-порт моделировалась средствами Arduino. Монитор оценивает автоматию дыхания, и в настоящей работе не рассматривается. Внешнее устройство персонифицируется при подключении, инициируется и переводится в активное состояние. В базу данных станции заносились продолжительность вдоха и выдоха, а также частота дыхания. Накопленные данные проходят первичную обработку с построением периодограммы дыхательных паттернов и оценкой основных параметров временного ряда.

Результаты: Реализованы основные элементы и библиотеки кроссплатформенного прототипа системы сбора, хранения и визуализации медицинских данных. На базе системы с открытым кодом реализована программная часть прототипа системы сбора, обработки, хранения, архивации и визуализации медицинских данных, получаемых с персонального мобильного монитора контроля за автоматией дыхания.

Выводы: Разработан лицензионно чистый прототип программного комплекса сбора, обработки, хранения, архивации и визуализации медицинских данных, поступающих с мобильных индивидуальных респираторных мониторов по каналу беспроводной связи, стандарта 802.15.4 ZigBee. Разработанное ПО является прототипом реальной системы, требующим ряд доработок и усовершенствований.

Список литературы:

1. Системы и сети радиодоступа / В. А. Григорьев, О. И. Лагутенко, Ю. А. Распаев. - М.: ЭкоТрендз, 2005 г.
2. ZigBee: обзор технологии / А. Скусснов // Компоненты и технологии - 2005. - №3.
3. Упрощение процессов медицинских измерений с использованием беспроводных датчиков / К. Мур, И. Чудовский // Беспроводные технологии - 2006. - №2
4. Шилдт, Г. C++: базовый курс / Г. Шилдт. - 3-е изд. : Пер. с англ. - М. : Издательский дом "Вильямс", 2010. - 624 с. : ил. - Парал. тит. англ.
5. Ж. Бланшет, М. Саммерфилд / Qt 4: Программирование GUI на C++. 2-е дополненное издание — М.: «КУДИЦ-ПРЕСС», 2008. — С. 736.
6. С. Суэринг, Т. Конверс, Д. Парк / PHP и MySQL. Библия программиста, 2-е издание — М.: «Диалектика», 2010. — 912 с

ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ДЛЯ КОНИЗАЦИИ ШЕЙКИ МАТКИ

Педина А.Б., Пайгин Д.В.
Научный руководитель: Болотина И.О.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.
ЗАО «Научно-производственное объединение «НИКОР», 634024, Россия, г. Томск, ЛПК-2пос., д.-111.
E-mail: bolotina@tpu.ru

Введение. Патологии шейки матки занимают одно из ведущих мест среди гинекологических заболеваний, имеют склонность к длительному течению и при нерациональном лечении могут привести к возникновению рака [1].

Методы лечения патологий шейки матки. Основными методами лечения патологий шейки матки являются криодеструкция, лазерная хирургия и электрохирургия. В основе криодеструкции лежит использование низких температур. Достоинством является безболезненность вмешательства, недостатками являются незначительная глубина воздействия и невозможность локального удаления патологического участка. Главным достоинством лазерной хирургии является возможность контролировать глубину воздействия, однако применение метода ограничено в связи с высокой стоимостью оборудования. Наибольшее применение находят электрохирургические методы [2].

Электрохирургический метод лечения. В основе электрохирургического воздействия лежит тепловое воздействие тока высокой частоты на биоткани организма. При патологиях шейки матки чаще всего проводят операцию конизации, при которой в качестве активного электрода используется электрод-парус (конизатор). Конизатор вводится по оси цервикального канала до внутреннего зева, затем подается мощность и вращением электрода на 360° удаляется патологическая ткань. Помимо рассечения в прилежащих тканях обеспечивается коагуляция, что способствует уменьшению кровотечения и стерильности операции.

Эффективность иссечения тканей зависит от нескольких факторов. Главным фактором является мощность высокочастотного тока. Если мощность будет слишком высока, то возможна излишняя коагуляция прилежащих тканей и даже обугливание, что может привести к образованию язв, длительному заживлению и ухудшению эластичности шейки матки. Если мощности недостаточно, то искры не возникает и вместо разреза происходит нагрев ткани и ее коагуляция, что может привести к болевым ощущениям у пациентки и нежелательным патологиям. Поэтому мощность должна быть оптимальной для возникновения искры и обеспечения неглубокой коагуляции прилежащих тканей.

Конизация чаще всего проводится при мощности 120-150 Вт. Эта мощность является достаточно большой для того, чтобы привести к нежелательным последствиям. В связи с этим исход операции зависит от скорости проведения операции. При слишком медленном поворачивании активного электрода возможно обугливание тканей шейки матки. Поэтому при использовании повышенных мощностей конизацию шейки матки приходится производить достаточно быстро, что на практике вызывает некоторые трудности [2].

Эти проблемы можно решить несколькими путями.

С электрической точки зрения введенный в матку конизатор создает низкий импеданс на пути выходного тока (низкий импеданс), поэтому электрохирургический аппарат включается в режиме, близком к короткому замыканию. Конизацию шейки матки можно проводить и при более низкой мощности, однако в этом случае нужно сначала подать мощность, а потом вводить электрод в цервикальный канал и производить операцию. Существенным недостатком этого метода является большая вероятность повреждения здоровых тканей и возникновения болевых ощущений при введении электрода.

Специализированный электрохирургический режим. Эффективным способом решения проблем является разработка специализированного электрохирургического режима.

Для проведения исследований была разработана экспериментальная установка, структурная схема которой приведена на рисунке 1. Обеспечена связь с персональным компьютером через протокол RS-232 и написана программа, осуществляющая передачу данных о выходном токе и напряжении, и вычисляющая мощность и сопротивление. Данные отображаются на персональном компьютере в виде осциллограмм среднеквадратичных значений.

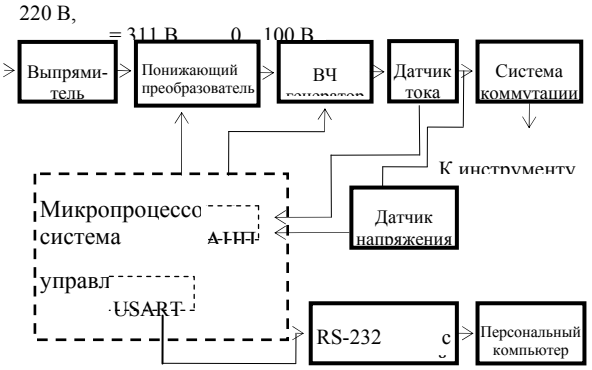


Рис.1. *Структурная схема экспериментальной установки.*

Исследование показало, что возникновение дуги происходит при мощности 120 Вт, а резание

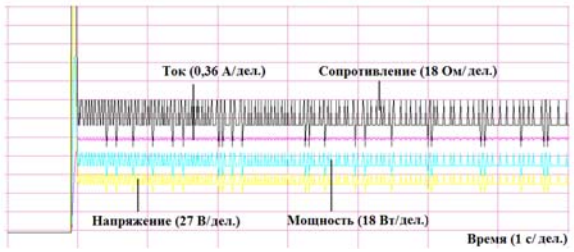
эффективно при мощности 80 Вт. В соответствии с этим разработан специальный режим форсированной конизации.

Процесс конизации предлагаем разбить на два этапа: зажигание дуги и резание патологической ткани. Зажигание дуги занимает относительно небольшое время, требует повышенной мощности, импеданс тканей очень мал (в реальных условиях сопротивление мало из-за наличия в цервикальном канале биологических жидкостей). Резание требует относительно небольшой мощности и занимает основное время проведения операции, импеданс тканей намного больше. Поэтому для каждого этапа требуются свои параметры воздействия.

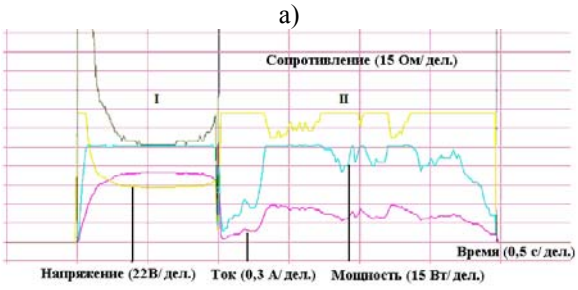
У большинства электрохирургических аппаратов в качестве выходного воздействия выступает переменный ток синусоидальной формы или меандр с частотой 440 кГц, поэтому простым решением является увеличение мощности на этапе зажигания дуги без изменения формы переменного тока, что позволит адаптировать уже существующие аппараты.

Суть специализированного режима заключается в следующем: автоматически определять импеданс тканей и в соответствии с этим обеспечивать соответствующую мощность.

На рисунке 2 приведены осциллограммы работы аппарата при номинальной мощности 80 Вт без режима форсированной конизации (а) и с режимом форсированной конизации (б). Исследования показали, что без специализированного режима при средней мощности 80 Вт искры не возникает, при этом ткань оказывается только слегка подсушенной.



а)



б)

Рис.2. *Осцилограммы выходного сигнала при мощности 80 Вт: а) Без режима форсированной конизации, б) с режимом форсированной конизации.*

С использованием форсированной конизации на участке I (рис.2.б) подается повышенная мощность, возникает искра и происходит резание на участке II (рис.2.б). При этом наблюдалась небольшая или умеренная коагуляция прилежащих тканей без признаков обугливания.

Недостатком такого способа конизации является то, что во время зажигания дуги аппарат работает с перегрузкой, что может привести к снижению надежности и долговечности.

Для устранения перегрузки аппарата во время зажигания дуги предлагаем усовершенствовать режим форсированной конизации, и зажигать дугу не за счет увеличения мощности, а посредством изменения формы выходного напряжения. Во время этапа зажигания дуги подавать не непрерывное напряжение, а с меньшей скважностью, но большей амплитудой, сохраняя значение мощности равной значению на этапе резания. Были проведены эксперименты, которые показали, что при такой форме выходного сигнала, происходит зажигание дуги.

Таким образом, предположение о том, что этап зажигания дуги можно проводить не за счет увеличения мощности, а за счет изменения формы выходного сигнала, подтвердилось. В связи с этим планируются дальнейшие исследования для определения оптимальных параметров выходного сигнала для зажигания дуги и проведения конизации.

Заключение. Специализированный электрохирургический режим позволяет производить операцию при пониженной мощности, что способствует обеспечению более щадящего режима без излишней коагуляции и обугливания тканей.

Предполагается использовать новые режимы конизации в разрабатываемом мультирежимном электрохирургическом комплексе.

Разработанные режимы можно применять и в других аппаратах. Учитывая то, что другие гинекологические операции, проводимые в амбулаторных условиях, не требуют большой мощности, то в гинекологии возможно применять аппараты с меньшей мощностью (80 Вт) и стоимостью.

Список литературы:

1. И.В. Федоров, А.Т. Никитин Клиническая электрохирургия. М.: ГЭОТАР МЕДИЦИНА, - 1997. – 90 с.
2. С.И. Роговская, Т.В. Лопатина, А.О. Оламова. Физиохирургические методы диагностики и лечения патологии шейки матки//Клінічна лекція, - №4, 2010, - с. 48-5**2.**

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ СОЧЕТАНИЙ РАЗНОТИПНЫХ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Е.А.Перина
Научный руководитель: Карась С.И., д.м.н., профессор
Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия, г.Томск, Московский тракт, 2
E-mail: surudina@sibmail.com

Актуальность. В исследовательской и практической работе приходится сталкиваться с ситуациями, когда количество признаков, регистрируемых на каждом из множества исследуемых объектов очень велико, тем не менее, имеющиеся многомерные наблюдения следует подвергнуть статистической обработке. При этом возникает ряд проблем, которые обусловлены природой признаков: объект может описываться количественными, порядковыми и номинальными данными. Задача осложняется также тем, что в природе очень редко встречаются статистически независимые признаки. Поэтому оценка информативности сочетаний разнотипных признаков является важной задачей для большинства исследователей и имеет прямое практическое значение. Решающим критерием информативности признаков в задаче распознавания образов является, конечно, величина потерь от ошибок *R*. При выборе наиболее информативной подсистемы таблицах, где данные статистически зависимы и закон распределения неизвестен нельзя руководствоваться оценками индивидуальной информативности данных. Зависимости признаков могут носить линейный и более сложный характер и проявляться на множестве из более чем двух признаков. Следовательно, для выбора *n* признаков из *q* нужно перебрать и испытать на информативность C_q^n их комбинаций. Поэтому оценка информативности сочетаний разнотипных признаков является важной задачей для большинства исследователей и имеет прямое практическое значение.

Постановка задачи. Одним из подходов к повышению качества распознавания образов и уменьшению вычислительных ресурсов является проведение предварительного анализа обучающей информации. Целью такого анализа является оценка основных характеристик обучающей выборки, в частности оценка информативности признаков и их сочетаний, оценка вариабельности значений признаков, выделение наиболее представительных объектов выборки.

Данные, полученные в реальных исследованиях и экспериментах, могут содержать пропуски. Проблему пропусков данных можно решить различными методами: исключить из обработки наблюдения с пропущенными данными, либо на этапе первичной обработки данных заполнить пропуски. Алгоритмы семейства WANGA основаны на гипотезе локальной компактности данных и предназначены для заполнения пробелов в таблицах с разнотипными статистически зависимыми переменными. Алгоритм WANGA - R используется для признаков, значения которых измерены в шкале отношений; алгоритм WANGA - 0 используется для признаков, значения которых измерены в шкале порядка; алгоритм WANGA - N используется для заполнения пробелов в таблицах номинальных признаков. Проблема неполноты исходных данных будет решена использованием этого семейства алгоритмов.

Для поиска наиболее информативных признаков и их сочетаний используются разные подходы: последовательное сокращение множества признаков (алгоритм Del); последовательное добавление признаков в анализируемое множество (алгоритм Add); возможна организация совместной работы алгоритмов Del и Add: DelAdd и AddDel. Эксперименты с этими алгоритмами показали, что алгоритм AddDel приводит к лучшим результатам, чем алгоритмы Add, Del и DelAdd (при этом n_2 бралось равным $n_1/3$ [1]).

Определение информативности сочетаний признаков будет производиться через оценку плотности вероятности отнесения к классу, используя непараметрический алгоритм Парзена – Розенблатта. Этот подход основан на локальном оценивании плотностей распределения классов $p_y(x)$ в окрестности классифицируемого объекта $x \in X$ и позволяет включать в исследование признаки разных типов и учитывать их взаимозависимость.

Парзеновская оценка плотности для каждого класса $y \in Y$ выглядит следующим образом:

$$\hat{p}_{y,h}(x) = \frac{1}{l_y}\sum_{i=1}^{l}[y_i = y]K\left(\frac{\rho(x,x_i)}{h}\right),$$

где K – ядро,

h – ширина окна.

Непараметрическая оценка плотности вероятности в точке $x \in X$ записывается в следующем виде:

$$\hat{p}_h(x) = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\prod_{j=1}^{n}\frac{1}{h_j}K\left(\frac{\rho(\mathrm{x}_j, x_{ji}^*)}{h_j}\right).$$

В каждой точке x_i многомерная плотность вероятности представляется в виде произведения одномерных плотностей [2]. Для оценки плотности вероятности смешанных дискретных и непрерывных данных необходимо использовать концепцию «обобщенных мультипликативных ядер». Для непрерывных переменных используется стандартные непрерывные ядра, например, Гауссово ядро:

$$K(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{z^2}{2}}$$

В случае упорядоченной дискретной переменной $\bar{x}^d$ можно использовать следующее ядро:

$$\tilde{l}(\bar{X}_i^d, \bar{x}^d) = \begin{cases} 1-\lambda, \text{ если } \bar{X}_i^d = \tilde{x}^d, \\ \frac{1-\lambda}{2}\lambda^{\left|\tilde{X}_i^d - \tilde{x}^d\right|}, \text{ если } \bar{X}_i^d \neq \tilde{x}^d \end{cases}$$

В случае неупорядоченной дискретной переменной $\bar{x}^d$ можно использовать следующее ядро:

$$\bar{l}(\bar{X}_i^d, \bar{x}^d) = \begin{cases} 1-\beta, \text{если } \bar{X}_i^d = \bar{x}^d, \\ \beta, \quad \text{иначе} \end{cases}$$

где β - аналог ширины окна h.

Обобщенное мультипликативное ядро определяется следующим образом [3]:

$$K(\cdot) = W(\cdot) \times \tilde{l}(\cdot) \times \bar{l}(\cdot)$$

Ядерная функция обеспечивает дифференцируемость и гладкость непараметрического оценивания. А ширина окна определяет поведение оценки в конечных выборках. Для выбора ширины окна используют кросс-валидацию на основе правдоподобия, которая даёт оценку плотности, имеющую интерпретацию в терминах энтропии. Кросс-валидация на основе правдоподобия выбирает *h*, чтобы максимизировать логарифм функции правдоподобия (построенной по всей выборке за исключением одного наблюдения), имеющий вид:

$$\Lambda = \log L = \sum_{i=1}^{n} \log \hat{f}_{-i}(X),$$

где $\hat{f}_{-i}(X)$ – ядерная оценка $f(X_i)$, построенная по всей выборке за исключением одного наблюдения X_i, то есть

$$\hat{f}_{-i}(X) = \frac{1}{(n-1)h} \sum_{j=1, j\neq i}^{n} K\left(\frac{X_j - x}{h}\right) \text{ [3].}$$

Как уже говорилось, количество регистрируемых в экспериментах и исследованиях признаков, достаточно велико, и обработка полученных результатов требует больших вычислительных затрат. Для решения этой проблемы используют высокопроизводительные (параллельные) вычисления, которые воплощают идею одновременного выполнения нескольких действий. Использование кластера позволяет совместно использовать вычислительные ресурсы нескольких компьютеров для решения одной задачи [4]. Стандартной технологией для распараллеливания вычислений в локальных сетях персональных компьютеров (системы с распределённой памятью) является Message Passing Interface.

Целью исследования является оценка диагностической информативности сочетаний разнотипных статистически зависимых медико-биологических признаков. Для этого необходимо решить следующие задачи: реализовать алгоритм Парзена-Розенблатта для классификации электронных медицинских записей по количественным, порядковым и номинальным признакам, реализовать алгоритм поиска информативных сочетаний разнотипных медико-биологических характеристик со скользящим контролем, реализовать параллельную обработку данных на кластере для поиска информативных сочетаний медико-биологических характеристик. В качестве обучающей выборки будут использованы сведения о 356 пациентках с раком молочной железы, электронные медицинские записи о которых содержат клинические, гистологические и иммунологические показатели. В данный момент программное приложение оценки информативных для принятия диагностических и клинических решений сочетаний разнотипных медико-биологических признаков находится в разработке. Для реализации программного приложения используется среда Delphi7. Данное программное приложение позволит исследователю выбрать наиболее информативные сочетания статистически зависимых разнотипных медико-биологических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Загоруйко, Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний / Н. Г. Загоруйко. – Новосибирск. : Издательствово Института математикики, 1999. – 270 с.

2. Епанечников, В. А. Непараметрическая оценка многомерной плотности вероятности / В. А. Епанечников // Теория вероятностей и ее применения. – 1969. – Т. 14. - № 1. – С. 156-161.

3. Расин, Джеффри. Непараметрическая эконометрика : вводный курс / Джеффри Расин // Квантиль. – 2008. - № 4. – С. 7-56.

4. Воеводин, В. В., Воеводин, Вл. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. - СПб. : БХВ – Петербург, 2002. – 608 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПОРИСТОСТИ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА БИОЧИПОВ ДЛЯ РЕПАРАТИВНОГО ОСТЕОГЕНЕЗА

Петлин Д.Г., Больбасов Е.Н.
Научный руководитель: Твердохлебов С.И.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: danilapetlin@gmail.com

Лечение заболеваний и повреждений опорно-двигательного аппарата представляет сложную клиническую задачу, поскольку частота ортопедической и травматологической патологии остается на постоянно высоком уровне. Социально-экономические потери заставляют клиницистов и научных работников искать новые, эффективные средства и способы терапии [1].

Для решения задач эффективной терапии сложных и многофакторных патологий опорно-двигательного аппарата, в том числе при онкологических заболеваниях, предложена концепция активного воздействия на костную ткань и управления процессами ее регенерации и минерализации. В России и за рубежом существуют тенденции развития медицинских изделий и технологий, при которых конструкции, взаимодействующие с костной тканью, должны строиться с учетом не только биомеханики, достижений в области материаловедения, но и понимания процессов, протекающих в поврежденной костной ткани на каждом этапе ее регенерации. Такие конструкции посредством своей архитектоники, вводимых в них фармакологических препаратов и клеточных материалов должны стимулировать и управлять процессами остеогенеза, поэтому их можно назвать биочипами.

Для придания биочипам способности насыщаться препаратами их поверхностная структура должна быть капиллярно-пористой. Насыщение структуры фармакологическими препаратами и клеточными материалами позволяет реализовать принцип программного управления процессом репаративного остеогенеза. С биологических позиций такие каркасы и продукты их деградации должны быть нетоксичными, не вызывать отрицательных тканевых реакций, не вызывать аллергии.

Задачу интеграции биочипа с металлическими подложками, а также задачу модификации структурных элементов матричного каркаса биочипа предлагается решить путем нанесения на них покрытия, состоящего из слоя аморфного фосфата кальция различной химической природы. Такие покрытия способствуют пролиферации клеток в остеогенном направлении [2].

На данный момент проведены предварительные исследования механических свойств армированных образцов капиллярно-пористых биочипов. Согласно полученным результатам, после нанесения фторполимерного композитного матрикса на армирующие титановые элементы наблюдается увеличение механической прочности последних практически в 1,5 раза. Также проведена оценка in vitro токсичности, пирогенности, гемолитической активности и местнораздражающего действия полученных композитных образцов. Показано, что предлагаемые композиты соответствуют требованиям ГОСТ Р ИСО 10993 на имплантируемые устройства.

Одним из основополагающих этапов исследования получаемых образцов является анализ физико-механических свойств их поверхности. В частности, поверхностная пористость получаемых капиллярно-пористых биочипов напрямую влияет на то, как поведет себя изделие в организме человека. В зависимости от клинической задачи, решаемой с помощью капиллярно-пористых биочипов, сроков и места установки, возраста пациента их поверхностный композитный слой должен обладать различными свойствами, которые определяются соотношением химических элементов на поверхности и его пористостью [3]. Процесс регулирования параметров поверхностной пористости и элементного состава может осуществляться за счет использования различных кальций-фосфатных наполнителей, непосредственно влияющих на свойства биокомпозитного поверхностного слоя.

Таким образом, была поставлена задача исследования влияния выбора вида кальций-фосфатного наполнителя в композитном слое на параметры поверхностной пористости и элементный состав.

Для исследования влияния вида кальций-фосфатного наполнителя биокомпозитного слоя на подложках из технически чистого титана были изготовлены две группы образцов. Образцы первой группы содержат в композитном поверхностном слое частицы трикальцийфосфата (ТКФ), а образцы второй группы – частицы гидроксиапатита (ГА).

В качестве связующего для изготовления капиллярно-пористых биочипов был использован сополимер тетрафторэтилена с винилиденфторидом (ТФЭ/ВДФ) [4]. Приготовленный раствор сополимера вместе с неорганическим наполнителем (ТКФ или ГА) наносился методом пневматического распыления на предварительно подготовленные и нагретые до 70 °С пластины из технически чистого титана.

Полученный композитный поверхностный слой был исследован с помощью растрового электронного микроскопа «Philips SEM 515» со встроенной приставкой энергодисперсионного рентгеновского анализа (микроанализатор EDAX ECON IV).

Параметры поверхностной пористости определялись по полученным топографическим изображениям с использованием пакета программ «Motic Image Life plus». С помощью данного пакета была определена общая поверхностная пористость и площадь пор.

Используя микроанализатор EDAX ECON IV, которым оснащен микроскоп, был определен элементный состав в массовых и атомных процентах интересующих элементов: Ca, P, F, O. Это основные элементы материала, влияющие на протекание процесса остеогенеза, из них же состоит костная ткань человека.

На рисунке 1 показаны изображения топографии поверхности двух видов образцов с различными кальций-фосфатными наполнителями. Изображения

получены с помощью растрового электронного микроскопа «Philips SEM 515».

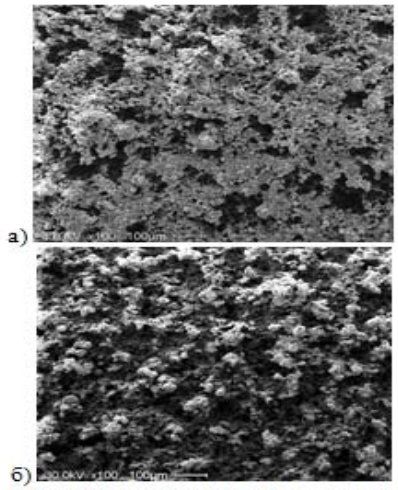


Рис. 1. Изображения топографии поверхности двух видов образцов с различными кальций-фосфатными наполнителями: а) ТКФ; б) ГА, увеличение 100

Изображения, полученные методом растровой электронной микроскопии, демонстрируют влияние типа кальций-фосфатного наполнителя на топографию поверхности.

Результаты исследования основных морфометрических характеристик поверхности биочипов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные морфометрические характеристики поверхности биочипа

Вид кальций-фосфатного наполнителя	Общая площадь пор, мкм^2	Общая пористость, %	Мин. площадь пор, мкм^2	Макс, площадь пор, мкм^2
ТКФ	512334	38,75	1,88	62863,6
ГА	659356	42,9	1,88	359350

Гистограммы распределения пор по размерам представлены на рисунке 2.

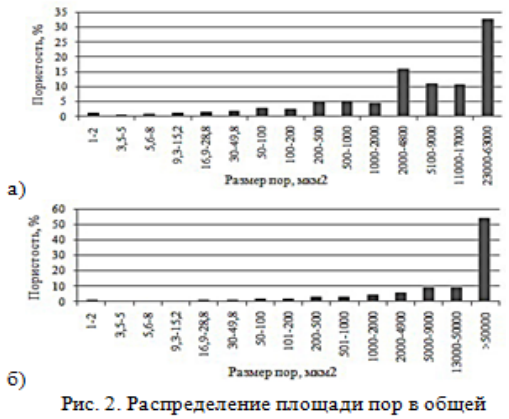


Рис. 2. Распределение площади пор в общей пористости для двух видов наполнителей в биокомпозитном слое: а) ТКФ; б) ГА

Анализ полученных гистограмм (рис. 2) позволяет выделить несколько условных уровней пористости биокомпозитного слоя: капиллярная пористость (размер пор до 100 мкм^2), микропористость (до 5000 мкм^2) и макропористость (более 5000 мкм^2). Наибольший вклад в общую поверхностную пористость вносят макропоры с размерами более 20000 мкм^2, вклад капилляров составляет не более 5%.

Исходя из результатов анализа поверхности композитного слоя, можно говорить о том, что он представляет собой многоуровневую пористую систему. Благодаря многоуровневой пористости структура биокомпозитного слоя становится схожей со структурой губчатой кости. Данный фактор дополнительно способствует прорастанию костной ткани в поры с образованием систем «биокомпозитный слой — костная ткань», что в свою очередь ведет к увеличению жесткости фиксации изделия в кости.

С помощью микроанализатора EDAX ECON IV был проведен полуколичественный элементный анализ поверхностного слоя образцов. Результаты анализа сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты энергодисперсионного рентгеновского анализа для двух видов образцов

Химический элемент	ТКФ	ГА
	масс. %	
O	34,45	38,24
F	30,21	25,36
P	15,23	13,72
Ca	19,21	21,56
Ni	0,21	0,23
Cu	0,14	0,17
Fe	0,55	0,72

Анализ элементного состава показывает, что основными составными элементами биокомпозита являются кальций, фосфор, фтор и кислород. Также присутствуют следовые количества никеля, меди и железа.

Выбор кальций-фосфатного наполнителя даёт возможность регулировать соотношения Ca/P, что может быть использовано для управления скоростью деградации элементов биочипа в системах in vivo.

Использование различных видов кальций-фосфатных наполнителей позволяет формировать поверхность капиллярно-пористого биочипа с различными морфометрическими характеристиками и элементным составом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карлов А.В., Шахов В.П. Системы внешней фиксации и регуляторные механизмы оптимальной биомеханики. Томск: STT, 2001. – 480 с.
2. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. – М., Наука. – 2005. – 203 с.
3. Агаджанян В.В., Твердохлебов С.И., Больбасов Е.Н., Игнатов В.П., Шестериков Е.В. Политравма. 2011. № 3. С. 5-13.
4.Correa F.J., Ota Rogeroa B.S., Coutoa A.A., Costa Marques R.F., Ribeiro A.A., Campos J. S. Characterization of PVDF/HAP Composites for Medical Applications // Materials Research. – 2007. – Vol. 10. – No. 3. P. 247-251.

СКОРОСТНАЯ ВИДЕОРЕГИСТРАЦИЯ САМОСВЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ДЕТОНАЦИОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОРОШКА ГИДРОКСИАПАТИТА

Попова А. А.
Научные руководители: Ситников А. А., д.т.н., профессор; Яковлев В. И., к.т.н., с.н.с.
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: anicpt@rambler.ru

Получение наиболее качественных покрытий из всех методов газотермического напыления обеспечивают высокоскоростные потоки частиц детонационно-газового напыления (ДГН). Одной из проблем в указанной области является оптимизация режима нанесения покрытий, которая определяется набором взаимосвязанных аэродинамических, теплофизических и химических параметров, что обуславливает необходимость применения комплексного подхода к процессам контроля в импульсных высокотемпературных газодисперсных потоках частиц.

Для выхода на оптимальный режим ДГН используется метод многократных пробных напылений. Однако некоторое количество входных параметров в технологии могут быть неконтролируемыми, что приводит к неполной воспроизводимости результата напыления и отражается на качестве покрытия. Подобный метод является весьма трудоемким, продолжительным и дорогостоящим, что влечет создание экспериментально – диагностического стенда, позволяющего определять выходные скоростные параметры.

Целью данной работы является определение экспериментальных значений скорости частиц гидроксиапатита кальция в потоке детонационно-газового напыления

В качестве материала использовался порошок гидрокисапатита кальция размером 50-100 мкм. Нанесение покрытий на титановые пластины (ВТ-1.0) размером 20х20х3 мм произведено на детонационно-газовой установке «Катунь-М»[1].

Разработанный в Алтайском государственном техническом университете им И.И. Ползунова экспериментальный стенд визуального исследования параметров потока частиц при детонационном напылении покрытий, позволяет в масштабе реального времени контролировать скорости частиц потока. Скорости частиц в импульсном потоке детонационного напыления измеряются PTV методом (PTV, Particle Tracking Velocimetry – измерение скорости по трассерам частиц) [2].

Программа расчета длины трассеров написана на языке Pascal в среде Delphi 6.0. На начальном этапе оператор устанавливает начальное сечение, в котором производится анализ яркости пикселей, соответствующее положению среза ствола детонационной установки. Здесь же задается порог уровня перепада яркости, соответствующего конечному значению координаты трассера.

Погрешность определения длины трека зависит от кратности увеличения оптической системы и погрешности расчета длины по пикселям. Для используемого объектива Индустар-61Л/З-МС и расстояния до импульсного дисперсного потока 1 м, масштаб изображения составлял 69±4 пикселя на 0,01 м изображения или 8 % относительной погрешности.

Зная масштаб изображения, по длине треков частиц и времени экспозиции $T_{нак}$=160 мкс определялась скорость частиц в потоке, которая составила 400 м/с для времени T=1-5мс, через каждые 500 мкс. На рис. 1 приводится пример изображения треков частиц потока с рассчитанной скоростью.

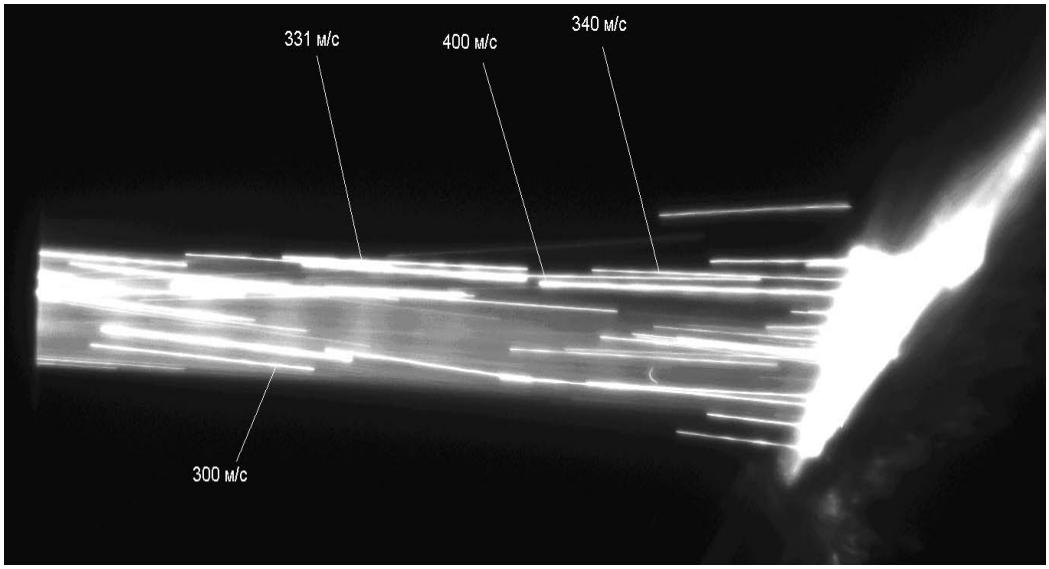


Рис. 1. Изображения треков частиц ($T_{нак}$=160 мкс, $T_к$=4 мс)

Рассчитывая длину трека, в данной работе предполагается, что трек остается от одной частицы. Толщина некоторых треков на изображении больше диаметра частиц используемого порошка, что может объяснятся параллаксом оптической системы камеры. Некоторые треки имеют периодически повторяющиеся пульсации яркости, что объясняется вращением частиц вокруг своей оси, параллельной оси потока, обусловленное формфактором частиц. Приведенные выше утверждения носят гипотетический характер и подлежат дальнейшим исследованиям.

На рис. 2 приведено значение средней скорости частиц в потоке ДГН по времени цикла напыления. Измерения проводились по длине треков частиц с учетом выше отмеченных допущений. Каждая точка рассчитывалась как среднее значение по трем – пяти трекам на изображении. Из графика видно, что в начале цикла напыления скорости возрастают до 400 м/с к T_k=1 мс, при T_k от 1 до 4,5 мс практически сохраняют свое значение около 400 м/с и после T_k=4,5 мс в конце цикла напыления – убывают.

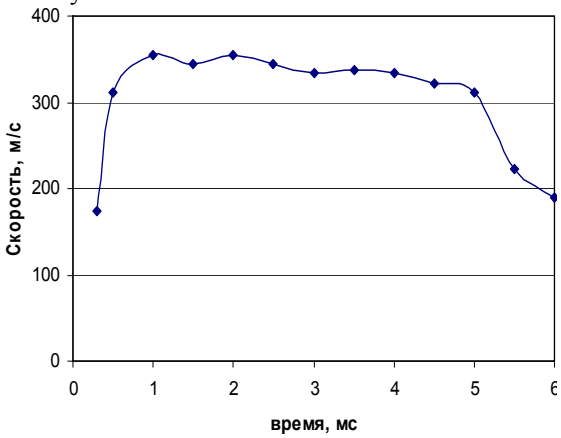


Рис. 2. Экспериментальные значения скорости частиц в потоке ДГН

На рис. 3 приводится гистограмма распределения скоростей частиц на изображении импульсного детонационного потока (рис.1). На изображении удалось обнаружить 27 треков, по которым средняя скорость частиц составила 341,4 м/с.

Погрешность определения длины трека зависит от кратности увеличения оптической системы и погрешности расчета длины по пикселям. Для используемого объектива Индустар-61Л/З-МС и расстояния до импульсного дисперсного потока 1 м, масштаб изображения составлял 69±4 пикселя на 0,01 м изображения с 8 % относительной погрешностью.

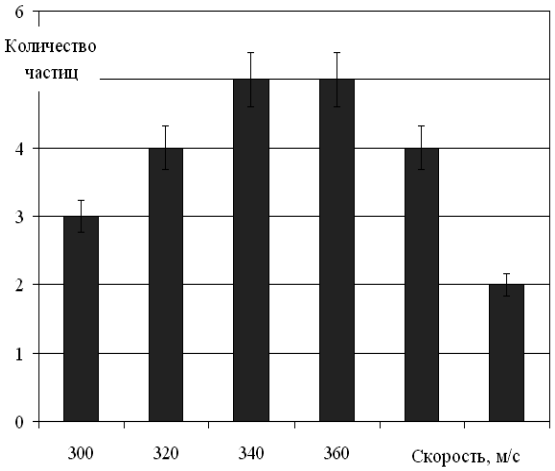


Рис. 3. Гистограмма скоростей частиц импульсного дисперсного потока напыления частиц установкой «Катунь М»

В тоже время разработка оптимальных технологических процессов напыления должна выполняться с учетом рационального соотношения между скоростью и температурой напыляемых частиц. Известно, что свойства покрытий в ряде случаев улучшаются при разбавлении детонирующей смеси азотом и при увеличении дистанции напыления, хотя и то, и другое приводит к уменьшению скорости частиц. Таким образом, обычно нельзя оптимизировать процесс напыления по величине скорости частиц. Необходимо использовать комплексный критерий, учитывающий агрегатное состояние частиц, скоростные, тепловые и концентрационные характеристики процесса.

Выводы

1. Определены экспериментальные значения скорости частиц в потоке ДГН. В начале цикла напыления скорости возрастают до 400 м/с к T_k=1 мс, при T_k от 1 до 4,5 мс практически сохраняют свое значение около 400 м/с и после T_k=4,5 мс в конце цикла напыления – убывают.
2. Выявлена средняя скорость частиц гидроксиапатита кальция 341,4 м/с.

Список литературы:

1. Яковлев, В.И. Экспериментально – диагностический комплекс для физических исследований порошковых СВС-материалов при детонационном напылении [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Барнаул, АлтГТУ, 2003. – 19 с.
2. Гуляев П.Ю., Евстигнеев В.В., Яковлев В.И., Полторыхин М.В., Шарлаев Е.В. Способ определения скоростей частиц в продуктах детонации и взрыва // Патент РФ № 2193781, на изобретение по заявке № 2000125631/28, приоритет от 11.10.00.

ЧРЕСКОСТНЫЕ ОСТЕОФИКСАТОРЫ С МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫМ МЕТАЛЛООКСИДНЫМ ПОКРЫТИЕМ, ОБЛАДАЮЩИМ КАЧЕСТВАМИ БИОСОВМЕСТИМОСТИ И СПОСОБНОСТЬЮ ИНТЕГРАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КОСТНОЙ ТКАНЬЮ

Родионов И.В.
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»,
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, e-mail: iv.rodionov@mail.ru
Статья подготовлена при поддержке гранта Президента РФ МК-1799.2011.8.

Метод внешнего чрескостного остеосинтеза применяется в лечении переломов различных костей опорно-двигательного аппарата и предусматривает использование винтовых стержней – имплантатов-остеофиксаторов, вкручиваемых одними концами в костные отломки, а другими концами закрепляемых во внешних опорах аппарата фиксации для необходимой репозиции отломков. Остеофиксаторы выполняются из металлических материалов, обладающих определенной коррозионной стойкостью и биоинертностью. В качестве таких материалов наиболее часто используются титановые сплавы ВТ6, ВТ16 и нержавеющая сталь 12Х18Н9Т, которые благодаря своим физико-химическим и механическим свойствам позволяют обеспечить функционирование изделий без протекания существенных воспалительный реакций тканей.

Для улучшенной приживляемости чрескостных остеофикаторов и их интеграционного взаимодействия с окружающей костью на металлических поверхностях имплантируемых конструкций создают биосовместимое покрытие с остеоинтеграционной способностью, т.е. способностью срастания с костной тканью. Материалами такого покрытия выступают различные вещества, не оказывающие токсикологического действия и не вызывающие иммунных процессов в окружающих тканях и жидких средах организма – кальцийфосфатные соединения, углерод, оксиды биоинертных металлов и др.

За счет придания покрытиям высокой степени шероховатости, определенной микропористости, развитой морфологии и микроструктурной гетерогенности достигаются условия интеграции с костной тканью, когда костные клетки прорастают в имеющиеся открытые микропоры и неровности поверхности, создавая прочное закрепление остеофиксаторов в организме.

Перспективными материалами биосовместимых остеоинтеграционных покрытий являются некоторые нетоксичные металлооксидные соединения, получаемые на поверхности металлических остеофиксаторов методом паротермического оксидирования. Преимущество данного метода получения биосовместимого покрытия от других применяемых методов состоит в технологической простоте реализации процесса, в отсутствии необходимости использования дополнительных материалов для покрытия, в возможности проведения групповой обработки изделий.

Поэтому целью настоящей работы являлось получение микроструктурированных паротермических металлооксидных покрытий с качествами биосовместимости и способностью интеграционного взаимодействия с костными структурами на титановых и стальных остеофиксаторах.

Методика исследования

Опытные фиксаторы изготовлялись из титанового сплава ВТ6 и нержавеющей хромоникелевой стали 12Х18Н9Т в виде винтовых стержней для чрескостного остеосинтеза.

Винтовая поверхность стержней проходила несколько предварительных технологических операций подготовки – промывку в спирте, пескоструйную обработку корундовым абразивом, ультразвуковое обезжиривание в моющем растворе, промывку в дистиллированной воде и сушку. Это позволило обеспечить требуемую чистоту поверхности и придать ей определенную исходную микрошероховатость.

Создание металлооксидного покрытия осуществлялось методом паротермического оксидирования с использованием лабораторной электронагревательной установки с парогенератором. Для получения покрытия на титановых стержневых образцах применялась температура нагрева печи, равная 450^0С, и продолжительность обработки 2 ч. Для формирования покрытия на стальных образцах задавалась температура, составляющая 550^0С, при продолжительности оксидирования 1,5 ч.

Исследование поверхностно-структурных характеристик покрытий проводилось методами микропроцессорной профилометрии и оптико-компьютерной обработки размерных элементов микроизображений поверхности.

Экспериментальная апробация титановых и стальных имплантатов-остеофиксаторов с паротермическими металлооксидными покрытиями проводилась на лабораторных кроликах породы «нидерландская красная», которым в кости конечностей на 50 суток вкручивались опытные винтовые стержни. Контрольной группой являлись стержни без покрытия. Основным биомеханическим критерием приживляемости образцов являлось наличие остеоинтеграции их поверхности и формирование на образцах костного регенерата как показателя остеокондуктивных свойств применяемых покрытий.

Результаты и их анализ

Полученные металлооксидные покрытия на остеофиксаторах характеризовались выраженным микрорельефом и поверхностно-морфологической гетерогенностью, что является необходимым для

прорастания костной ткани в микроструктуру покрытия и обеспечения прочной интеграционной взаимосвязи системы «покрытие-кость» (табл.). Кроме того, поверхностно-микропористые оксидные покрытия могут способствовать стимулированию репаративного остеогенеза и обладают высокими остеокондуктивными свойствами. Наличие большого количества пор и структурных микронесплошностей приводит к существенному возрастанию величины удельной поверхности, что, в свою очередь, способствует адсорбции увеличенного количества адгезивных белков, ускоряет миграционные клеточные механизмы и транспортные биохимические системы, создавая оптимальные условия для образования новой костной ткани.

Таблица. Характеристики микроструктуры металлооксидных покрытий чрескостных остеофиксаторов

Материал остеофиксаторов	Режим паротермического оксидирования	Размер пор, мкм	Размер частиц, мкм	Суммарная открытая пористость, %	Параметры микрошероховатости, мкм		
					R_a	R_{max}	S_m
Титановый сплав ВТ6	t=450^{0}С, τ =2 ч	35	18	35	1,2	5,6	18
Сталь 12Х18Н9Т	t=550^{0}С, τ =1,5 ч	28	17	30	1,1	5,4	12

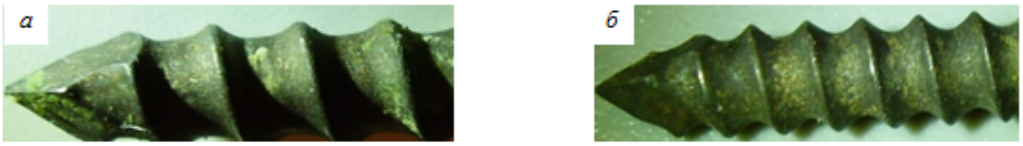


Рис. 1. Внешний вид стержневых остеофиксаторов без металлооксидного покрытия после испытания in vivo: *а* – титановый остеофиксатор; *б* – стальной остеофиксатор

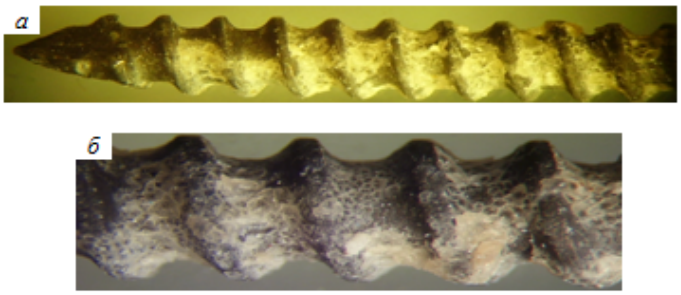


Рис. 2. Внешний вид стержневых остеофиксаторов с металлооксидным покрытием после испытания in vivo: *а* – титановый остеофиксатор; *б* – стальной остеофиксатор

Микропористая структура покрытий позволяет костным клеткам проникать в имеющиеся свободные пространства, не занятые микрочастицами оксидов, с дальнейшим разрастанием кости в структуре поверхности. Данный механизм взаимодействия костной ткани с покрытием характеризуется протеканием микроостеоинеграционных процессов, усиливающих взаимосвязь поверхности фиксаторов с окружающей тканью и повышающих прочность закрепления имплантируемых изделий в кости.

Исследования in vivo неоксидированных и оксидированных стержневых фиксаторов показали, что титановые и стальные образцы без оксидного покрытия (контрольная группа) не проявили остеоинтеграционную способность поверхности и характеризовались подвижностью при функционировании в условиях отсутствия прочного контактного взаимодействия с костной тканью. После извлечения образцов из костей лабораторных животных по истечении 50 суток клинического испытания на поверхности отсутствовали выраженные фрагменты костного регенерата, что свидетельствует о крайне низкой эффективности применения таких фиксаторов при внешнем чрескостном остеосинтезе (рис. 1). Титановые и стальные образцы с металлооксидными покрытиями обладали выраженной микроостеоинтеграционной способностью. После завершения клинических испытаний на их поверхности формировалось повышенное количество костного регенерата. Так, при извлечении стержней из организма животных наблюдалось присутствие на оксидированной поверхности значительного объема новообразованной костной ткани, прочно соединенной с изделиями (рис. 2). Это свидетельствует о протекании на поверхности покрытий интенсивного костеобразования и о выраженной микроостеоинтеграционной способности оксидированных остеофиксаторов.

Таким образом, применение разработанных покрытий обеспечивает повышенный уровень приживляемости ортопедических имплантатов и высокую медико-техническую эффективность их использования в составе аппаратов внешней фиксации при чрескостном остеосинтезе.

ПАРОТЕРМИЧЕСКОЕ МЕТАЛЛООКСИДНОЕ ПОКРЫТИЕ НА ТИТАНОВЫХ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТАХ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА, МИКРОМОДИФИЦИРОВАННОЕ СЕРЕБРОМ

Родионов И.В.
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»,
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, e-mail: iv.rodionov@mail.ru
Статья подготовлена при поддержке гранта Президента РФ МК-1799.2011.8.

Придание антисептических свойств биосовместимым покрытиям ортопедических имплантатов для чрескостного остеосинтеза значительно повышает эффективность их хирургического применения, создает принципиально новый уровень функционирования, обеспечивает высокую способность адаптации окружающих биоструктур к имплантируемому техническому изделию.

Антисептическое действие покрытий имплантатов может быть достигнуто путем введения в их химический состав микроэлементов с соответствующими противомикробными свойствами, т.е. путем модифицирования поверхности имплантатов антисептическими веществами, либо препаратами, содержащими активные противомикробные компоненты [1, 2].

Имплантаты для лечения различных костных патологий опорно-двигательного аппарата часто выполняются из биоинертного титанового сплава ВТ16. В качестве материалов биосовместимых покрытий таких титановых имплантатов могут с высокой эффективностью использоваться собственные нетоксичные оксиды титана [3, 4]. Микромодифицирование оксидированных титановых поверхностей антисептическими компонентами может способствовать улучшенной приживляемости имплантатов за счет обеспечения определенной антимикробной активности металлооксидных покрытий.

Поэтому целью работы являлось экспериментально-клиническое обоснование эффективности применения титановых имплантатов с биосовместимым металлооксидным покрытием, микромодифицированными серебром – элементом с высокой антимикробной активностью.

Методика исследования

Опытные имплантаты представляли винтовые стержни для чрескостного остеосинтеза из титанового сплава ВТ16 диаметром 2,5 мм и длиной 5 см.

Поверхность чрескостных стержневых имплантатов предварительно подготавливали путем пескоструйной обработки корундовым абразивом и ультразвуковой очистки в моющем спиртовом растворе.

Для создания оксидного покрытия имплантаты помещали в печь паротермического оксидирования, в рабочий объем которой под давлением 1,2-1,3 атм подавали перегретый водяной пар и при температуре 550^0С и продолжительности 2 ч получали покрытие толщиной 40-50 мкм с суммарной открытой пористостью 30-40% для необходимого интеграционного взаимодействия с костной тканью. Затем титановые имплантаты с полученным металлооксидным покрытием, состоящим из смеси фаз TiO, TiO_2, Ti_2O_3, Ti_3O_5, помещали в электрохимическую ванну с приготовленным неводным серебросодержащим электролитом и методом катодного гальваностатического внедрения осуществляли модифицирование покрытия серебром.

Для определения влияния серебросодержащих покрытий титановых имплантатов на уровень приживляемости в организме применялись лабораторные кролики породы «нидерландская красная», которым в большеберцовые кости на 50 суток устанавливались имплантаты. Контрольной группой образцов являлись чрескостные стержни с паротермическим оксидным покрытием, не модифицированным серебром.

Клиническая оценка антимикробной активности и остеоинтеграционной способности оксидированной поверхности имплантатов проводилась по признакам развития воспалительных явлений в зоне имплантации с использованием микробиологического исследования мазков экссудата, а также по уровню срастания покрытия с костной тканью с применением оптической микроскопии и путем исследования гистосрезов границы «имплантат с покрытием – кость».

Результаты исследования и их анализ

Паротермическое металлооксидное серебросодержащее покрытие титановых имплантатов характеризовалось следующим соотношением компонентов: смесь оксидов титана: 98-99%, серебро: 1-2%. Установлено, что данный компонентный состав покрытия, его толщина, составляющая 40-50 мкм, и пористость, равная 30-40%, являются наиболее благоприятными при использовании на ортопедических титановых имплантатах, т.к. позволяют обеспечить самые важные лечебно-реабилитационные функции – безопасное ускоренное приживление и прочное остеоинтеграционное закрепление чрескостных стержней в костной ткани.

Эксперименты in vivo показали, что количество серебра в составе паротермического оксидного покрытия менее 1% не позволяет достичь высокой эффективности антисептического действия при сохранении микробной активности в зоне имплантации на более поздних стадиях приживления. Количество серебра в покрытии превышающее 2% является экономически нецелесообразным, т.к. содержание серебра в пределах 1-2% оказывает антисептическое действие, достаточное для полного исключения микробной активности на границе с имплантатом на всех послеоперационных стадиях.

В ходе клинических испытаний было установлено, что стержневые имплантаты с оксидным покрытием без содержания серебра и с содержанием

серебра менее 1% не способствовали предотвращению воспаления окружающих тканей и не проявляли признаков бактерицидной активности поверхности (табл.). В зоне установки таких имплантатов возникали воспалительные явления, связанные с развитием патогенных микроорганизмов, уже на 2-е сутки испытания.

Титановые имплантаты с оксидным серебросодержащим покрытием показали высокую остеоинтеграционную способность покрытия при полном отсутствии воспаления тканей в течение всего периода испытания. Проведенные микробиологические исследования мазков, полученных на границе имплантатов и мягких тканей, не выявили наличия патогенной микрофлоры, что указывает на эффективное антимикробное действие серебра в составе паротермического оксидного покрытия.

Таким образом, экспериментальными исследованиями установлено, что применение серебросодержащих оксидных покрытий на ортопедических имплантатах из титанового сплава ВТ16 обеспечивает их высокоэффективное приживление за счет остеоинтеграционной способности и антимикробной активности поверхности.

<table>
<tr><th rowspan="2">Материал стержневых имплантатов</th><th rowspan="2">Оксидное покрытие</th><th colspan="3">Клинико-биологические характеристики испытаний</th></tr>
<tr><th>Морфологический анализ гистосрезов кости на границе с имплантатами</th><th>Микробиологический анализ мазков экссудата</th><th>Визуальный и оптический анализ поверхности имплантатов после испытания</th></tr>
<tr><td rowspan="3">титановый сплав ВТ16</td><td>без содержания серебра</td><td rowspan="2">наличие тонкого слоя новообразованной костной ткани</td><td>микрофлорная активность на начальном этапе имплантации (2-7 суток), повлекшая опухолеобразование тканей</td><td rowspan="3">присутствие фрагментов костной ткани, интегрированной с оксидным покрытием</td></tr>
<tr><td>с содержанием серебра менее 1%</td><td>наличие микробной флоры и появление воспаления на 2 сутки после имплантации с опухолеобразованием тканей на 4 сутки</td></tr>
<tr><td>с содержанием серебра на уровне 1-2%</td><td>наличие значительного объема костного регенерата</td><td>отсутствие патогенных микроорганизмов и воспалительных явлений биоструктур в течение всего периода испытания</td></tr>
</table>

ЛИТЕРАТУРА:

1. Родионов И.В., Анников В.В., Бердник М.И. Перспективы применения медицинских имплантатов с оксидными покрытиями, содержащими бактерицидные элементы / Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине: Материалы международной научно-практической конференции, 4-7 октября 2010 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. С. 148-151.
2. Иванов В.Н., Ларионов Г.М., Кулиш Н.И. и др. Некоторые экспериментальные и клинические результаты применения катионов серебра в борьбе с лекарственно-устойчивыми микроорганизмами. Серебро в медицине, биологии и технике. Новосибирск: Сиб. отд. РАМН, 1995. С. 53-62.
3. Родионов И.В. Получение оксидных биосовместимых покрытий на чрескостных титановых имплантатах методом паротермического оксидирования // Перспективные материалы. №5, 2009. С. 35-44.
4. Родионов И.В. Физико-химические и механические характеристики парооксидных биосовместимых покрытий титановых имплантатов // Материаловедение. №10, 2009. С. 25-34.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рыжков Д.В., Стромов Г.Г.
Научный руководитель: Фокин. В.А., д.т.н., профессор кафедры МБК
ГБОУ ВПО СибГМУ Минздравсоцразвития, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт,2
E-mail: ryzhkoff.d.v@gmail.com

Актуальность: Разработка методов диагностики заболеваний, особенно на ранних стадиях их развития, является актуальной медицинской и социальной проблемой. Перспективным направлением исследований для диагностики многих социально – значимых заболеваний является применение компьютеризированных методов анализа медицинских данных. Используя инструментальные методы диагностики, такие как МРТ сканирование головного мозга, можно решать задачи по обнаружению очагов повышенной и пониженной плотности, которые являются признаками такого многих заболеваний. Проведение такого анализа требует разработки технологий оптимизации вычислительных процедур вследствие высокой размерности экспериментальных данных.

Существенной особенностью большинства измеряемых медико-биологических показателей является то, что они при проведении оценок состояния биосистемы носят разнонаправленный характер, причем ряд из них может находиться в пределах или незначительно выходить за границы статистических норм. Это создает определенные трудности в интерпретации и оценке состояния системы, поскольку при изменении условий функционирования значения некоторых показателей начинают варьировать. Оценить состояние системы, выделяя какие-либо конкретные из них, бывает достаточно трудно, поэтому особую важность приобретают обобщенные критерии состояния. Более того, такие интегральные оценки состояния, проводимые по совокупности многомерных данных, оказываются более чувствительными даже к небольшим изменениям в состояниях систем разного уровня сложности и организации.

Оценка состояния системы S может производиться только по отношению к некоторому референтному состоянию S_0 данной системы. В качестве такого референтного состояния выбирается, например, состояние системы, соответствующее здоровому организму. Пусть S_0 и S – заданное референтное и оцениваемое состояния, характеризуемые множествами объектов $\{\vec{b}_i | i \in N_{S_0}\}$ и $\{\vec{b}_i | i \in N_S\}$ соответственно. Каждое из них можно представить точками, занимающими некоторые области в одном и том же пространстве признаков. Величина интегральной оценки состояния некоторого объекта $\vec{b}_i \subset S$ может быть охарактеризована мерой его близости к референтному состоянию S_0. Причем, в мере близости необходимо учитывать конфигурацию области, занимаемой референтным состоянием, расположение объекта $\vec{b}_j$ относительно нее в пространстве признаков, а также взаимное расположение объектов, представляющих референтное состояние системы. С учетом всех требований интегральный критерий оценки близости состояния объекта $\vec{b}_i$ к состоянию S_0 можно задать следующим образом:

$$I_{S_0}(\vec{b}_i) = \frac{d(\vec{b}_i, S_0)}{D_{S_0}} \qquad (1)$$

где $d(\vec{b}_i, S_0)$ – некоторая мера близости объекта $\vec{b}_i$ к множеству S_0; D_{S_0} – мера компактности области занимаемой в пространстве признаков объектами, относящимися к состоянию S_0, нормировка, на которую в (1) позволяет учесть вклад в получаемую оценку как конфигурацию области S_0, так и взаимное расположение объектов в ней.

При проведении оценок состояния биосистем необходимо не только количественно оценивать величину определяемого параметра, но и определять возможную погрешность получаемых результатов. Оценка статистических свойств предложенного выше критерия представляет собой нетривиальную задачу, решение которой с использованием только аналитических подходов обусловлено значительными трудностями, связанными со спецификой биомедицинских данных и прежде всего с их широкой внутри- и междуиндивидуальной вариабельностью, следствием которой является тот факт, что проведение повторных измерений на одной и той же выборке может приводить к различным количественным значениям оцениваемых характеристик. В этом случае исследование статистических свойств интегрального критерия может быть реализовано методами статистического моделирования, результаты которого позволяют, с одной стороны, численно оценивать статистические свойства критерия, а с другой – определяют условия, накладываемые на принципы формирования референтных выборок для получения корректных результатов [1].

Методику оценки состояния биосистемы можно оптимизировать, включая в расчет только те признаки, которые дают наибольший вклад в значение интегрального критерия. Процесс выявления информативных признаков сводится к расчету интегральных оценок состояния системы для всех возможных комбинаций признаков и сравнения их значений с оценкой, полученной для всей группы признаков и выделения из них максимальных (2). Это позволит в дальнейшем как уменьшить время расчета интегрального критерия, так и повысить качество оценки, увеличив расхождение групп

объектов сравниваемых состояний в новом, «оптимизированном» пространстве признаков.

$$G_{I_k} = \frac{\left| I_{S_0}(\vec{x}) - I^{I_k}_{S_0}(\vec{x}) \right|}{I_{S_0}(\vec{x})} \times 100\% \qquad (2)$$

Такая поисковая задача требует значительных вычислительных ресурсов, и ее выполнение с помощью традиционных подходов программирования требует длительного времени и практически невозможно, но может быть эффективно реализовано с помощью приемов параллельного программирования. Технология оптимизации расчета интегральной оценки состояния и поиска информативных признаков была нами реализована в виде программного комплекса для операционных систем семейства Microsoft Windows NT для кластеров первого уровня (локальной сети обычных персональных компьютеров) на базе кафедры Медицинской и биологической кибернетики СибГМУ. Использовалась среда разработки Microsoft Visual Studio 2010 Express. Вычислительный блок написан на языке C++ (стандарт TR1) с применением пакета библиотек межпроцессного взаимодействия MPICH 2.1 (стандарт MPI-2); интерфейсная часть, обеспечивающая подготовку данных и выделение хостов для расчета – на языке C# 4.0. Количество операций межпроцессного взаимодействия сведено к минимуму, что обеспечивает почти полную автономность работы компьютеров кластера и максимально возможное ускорение: программа вычислений, запущенная на k процессорах, выполняется почти в k раз быстрее, исключая небольшие задержки при начальной конфигурации во время старта программы. Например, программа, запущенная на 5 компьютерах с двуядерными процессорами, будет выполняться примерно в 10 раз быстрее по сравнению с реализацией той же программы без параллельного кода.

Работа программного комплекса апробирована на примере анализа МРТ изображений рассеянного склероза – аутоиммунного заболевания, которое поражает миелиновую оболочку нервных волокон головного мозга. [2,3].

Биологической основой такой диагностики является изменение протонной плотности в результате демиелинизации, когда высвобождается часть воды, а так как вода имеет более длительное время релаксации в магнитном поле, участки димиелинизации выявляются как участки пониженной плотности в режиме T1 и как участки повышенной плотности на T2 – взвешенных изображениях.

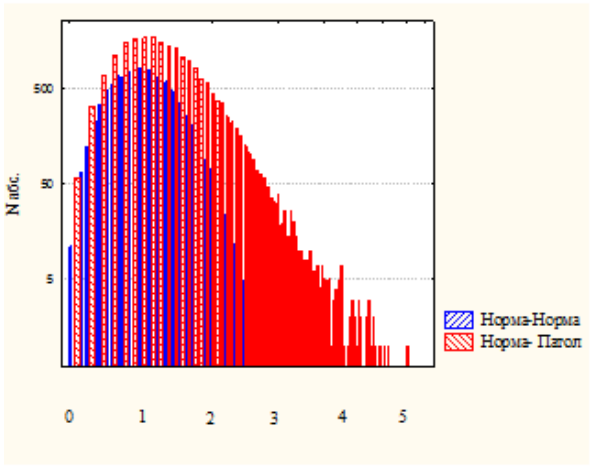


Рис. 1. Гистограмма интегральных оценок. По оси абсцисс – интегральная оценка в условных единицах.

В качестве входных данных используются модели МРТ снимков полученных с интернет ресурса BrainWeb: Simulated Brain Database, института неврологии Монреаля[4, 5].

В ходе модельных расчетов показано (рис.1), что величина интегральной оценки состояния больных рассеянным склерозом может значительно отличаться по сравнению со значением интегральной оценки у здоровых лиц.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ФЦП (г/к. № 07.514.11.4054).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Нелинейный анализ медико-биологических данных: монография / С.И. Карась, Ю.В. Кистенев, О.Ю. Никифорова, Я.С. Пеккер, В.А. Фокин, А.В. Шаповалов. – Томск: Изд-во Томского Политехнического университет, 2006. – 126 с.
2. Kurtzke JF (October 1993). «Epidemiologic evidence for multiple sclerosis as an infection». *Clin. Microbiol. Rev.* **6** (4): 382–427
3. Alonso A, Hernán MA (July 2008). «Temporal trends in the incidence of multiple sclerosis: a systematic review». *Neurology* **71** (2): 129–35.
4. Электронный ресурс, 2012. URL: http://mouldy.bic.mni.mcgill.ca/brainweb/ (дата обращения 15.02.2012).
5. *R.K.-S. Kwan, A.C. Evans, G.B. Pike :* "MRI simulation-based evaluation of image-processing and classification method"

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫВОДА В ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

Самсонова А.С.
Научный руководитель: Карась С.И., д.м.н., профессор
ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет,
634050, Россия, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2
E-mail: shurken23@yandex.ru

На сегодняшний день существуют и развиваются различные методы представления и описания знаний, например, такие, как: продукционные модели, семантические сети, фреймы, онтологии.

Одним из вариантов представления знаний является создание онтологий предметных областей. Онтология задается в виде множеств базовых понятий, отношений между ними и функций интерпретации. Онтология соединяет в себе человеческое и компьютерное понимание символов. Эти символы, также называемые терминами (точными определениями понятий), могут интерпретироваться как людьми, так и машинами. Термин понятен для человека, так как это слово, написанное на естественном языке.

Продукционные системы являются одними из наиболее широко используемых моделей представления знаний в искусственном интеллекте.

Продукционные системы состоят из:

- набора правил вида - Если (условие), то (заключение)
- набора основных фактов - так называемой рабочей памяти, которая содержит в себе текущее состояние базы знаний
- интерпретатора правил, который выполняет правила и производит изменения в рабочей памяти, основанные на действии этих правил[1].

Под «условием» (антецедентом) понимается некоторое предложение-образец, по которому осуществляется поиск в базе знаний, а под «действием» (консеквентом) – действия, выполняемые при успешном исходе поиска (они могут быть промежуточными, выступающими далее как условия и терминальными или целевыми, завершающими работу системы).

Интерпретатор продукций работает циклически. В каждом цикле он просматривает все правила, чтобы выявить те, посылки которых совпадают с известными на данный момент фактами из рабочей памяти. После выбора правило срабатывает, его заключение заносится в рабочую память и, затем, цикл повторяется сначала[2][3].

Продукционная модель наглядно отражает знания, является наиболее распространенным средством их представления и обладает возможностью достаточно эффективно представлять почти все виды человеческих знаний. Вывод заключения в продукционной модели во многом аналогичен процессу рассуждения эксперта, поэтому она понятна для большого числа пользователей.

Ко всем общеизвестным достоинствам продукционной модели можно добавить возможность её реализации не только на основе правил экспертов, но и на основе онтологической модели домена.

В настоящее время растет интерес к теме интеграции продукционных правил и онтологий, проводятся многочисленные исследования в этой области. Актуальность таких исследований обусловлена необходимостью разработки оболочки экспертных систем, способной упростить разработку, эксплуатацию и интеграцию экспертных систем с различными информационными системами.

Один из вариантов интеграции онтологий и продукционных правил является использование онтологий в качестве терминологического словаря для описания правил. То есть сначала создается онтология, которая описывает термины из предметной области и далее на основе неё создаются продукционные правила[4].

Комбинация онтологий и правил позволяет объединить их достоинства и обойти недостатки:

- Онтологии являются богатыми средствами описания любой предметной области, **но** ограниченными средствами вывода следствий из имеющихся знаний.
- Продукционные системы специально построены для вывода следствий, **но** для эффективности поиска вывода в их основе лежат продукции или продукционные правила, что сильно ограничивает их описательные возможности.

Представляемый проект посвящен созданию программного модуля, обеспечивающего механизм вывода в онтологической модели. Модуль подключается к БЗ (базе знаний), которая представляет собой списки объектов и установленные между ними связи. Сила связи между объектами определена по шкале от сильной к слабой и выступает в качестве коэффициентов уверенности для продукционной модели. Анализируя онтологию с точки зрения продукционной модели, системой отбираются связи имеющие тип: антецедент, консеквент, значение и объекты, соответствующие этим связям. Далее работа ведется уже с этими данными.

В данной работе основой интерпретации онтологии служит продукционная модель представления знаний. Продукционные правила не сформулированы в явном виде, они создаются на основе онтологии и при необходимости могут быть представлены для пользователя.

Основные задачи, которые ставятся при создании модуля:

- Разработка механизма импорта данных из онтологической модели;

- Разработка механизма обратного вывода на основе онтологии;
- Адаптация механизма обратного вывода к структуре данных;

В качестве средства для создания программного модуля используется интегрированная среда для разработки приложений Borland Delphi® 7, серверная часть разрабатывается с помощью системы управления базами данных - MySQL 5.1. Подключаемый модуль представляет собой клиент-серверное приложение.

В данной системе используется стратегия обратного вывода, при которой первична формулировка гипотезы, а целью системы является определение вероятности истинности этой гипотезы.

Таким образом, работа с программой начинается с подключения к БЗ и загрузки данных. В момент загрузки данных происходит их преобразование, то есть из онтологии конструируются продукционные правила и для удобства дальнейшей их обработки помещаются во временную таблицу. Далее работа ведется уже не с данными из онтологии, а с правилами. После того, как правила сформулированы, система предлагает пользователю перечень гипотез, истинность которых можно проверить. Неотъемлемой частью работы системы является рабочая память, в которую в процессе работы заносятся факты, вычисленные в процессе вывода. Во время отдельного сеанса работы с программой в рабочую память помещаются факты, необходимые именно для выполняемой задачи, при открытии нового сеанса рабочая память очищается. Когда пользователь выбирает одну из предложенных гипотез, в первую очередь проверяется наличие её в рабочей памяти. Если такой факт в рабочей памяти уже присутствует, тогда сразу выводится результат, а именно вероятность этой гипотезы(факта). Если же в рабочей памяти такого факта нет, то предпринимается попытка вывести его из имеющихся данных. Для предотвращения зацикливания системы, предусматривается применение фильтра, который исключает из дальнейшей обработки правила, в левой части имеющие анализируемый факт и отбираются только те правила, в которых этот факт содержится в консеквенте. Если таких правил не найдено, то у пользователя запрашивается вероятность этого факта и он добавляется в рабочую память. Если же было найдено хотя бы одно правило, тогда выделяется антецедент этого правила и вычисляется вероятность факта из антецедента анализируемого правила. После чего вычисляется вероятность консеквента. Далее факт добавляется в рабочую память.

Итак, система анализирует имеющиеся в БЗ данные и обращается к пользователю за сведениями о тех или иных фактах. При достижении какого-либо результата, система предоставляет пользователю полученную информацию. Во время работы пользователь имеет возможность следить за тем, как система пришла к тому или иному выводу, вся информация о принятых решениях помещается в историю. История обеспечивает необходимую прозрачность работы системы и позволяет со всей определенностью проследить путь, который привел систему к этому выводу. Далее пользователь может либо продолжить задавать вопросы системе, на которые она будет искать ответы с учетом полученных в предыдущих выводах результатов, либо начать новый сеанс, то есть стереть содержимое рабочей памяти. Имеется возможность просмотреть факты и правила, которые заносятся в рабочую память.

Программа работает в режиме консультации, моделирует ход рассуждений и логику эксперта и предоставляет подробный отчет о принятых ею решениях.

Данный программный модуль может представлять интерес для системных аналитиков, экспертов в любых предметных областях, студентов, преподавателей. Он может стать востребованным инструментом работы со знаниями в их деятельности и обучении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1.Martin Rezk, The Fifth International Conference on Web Reasoning and Rule Systems (RR2011)/ Martin Rezk, Werner Nutt//Combining Production Systems and Ontologies/Galway, Ireland, 2011. –С. 287–293

2.Базы знаний интеллектуальных систем/ Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб: Питер, 2000. – 384 с.

3.Искусственный интеллект В 3-х кн. Кн.2. Модели и методы: Справочник / под ред. Д. А.

4.Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.

Муромцев, Д.И. Труды XVIII Всероссийской научно-методической конференции Телематика 2011 Том 2 / Д.И. Муромцев, М.А. Колчин // Анализ вариантов интеграции продукционных экспертных систем и OWL-онтологий/ Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 283.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА В ОБЛАСТИ ЖИВОТА БЕРЕМЕННОЙ

И.С. Солошенко[1], Е.Ю. Киселева[1,2], И.В. Толмачев[2]
Научные руководители: Е.Ю. Киселева[1,2], к.т.н., ассистент; И.В. Толмачев[2], ассистент
[1]Томский политехнический университет
[2]Сибирский государственный медицинский университет

Развитие плода в утробе матери очень сложный и продолжительный процесс, благоприятное течение которого зависит от многих факторов. В настоящее время разрабатываются различные методы диагностики, позволяющие выявить патологии и предотвратить их. Отклонения в развитии плода, как правило, определяют, диагностируя сердечную деятельность плода либо оценивая гемодинамические параметры кровообращения системы мать-плацента-плод.

Существующие методы исследования, предназначенные для оценки уровня кровотока в данной системе кровообращения, неравнозначны по своей диагностической ценности и стоимости.

Реография - неинвазивный метод исследования кровоснабжения органов, в основе которого лежит принцип регистрации изменений электрического сопротивления тканей в связи с меняющимся кровенаполнением.

Одной из модификаций метода реографического исследования является электроимпедансная томография (ЭИТ) – это метод реконструкции распределении проводимости внутри объекта на основе результатов электрических измерений на поверхности.

Для реализации метода импедансной томографии требуется создание модели распределения электрической проводимости в области живота беременной.

Визуализация распределения электрического импеданса формулируется как нахождение распределения потенциала электрического поля при заданной конфигурации токов, протекающих через поверхность в точках контакта электродов, и заданном распределении проводимости внутри биологического объекта. Для областей сложной геометрической формы (а к этому классу относятся практически все биообъекты) применяют численные методы решения.

Успешная реконструкция распределения проводимости внутри живота возможна лишь при наличии достаточно хорошего начального приближения. Кроме того, при формировании требований к измерителю импеданса необходимо определить величину зондирующего тока и порядок измеряемых величин напряжения на электродах. Эту задачу можно успешно решить с помощью математического моделирования.

Оригинальный подход формирования модели исследуемой области заключается в том, что за основу изображения были взяты МРТ изображения беременной. Это позволило создать модель анатомически достаточно сильно приближенную к реальному распределению проводимости в норме.

Этапы создания модели:

1. Получение трехмерного изображения внутренней структуры живота одним из доступных методов (МРТ) с высоким разрешением (размер элемента изображения не более 3x3x3 мм) (Рис.1);
2. Выполнение сегментации – выделение отдельных тканей на изображении (Рис.1);

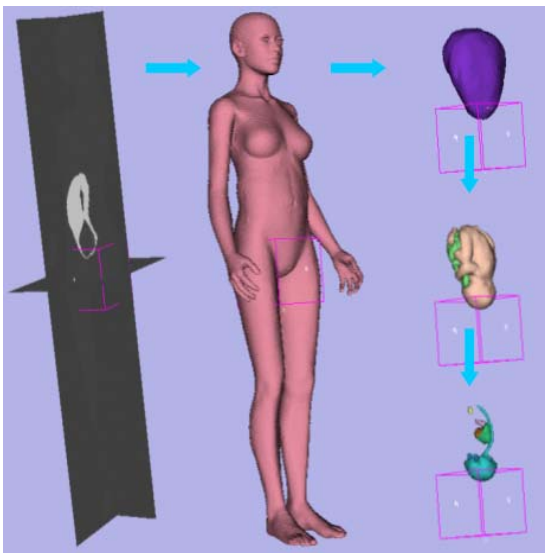


Рисунок 1 Послойное построение трехмерной модели живота беременной.

3. Выделение кожи и построение ее поверхности (Рис.2). После описанных выше преобразований поверхность может быть использована для получения конечно-элементной модели всего внутреннего объема.
4. Идентификация элементов – присвоение каждому элементу значения проводимости в соответствии с типом ткани, которая выделена в этом месте в результате сегментации (Рис.3).

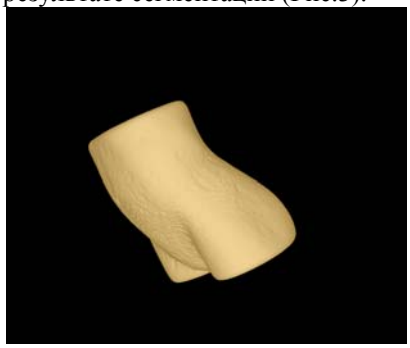


Рисунок 2 Объемное изображение поверхности.

Исходя из литературных данных, каждому конечному элементу соответствующему определенному слою, было присвоено конкретное значение удельного сопротивления.

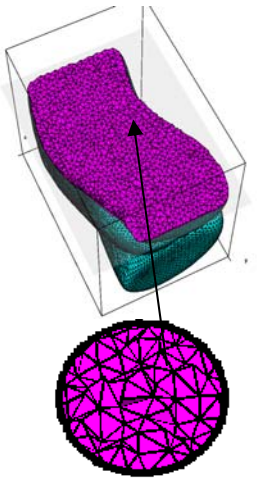


Рисунок 3 Триангуляция объемного изображения.

5. Размещение электродов на поверхности живота (Рис.4) и дополнение математической модели дополнительными граничными условиями.

Для получения информации о распределении проводимости проводятся измерения напряжения, возникающего в результате прохождения электрического тока. Необходимым условием реконструкции импедансного изображения является получение большого количества независимых измерений. Для этого на биообъект накладывается определенное количество электродов - от 16 до 64 и более.

На одну пару электродов подается зондирующий ток, на остальных измеряется результирующее напряжение. Затем зондирующий ток подается на следующие два электрода и снова измеряется напряжение. Таким образом, получается набор независимых измерений. Если имеется N электродов, то в результате получается N(N-3) измерений, поскольку на токовых электродах падение напряжения малоинформативно из-за влияния контактного сопротивления.

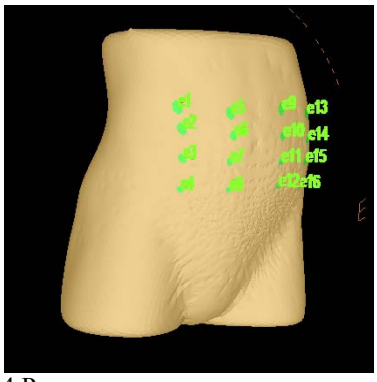


Рисунок 4 Размещение электродов на поверхности живота беременной.

В результате проведенных исследований была уточнена модель распределения электрического импеданса в области живота беременной. Разработанная модель позволяет оценивать изменение кровенаполнения тканей по результатам реографического измерения (электроимпедансной томографии)

Разработанная безопасная для развивающегося плода методика позволит проводить не ограниченную по времени оценку величины кровотока в области плаценты, а также визуализировать распределение электрического импеданса в области живота беременной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бразовский К.С., Фокин А.В. Источник тока для электроимпедансной томографии Известия Томского Политехнического Университета. 2008. Т.313 №4 с.99-101
2. Пеккер Я.С., Бразовский К.С. Электроимпедансная томография: монография. – Томск:НТЛ.– 2004. – С.192.
3. Валид Мухамад Сами Абдуллатиф. «Комплексная оценка функционального состояния системы мать-плацента-плод у беременных с задержкой внутриутробного развития плода». Available at: http://iugr.narod.ru/2.html.
4. Л. Кромвелл, М. Ардитти, Ф. Вейбелл. Медицинская электронная аппаратура для здравоохранения. Пер. с англ. под ред. Р. И. Утямышева. – М.: Радио и связь, 1981 г. – 344
5. Bayford R. H., Lionheart R. B. Biomedical applications of electrical impedance tomography // Physiol. Meas. –2004. –V.25.– pp. 341–352.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ БЕРЕМЕННЫХ

Тимкина К.В.
Научный руководитель: Киселева Е.Ю., Толмачев И.В.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Kristi_biomed@sibmail.com

Проблема неинвазивных методов фетального мониторинга, с возможностью коррекции состояния, до сих пор является актуальной, в связи с прогрессированием патологии беременности. Длительное напряжение регуляторных систем организма матери приводит к истощению адаптационных резервов, нарушению физиологических ритмов и механизмов регуляции, что не может не сказаться на функциональном состоянии плода. В этой связи актуальной задачей современной медицины становится разработка методик коррекции состояния беременной, основанных на обращении к естественным ресурсам человеческого организма. Одним из таких методов является управление с биологической обратной связью, или БОС – тренинг. Биологически обратная связь – это метод медицинской реабилитации, при котором человеку с помощью электронных приборов мгновенно и непрерывно предоставляется информация о физиологических показателях деятельности его внутренних органов посредством световых, звуковых, визуальных и тактильных сигналов обратной связи. Опираясь на эту информацию, человек может научиться произвольно изменять эти, в обычных условиях неощутимые параметры.

Существует несколько видов биологической обратной связи:

- БОС, основанная на измерении электрического сопротивления кожи;
- БОС, основанная на измерении мышечного напряжения;
- БОС, основанная на измерении качества биоэлектрической волновой активности мозга;
- БОС, основанная на измерении вариабельности сердечного ритма;
- БОС, основанная на измерении температуры кожи;

Первые исследования, в которых дано обоснование применению БОС в практике акушерства и гинекологии, выполнены более 20 лет назад. И уже к настоящему моменту существует достаточно широкий спектр задач, для решения которых в период беременности, при подготовке женщины к родам и в процессе послеродовой реабилитации был использован метод БОС.

Условно их можно разделить на 3 группы:

1.БОС при коррекции психоэмоционального состояния;

2. БОС при коррекции осложнений беременности;

3. БОС как средство предродового обучения женщин контролю за собственным состоянием.

1) БОС при коррекции психоэмоционального состояния беременных.

В период беременности и родов из-за перестроек систем организм матери становится наиболее уязвимым к различным стрессовым факторам: как к внешним воздействиям, так и внутренним психическим процессам. Стрессовое состояние матери влияет и на благополучие плода, т.к. гормоны стресса проникают через маточно-плацентарный барьер. Поэтому во время беременности и при подготовке женщины к родам важной задачей является коррекция ее психоэмоционального состояния. Для этого обычно используется вариант ЭЭГ-БОС (БОС по энцефалограмме), поскольку именно при произвольной регуляции биопотенциалов собственного мозга легче всего достигается нормализация психоэмоционального статуса беременной женщины.

2) Применение БОС при коррекции осложнений беременности.

Одной из важнейших областей использования БОС является нефармакологическая коррекция ряда патологических состояний организма, достаточно часто осложняющих течение беременности и формируемых как следствие гормональных перестроек, изменения образа жизни, режима питания и других факторов.

3)БОС - как средство обучения женщин контролю за собственным состоянием.

Многие матери имеют мечты, видения, интуитивные ощущения по поводу зачатия, здоровья плода, смысла жизни ребенка. И поэтому, при проведении БОС-тренинга нужно со всей чуткостью и пониманием относиться к пациенткам. Любые внутренние ощущения могут быть включены в процесс тренинга и визуализации. Метод БОС-тренинга нужно адаптировать к сроку беременности и степени риска. Тренинг меняется от периодов беременности: ранняя беременность (от 26 до 28 недель), поздняя беременность (от 28 недель до родов), схватки и изгнание. Ближе к родам возможно приглашение вместе с женщиной ее мужа или кого-либо из семьи. БОС по ЭМГ важный параметр, который можно менять и тренировать. Женщину обучают методике расслабления верхней и нижней части тела, которая может быть эффективной. ЭМГ активность нижней части тела измеряется между икроножными мышцами. Расслабление тазового дна, ягодиц и ног необходимо для матери, она учится осознавать это расслабление и управлять им и сохраняет эту способность при изменениях и росте своего тела. Тренировка также может происходить с использованием БОС по ЭМГ с мышц лба, трапециевидных мышц. БОС-

тренинг по ЭКГ - как тренировка дыхания и расслабления скелетных мышц. Основополагающей задачей является обучение женщины не просто «правильным» навыкам, а индивидуально соответствующим функциональному состоянию каждой беременной , усвоение и закрепление их на уровне бессознательной «памяти тела».

При помощи БОС тренингов возможно обучение следующим навыкам:

- навыкам дыхания, расслабления, обезболивания для периода схваток;
- навыкам дыхания и мышечного напряжения в периоде потуг (профилактика родового травматизма);
- навыкам саморегуляции психоэмоционального состояния женщин во время беременности, формирования оптимального настроя на благополучное течение беременности и естественный ход родов.

Одна из основных задач, которые решает данная методика – это обучение женщин диафрагмально-релаксационному дыханию. Как известно, наше дыхание непосредственно отражает состояние нашей нервной системы. Мы задерживаем дыхание, когда боимся, часто и поверхностно дышим, когда волнуемся, глубоко и спокойно дышим, когда нам хорошо. Этот механизм работает и в обратном направлении: своим дыханием мы можем регулировать состояние нашей нервной системы – прекращать мышечные спазмы, регулировать давление, успокаиваться.

Целью данной работы является оценка эффективности применения биологической обратной связи для тренинга беременной при мониторировании состояния системы мать-плод .

Задачи:

1. Разработка и реализация алгоритма БОС-тренинга для беременных в виде программного приложения.
2. Проведение исследований на группах беременных с последующей оценкой эффективности БОС-тренинга.

Разработано программное приложение для БОС-тренинга, обеспечивающее управление в процессе сеанса частотой сердечных сокращений благодаря дыхательной аритмии, являющейся хорошим индикатором качества дыхания пациентки Рис. 1.

Кроме того, разработанное программное приложение позволяет оценивать функциональное состояние плода на каждом из этапов БОС-тренинга.

Рис. 1. Вид главной формы БОС-тренинга.

Методика БОС-тренинга.

В группу для оценки эффективности тренинга входят беременные со сроком гестации 32-35 недель с физиологическим течением, без патологии матери и плода. Для более эффективного усвоения навыка управления ЧСС нужно не менее 2-х выполнений тренинга с перерывом в 2 дня. В помещении для БОС-тренинга должна быть комнатная температура, шумоизоляция, спокойная обстановка без раздражающих факторов (посторонние люди, разговоры). Женщина располагается в удобном кресле перед монитором. На брюшную стенку накладываются 5 абдоминальных электродов, смазанных электропроводным гелем. Инструктор дает общие рекомендации на выполнение сеанса. Далее пациентка приступает к выполнению задания. Общая длительность сеанса – 18 минут.

Сеанс состоит из четырех составляющих:

- этап проверки возможностей организма на изменение величины дыхательной аритмии;
- этап увеличения ЧСС матери;
- этап уменьшения ЧСС матери;
- этап увеличения дыхательной аритмии матери и выработку навыков диафрагмально-релаксационного типа дыхания.

Каждый из этих этапов сопровождается визуальными образами.

До каждого этапа и после пациентке предоставляется визуальный образ для отдыха, подобранный в определенной цветовой гамме.

После каждого этапа тренинга происходит вычисление ряда характеристик состояния организма матери и плода, которые выводятся на экран и сохраняются в базу данных: Mo, dX, AMo, ИН, ЧСС. Эти характеристики отражают состояние вегетативной нервной системы матери и плода. Каждому из рассчитываемых показателей при анализе кардиоинтервалограммы придается определенный физиологический смысл [Баевский Р. М., 1995]. На основе полученных данных отслеживается динамика показателей матери и плода между каждым этапами тренинга, а также между сеансами. Эффективность БОС-тренинга может быть оценена исходя из параметров, характеризующих уровень стресса плода (Mo, dX, AMo, ИН, ЧСС плода), а также функционального состояния матери (Mo, dX, AMo, ИН, ЧСС матери).

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ БИОИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Н.Д.Тургунова, Н.Н.Мартемьянова, * В.В.Великая
Научный руководитель: с.н.с., к.ф-м.н. А.Н. Алейник
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.
*ГУ НИИ онкологии Сибирского отделения РАМН; г. Томск, ул. Савиных 12/1
E-mail: Ousa@rambler.ru

Актуальность неинвазивных методик диагностики в современных условиях отделения интенсивной терапии очевидна. Их применение имеет преимущества с технической точки зрения, снижает до минимума риск инфекционных осложнений, предоставляет возможность использования в мониторном режиме.

Одним из таких методов является биоимпедансная спектроскопия[1]. Важным свойством биологических тканей является зависимость их удельной проводимости от частоты тока. Поскольку биологическая ткань представляет собой агрегацию клеток в проводящей жидкости, то её сопротивление переменному электрическому току зависит от состояния и параметров этих компонентов. Величина электрического импеданса имеет две составляющие: активное (омическое) и реактивное (ёмкостное) сопротивление. Первая из них отражает межклеточное пространство, вторая – структуры, ограниченные биологической мембраной, т.е. клетки. Диапазон частот, используемых для изучения биологических объектов, варьирует от 1кГц до 1,3 МГц. В этом случае метод имеет название биоимпедансной спектроскопии [2]. На низких частотах (менее 50 кГЦ) электрический ток проходит главным образом через межклеточную жидкость. При увеличении частоты тока полное электрическое сопротивление тканей снижается. Это объясняется ёмкостными свойствами клеточных мембран. При частоте тока 100 кГц и выше токи через межклеточную жидкость и внутриклеточное пространство становятся сравнимыми по величине. Поэтому для оценки клеточной массы тела измеряют проводимость при более высокой частоте, а для оценки содержания межклеточной жидкости – при более низкой частоте тока[3].

На кафедре Прикладной физики ФТИ ТПУ разработан макет прибора для измерения комплексного импеданса тканей в диапазоне частот 10 кГц – 1 МГц. Внешний вид макета представлен на рис.1.

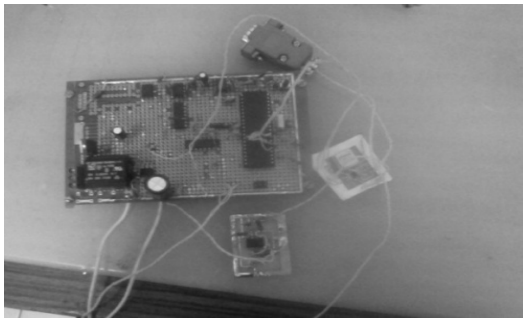


Рис.1.Внешний вид макета

В нашей работе мы используем 4-х проводную схему, для улучшения точности измерения сопротивления. Метод позволяет уменьшить погрешность, возникающую в случае контакта электродов с тканями. Это означает, что сопротивление подводящих проводов и существующих контактов полностью исключается из измерительной схемы. Кроме того четырехпроводная схема измерения сопротивления помогает исключить большую часть случайных и систематических погрешностей. Структурная схема прибора приведена на рис.2. Она включает в себя генератор с программируемой частотой, источник тока Хоуланда, инструментальные усилители, фазовый детектор и микроконтроллер. Значение импеданса вычисляется микроконтроллером и затем данные через последовательный порт выводятся на компьютер, который показывает зависимость импеданса от частоты в виде графика.

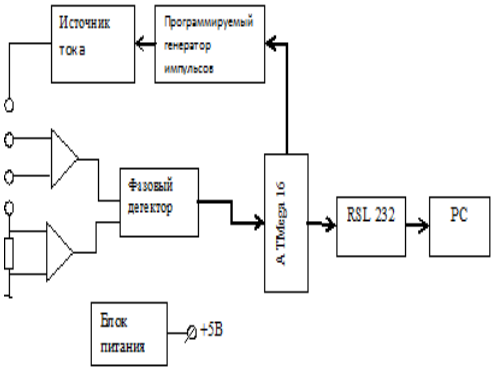


Рис. 2 Структурная схема прибора

Для проверки прибора был использован резистор с сопротивлением 510 Ом. Сопротивление резистора измеряли в 15 точках в диапазоне частот 10 кГц – 1 МГц. Полученные результаты представлены на рис.3. Средняя погрешность измерения сопротивления меньше чем 2,5% в диапазоне между 30 кГц и 300 кГц, и на более высоких частотах рост значения сопротивления и фазы показывает, что сопротивление обладает индуктивностью.

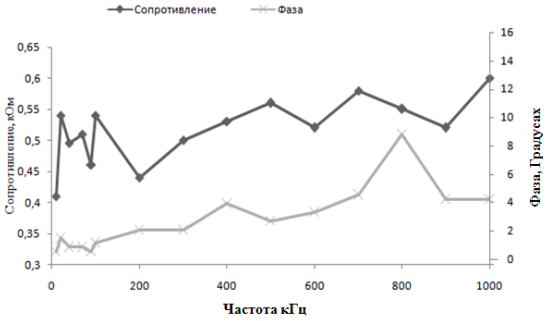


Рис 3 Зависимость сопротивления и фазы 2R1C от частоты

Далее была собрана схема моделирующая сопротивление тканей.

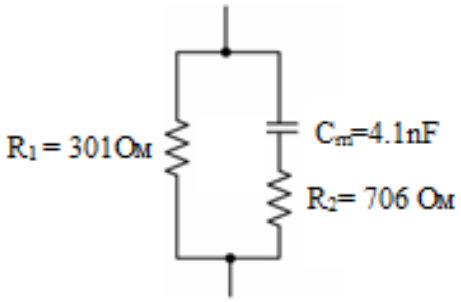


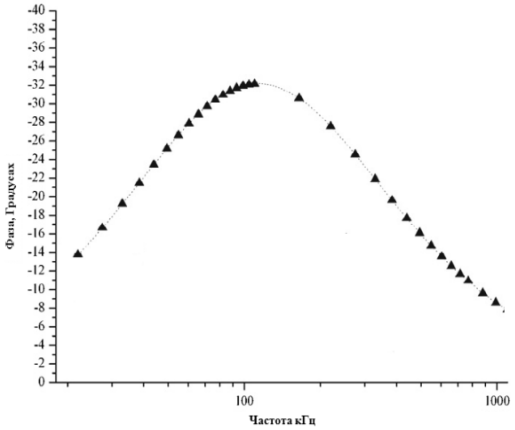
Рис.4 Модельная схема 2R1C

Для расчета хоарактеристической частоты f_c при которой фаза θ достигает своего пика θ_{peak}. используется следующая формула[4]

$$\begin{cases} f_c = \frac{1}{2\pi C}\sqrt{\frac{R_1+R_2}{R_1R_2^2}} \\ \theta_{peak} = -arctn\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{R_2^2}{R_1(R_1+R_2)}}\right) \end{cases} \quad (1)$$

Результаты расчета по формуле (1) получились следующие f_c=100кГц $\theta_{peak} = -32{,}6°$.

Далее были произведены измерения частотной зависимости схемы 2R1C в диапазоне частот 10кГц-1МГц. Полученные результаты представленны на рис.5.



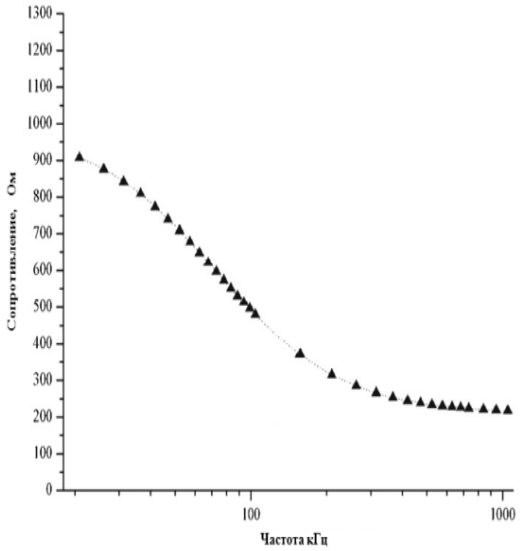


Рис.5 Зависимость сопротивления и фазы от частоты

Как видно из графика при частоте 100 кГц максимальное значение фазы $\theta = -32{,}6°$. Полученные результаты совпадают с расчетными данными. Отсюда следует, что прибор позволяет измерять сопротивление ткани в диапазоне частот 10кГц-1МГц

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Пеккер Я.С., Бразовский К.С.,Усов В.Ю., Плотников М.П., Умановский О.С. Электроимпендансная томогрфия.-Томск: Изд_во «НТЛ», 2004.-192с.
2. Левченко О.В. Возможности бесконтактной импедансометрии в диагностике и мониторинге отёка головного мозга.Автореф. дис … к.м.н. / Московский Государственный Медико-Стоматологический Университет. – 2004. – 20 с.
3. Scharfetter H, Casanas R, Rosell J. Biological tissue characterization by magnetic induction spectroscopy (MIS):requirements and limitations.IEEE Trans Biomed Eng. 2003 Jul;50(7):870-80.
4. Yuxiang Yang, Jue Wang, Gang Yu, Feilong Niu,Ping He. Design and preliminary evaluation of a portable devise for the measurement of bioimpedance spectroscopy. Physiol. Meas. 27 (2006) 1293 – 1310.

АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ QRS-КОМПЛЕКСА НА ЭЛКЕКТРОКАРДИОГРАММЕ

Уваров А.А., Малый М.В., Фролов М.Д.
Научные руководители: Авдеева Д.К., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: uaa@tpu.ru

Актуальным направлением в электрокардиографии является изучение тонкой структуры сигналов. Доказано, что традиционно применяемая фильтрация вносит неустранимые искажения в полезный сигнал, а, следовательно, для исследования низкоВамплитудных колебаний предпочтительно иметь запись исходного сигнала, не подвергнутого какой-либо обработке. В последние годы появляются приборы, выполняющие роль трансмиттера сигнала к компьютеру, который благодаря большой вычислительной мощности реализует многообразные виды цифровой обработки.

Однако, такой подход имеет недостатки, в частности, не позволяет осуществлять мониторинг состояния в реальном времени – обнаружение опасных аритмий, тахикардий и брадикардий. Для устранения этого недостатка требуется применять высокопроизводительные устойчивые к шуму алгоритмы обнаружения *R*-зубцов кардиограммы. В данной работе предлагается рассмотреть наиболее актуальные на сегодняшний день методики.

Поскольку для *QRS*-комплекса характерна наибольшая крутизна наклона сигнала (скорость изменения напряжения) в сердечном цикле то операция *d/dt* является наиболее логичной отправной точкой в попытке разработать алгоритм для обнаружения QRS-комплекса [1].

Наиболее простой вычислительной процедурой, позволяющей оценить положение *R*-зубца на шкале времени является алгоритм, предложенный *Balda* и соавторами в 1977 г. Следующим способом аппроксимируется сглаженная трёхточечная первая производная $y_0(n)$ от данного сигнала $x(n)$ [1]:

$$y_0(n) = \left|x(n) - x(n-2)\right|.$$

Вторая производная аппроксимируется следующим образом:

$$y_1(n) = \left|x(n) - 2x(n-2) + x(n-4)\right|.$$

Эти два результата взвешиваются и комбинируются, что даёт

$$y_2(n) = 1{,}3y_0(n) + 1{,}1y_1(n).$$

Результирующий сигнал $y2(n)$ сканируется с использованием порога равного 1,0. Во всех случаях, когда этот порог пересекается с сигналом, последующие восемь отсчетов также проверяются с использованием того же самого порога. Если по меньшей мере шесть из восьми точек проходят тест с использованием порога, данный сегмент, состоящий из восьми отсчётов, считается частью QRS-комплекса. В результате этой процедуры получается импульс, имеющий ширину, пропорциональную ширине QRS-комплекса; однако этот метод весьма чувствителен к шуму.

Двумя годами позже *Murthy* и *Rangaraj* предложили алгоритм обнаружения *QRS*-комплекса, основанный на взвешенном и возведённом в квадрат операторе первой производной и на фильтре скользящего среднего [1]. В этом случае основанный на производной оператор определяется следующим образом:

$$g_1(n) = \sum_{i=1}^{N} \left|x(n-i+1) - x(n-1)\right|^2 (N-i+1).$$

где $x(n)$ — сигнал ЭКГ, N — ширина окна, в пределах которого разность первого порядка вычисляется, возводится в квадрат и взвешивается с использованием коэффициента $(N - i + 1)$. Взвешивающий коэффициент линейно спадает, начиная от текущей разности до разности, вычисленной на N отсчётов ранее по времени, что обеспечивает сглаживающий эффект. Дальнейшее сглаживание результата выполняется с использованием фильтра скользящего среднего по M точкам:

$$g_1(n) = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^{M-1} g_1(n-j).$$

Поиск пика в обработанном сигнале g(n) может быть выполнен с помощью простого алгоритма поиска пиков следующим образом.

1. Сканирование фрагмента сигнала $g(n)$, на котором ожидается наличие пика, и определение максимальной величины g_{max} Максимальное значение $g(n)$ на всём протяжении анализируемого участка может быть также принято равным g_{max}.
2. Определение порога как некоторой доли от максимума, например, $Th = 0{,}5g_{max}$.
3. Для всех $g(n) > Th$ выбираются те отсчёты, для которых соответствующие величины $g(n)$ больше, чем определённое заданное число M предыдущих или последующих отсчётов $g(n)$, т. е.

$$\{p\} = [n \mid g(n) > Th]И$$
$$[g(n) > g(n-i), i = 1,2,\ldots,M]И$$
$$[g(n) > g(n+i), i = 1,2,\ldots,M].$$

Определённый таким образом набор $\{p\}$ содержит индексы всех найденных в сигнале $g(n)$ пиков.

Для того чтобы отбраковать пики, вызванные артефактами, могут использоваться дополнительные условия, такие, например, как

минимальный интервал между двумя соседними пиками.

Гораздо более продвинутым и устойчивым алгоритмом является метод, предложенный Паном и Томпкинсом в конце 90х годов, рассчитанный на работу в реальном времени и основанный на анализе наклона, амплитуды и ширины QRS-комплексов [2]. Этот алгоритм состоит из следующей последовательности фильтров и методов: фильтр нижних частот, фильтр верхних частот, оператор производной, возведение в квадрат, интегрирование, адаптивная пороговая процедура и процедура поиска.

Полосовой фильтр реализован как комбинация фильтров нижних и высоких частот. ФНЧ реализуется разностным уравнением

$$y(n) = 2y(n-1) - y(n-2) + \frac{1}{32}\left[x(n) - 2x(n-6) + x(n-12)\right].$$

ФВЧ аппроксимируется следующим уравнением

$$p(n) = p(n-1) - \frac{1}{32}x(n) + x(n-16) - x(n-17) + \frac{1}{32}x(n-32).$$

Оператор производной рассчитывается как

$$y(n) = \frac{1}{8}\left[2x(n) + x(n-1) - x(n-3) - 2x(n-4)\right]$$

Операция возведения в квадрат делает результат положительным и усиливает большие разности, возникающие из-за *QRS*-комплексов; маленькие разности, возникающие на *P*- и *T*-зубцах, при этом подавляются. Высокочастотные компоненты в сигнале, связанные с QRS-комплексом, ещё более усиливаются.

Операция сглаживания выходного сигнала предыдущих операций выполняется с использованием интегрирующего фильтра типа скользящего окна, задаваемого уравнением

$$y(n) = \frac{1}{N}\left[x(n-(N-1)) + x(n-(N-2)) + \ldots + x(n)\right].$$

Наиболее важной стадией алгоритма Пана-Томпкинса является адаптивная пороговая процедура, адаптируется к изменениям в сигнале ЭКГ путём вычисления скользящих оценок пиков, связанных с сигналом и шумом. Здесь полное описание процедуры не приводится ввиду его большого объема.

Данный алгоритм продемонстрировал очень низкую степень ошибки, составляющую 0,68%, или 32 комплекса в час на базе данных, содержащей примерно 116 000 QRS-комплексов, полученных из 24-часовых записей ЭКГ от 48 пациентов (пример результата работы алгоритма представлен на рисунке 1).

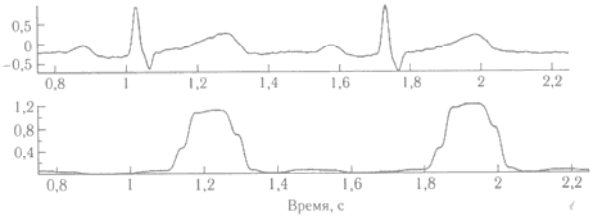


Рис. 1 Результаты работы алгоритма Пана-Томпкинса (исходная ЭКГ и результат)

Кроме представленных выше алгоритмов, существуют также продвинутые современные методики, использующие скрытые модели Маркова и вейвлет-преобразования и позволяющие с высокой точностью оценить не только положение QRS-комплекса, но и моменты начала и конца других элементов кардиограммы [3]. Несмотря на это, использование таких методик в приборах реального времени может быть ограничено по причине их высокой вычислительной сложности.

В последующих работах предлагается оценить устойчивость работы представленных алгоритмов на реальных данных, снятых без фильтра в широкой полосе частот с помощью медицинских наноэлектродов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Рангайян Р.М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход./ Пер. с англ. под ред. А.П. Немирко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 440с.

2. Tompkins W.J. Biomedical Digital Signal Processing. – Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995.

3. Gari D. Clifford, Francisco Azuaje, Patrick E. McSharry Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis. – London.: ARTECH HOUSE, 2006. – 400p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНОГО РЕФЛЕКТОРНОГО ОКСИМЕТРА

Углов Т.С., Степачёв М.В.
Научный руководитель: Алейник А.Н. с.н.с. к.ф.м.н
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: tikhonte@mail.ru

Пульс, кровяное давление, и кислородная насыщенность - самые жизненно важные и сложные параметры, так как они служат характеристикой сердца и функции легких. Кислородная насыщенность может быть неинвазивно измерена импульсной оксиметрией [1,2]. Сегодня мобильные контрольные системы вполне доступны только за границей. Их использование сводится к измерению кислородной насыщенности во время хирургических операций, причем используются оксиметры на прохождение [3,4].

При лечении раковых опухолей с помощью радиотерапии и химиотерапии возникает резистивность тканей опухоли к этим видам лечения вследствие недостаточного снабжения их кислородом. Чтобы не проводить лишние, малоэффективные сеансы терапии необходимо отслеживать степень насыщения кислородом опухоли в ходе лечения. Для этого могут быть использованы оксиметры на отражение, которые в нашей стране развиты довольно слабо.

На кафедре ПФ ФТИ ТПУ разработан макет импульсного оксиметра на отражение для диагностических целей.

Блок схема прибора показана на рисунке 1. Прибор состоит из следующих частей: импульсный генератор, два светодиода с длиной волны 660нм и 1300 нм, детектор с усилителем, вспомогательный усилитель, RS232 – интерфейс с компьютером.

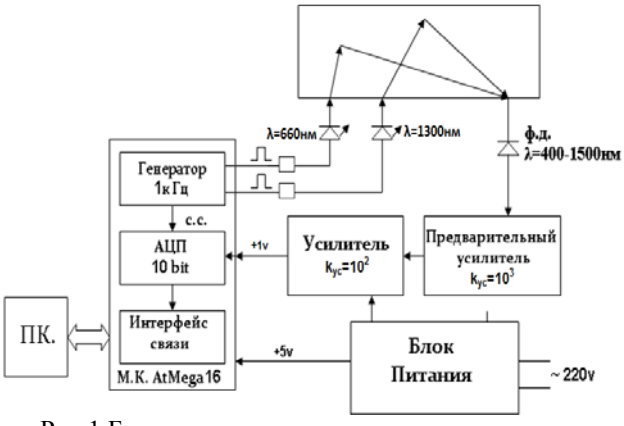


Рис.1 Блок-схема оксиметра

Для того, чтобы получить линейную зависимость тока через светодиод от напряжения была выбрана следующая схема, представленная на рис. 2

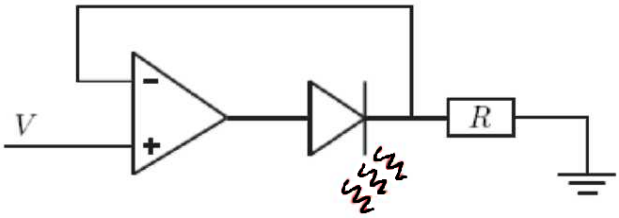


Рис. 2. Схема питания светодиода

Принцип работы заключается в том, что усилитель старается удерживать потенциалы входов равными, таким образом, изменение напряжения на неинвертирующем входе будет передаваться в точку после диода. У усилителя очень высокое входное сопротивление (в идеале бесконечность), таким образом, ток в обратной связи равен нулю. Поэтому ток через диод такой же, как ток через резистор и применяя закон Ома, мы находим, что ток определяется как $I = V / R$ [5]. Преимущество этого метода состоит в том, что ток линейно зависит от приложенного напряжения. Температурные зависимости в светодиоде становятся незначительными, так как усилитель будет непрерывно приспосабливаться к току, определяемому резистором, это означает, что ток будет таким же даже когда светодиод нагрет, например пальцем, который обычно приводил бы к изменению значения тока.

При отладке и работе этого прибора часто возникают вопросы о наиболее оптимальных его характеристиках и настройках, так как они значительно влияют на разрешение устройства. Для этого были проведены исследования зависимостей отношения сигнала AC/DC от расстояния между источником излучения и фотодетектором. Результат представлен на рис.3. Видно, что наиболее оптимальное расстояние между излучателем и приемником равняется 7 мм. При увеличении расстояния между источником и приемником отношение AC/DC сначала растет, а затем начинает спадать.

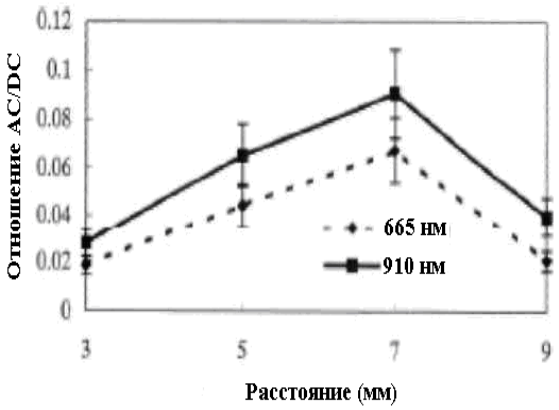


Рис.3. Зависимость AC/DC расстояния между светодиодом и фотодиодом.

Также были проведены исследования зависимости показаний прибора от тока светодиода.

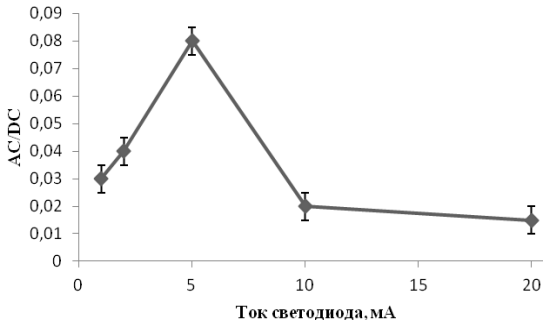


Рис.4. Зависимость AC/DC от величины тока светодиода

Для проверки долговременной стабильности прибора оба светодиода были включены на 1 месяц. Их излучательные характеристики были измерены до (рис.5) и после включения (рис. 6). Ухудшение работы инфракрасного светодиода заключается в уменьшении выходной мощности и изменении падения напряжения на переходе. Скорее всего, эти нарушения являются результатом дислокации кристалла, вызванной передачей тепла в область эмиссии.

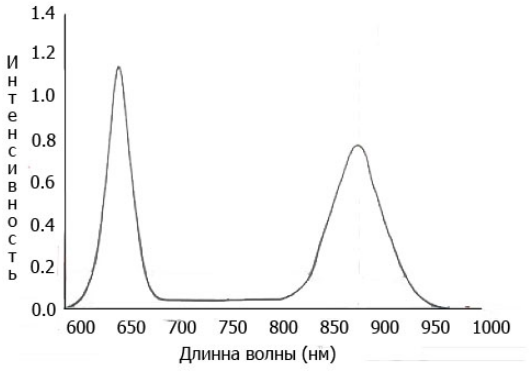


Рис.5. Интенсивность излучения красного и инфракрасного светодиодов в начале месяца.

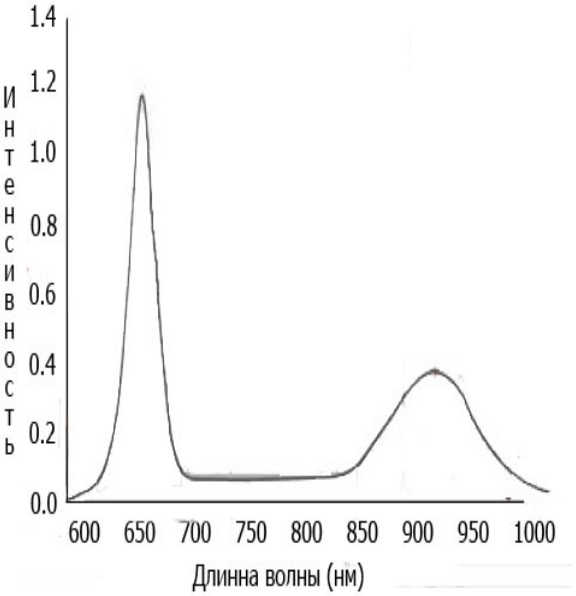


Рис.6. Интенсивность излучения красного и инфракрасного светодиодов после месяца работы.

Список литературы:

1. K.Miyasaka T. Aoyagi. "Pulse oximetry: Its invention, contribution to medicine, and future tasks". Anesthesia and Analgesia, 94:s1-3, 2002.

2. Naoto Kakuta Yukio Yamada Keisuke Matsushita, Kazuo Aoki. "Fundamental Study of Reflectance Pulse Oximetry". Optical Review, 10(5):482-487, 2003.

3. J.G.Webster. Design of Pulse Oximeters. Institute of Physics Publishing, 1997.

4. T. Ida K, Itakura M. Nogawa, C. Ohing and S. Takatani. "A new Hybrid Reflectance Optical Pulse Oximetry Sensor for lower oxygen saturation measurements and for broader clinical application". SPIE, 2976:78-87, 1997.

5. B. L. Yocum Y. Mendelson, J. C. Kent and M. J Birle. "Design and Evaluation of a New Reflectance Pulse Oximeter Sensor', Medical Instrumentation, 22 (4): 167-173, 1988.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОМ ГЕМОДИАЛИЗА

Хдрян А.А.
Научный руководитель: Устюжанин В.А., к.т.н., профессор
Забайкальский Государственный Университет, 672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30
E-mail: khdryan1005@gmail.com

Гемодиализ - наиболее распространённый метод заместительной почечной терапии, заключающийся в очищении крови, путём удаления из организма токсических продуктов обмена веществ и нормализации нарушений водного и электролитного балансов[1].

В современной медицине искусственное очищение крови получило всеобщее признание как эффективный метод управления физиологическим состоянием человеческого организма, позволяющий замещать функцию почек и поддерживать удовлетворительное состояние больных. Искусственное очищение крови сегодня успешно и интенсивно используется при следующих патологических состояниях: острая почечная недостаточность, хроническая почечная недостаточность, отравления ядами и лекарствами, тяжелые нарушения электролитного состава крови, гипергидратация, а так же для подготовки больных к пересадке почки и в послеоперационный период [2].

Но, не смотря на популярность данного метода, существует ряд осложнений во время гемодиализа. По частоте выделяют следующие осложнения: гипотензия (20-30%), судороги (5-20%), тошнота и рвота (5-15%), головная боль (5%), боль в груди (2-5%), боль в спине (2-5%), зуд (5%), лихорадка и озноб (менее 1%) [3].

По достижении пациентом сухого веса, скорость, с которой пополняется кровяное русло из окружающих тканей, уменьшается. У некоторых больных увеличение веса в междиализный период невелико или совсем отсутствует [3]. Попытки убрать жидкость у пациента при отсутствии ее избытка ведут к гипотензии как на диализе, так и после него, и сочетаются с судорогами, головокружением и общим недомоганием. С другой стороны, иногда персонал слишком осторожен в попытках удалить жидкость у больных, склонных к гипотензии, и это ведет к перегрузке жидкостью и гипертензии. Поэтому существует необходимость в создании автоматизированной биотехнической системы (БТС) регулирования гемодиализа. Упрощенная схема данной БТС представляет собой замкнутую систему с биологической обратной связью, которая включает систему мониторинга водного баланса и систему управления процессом очистки крови (рис. 1) [4].

В настоящее время существует проблема создания адекватных систем мониторинга. Одним из решением данной проблемы является применение биоимпедансного метода для мониторинга водного баланса организма [5].

Рис.1. Замкнутая биотехническая система регулирования процессом гемодиализа.

Метод основан на измерении импеданса всего тела или отдельных сегментов тела (Z) с использованием специальных приборов – биоимпедансных анализаторов. Величина импеданса имеет две компоненты – активное (R) и реактивное сопротивление (Xc), которые связаны следующим соотношением [6]:

$$Z^2 = R^2 + X_C^2.$$

Субстратом активного сопротивления R в биологическом объекте являются жидкости (как вне-, так и внутриклеточные), обладающие ионным механизмом проводимости. Субстратом реактивного сопротивления Xc (диэлектрический компонент импеданса) являются клеточные мембраны.

По величине активного сопротивления рассчитывается общее содержание воды в организме (ОВО), высокая удельная проводимость которой обусловлена наличием в ней электролитов [7].

Для практического применения биоимпедансного метода к задачам оценки состава тела существенной является взаимосвязь геометрической формы исследуемого объекта и величины импеданса биологического объекта: величина импеданса пропорциональна длине измеряемого участка тканей и обратно пропорциональна площади его поперечного сечения.

Для однородного изотропного проводника постоянного сечения, поперечные размеры которого много меньше его длины, справедливы следующие соотношения:

$$V = L \times S,$$

$$R = \rho \times L/S,$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление, L – длина, S – площадь поперечного сечения, а V – объем проводника. Если выразить S из второго соотношения и подставить в первое, то получим:

$$V = \rho \times L^2/R.$$

Форма человеческого тела – величина постоянная. Определив сопротивление, можно вычислить объем проводника, который, в данном случае и есть ОВО [5].

В биоимпедансных анализаторах используется зондирующий ток очень низкой, безопасной амплитуды, что обеспечивает возможность не огра-

ничивать количество и длительность повторных измерений.

Удаляемая из крови во время гемодиализа жидкость пополняется за счёт жидкости из межклеточного и внутриклеточного пространства. При чрезмерной скорости ультрафильтрации внесосудистая жидкость не успевает восполнять сосудистое пространство, объём крови уменьшается и при уменьшении его до определённого уровня у больного возникает гипотензия [3]. Вследствие этого для мониторинга водного баланса и изменения объёма циркулирующей крови немаловажное значение имеет показатель уровня гематокрита - отношения суммарного объема эритроцитов к общему объему крови. Определив уровень гематокрита можно определить изменение объёма крови относительно исходного уровня, вызванное удалением жидкости из организма.

Существуют несколько методов определения гематокритного числа. Наиболее точным и безошибочным является метод, основанный на математическом описании электропроводности крови, как дисперсной системы, в которой проводящей средой является плазма, а форменные элементы (в большей степени эритроциты) – непроводящей дисперсной фазой. Воспользоваться этим способом можно при наличии информации об электропроводности, как крови, так и плазмы.

В результате исследований А. Л. Тестовым [7] была получена модель электропроводности крови для разных частот:

$$\begin{cases} \sigma_1 = \sigma_П \cdot (1 - Ht)^{3/2} \\ \sigma_2 = \sigma_П \cdot (1 - Ht) + \sigma_Ц \cdot Ht \end{cases},$$

где σ_1 – удельная электропроводность крови на низкой (10 – 100 кГц) частоте;

σ_2 - удельная электропроводность на высокой (100 – 500 кГц) частоте;

$\sigma_П$ – удельная электропроводность плазмы крови;

$\sigma_Ц$ - удельная электропроводность цитоплазмы крови;

Ht – показатель гематокрита.

Определив значение базового сопротивления крови на двух частотах с помощью технических средств, и, учитывая, что величина переменной составляющей сопротивления тела обратно пропорционально электропроводности, можно оценить величину гематокрита *H* из следующего выражения, полученного в ходе решения данной математической модели:

$$H^2 \cdot 1,12 \left[\frac{\Delta R_{300}}{\Delta R_{30}}\right]^2 - 2\left[H^2 \cdot 1,12 - 0,7\left(\frac{\Delta R_{300}}{\Delta R_{30}}\right)^2\right] H^2 \cdot 1,12 \left[\left(\frac{\Delta R_{300}}{\Delta R_{30}}\right)^2 - 1\right] = 0,$$

где ΔR_{30} – амплитуда переменной составляющей сопротивления тела человека на частоте 30 кГц;

ΔR_{300} – амплитуда переменной составляющей сопротивления тела человека на частоте 300 кГц.

В настоящее время выпускается большое количество отечественных и зарубежных биоимпедансометрических систем. Однако многие из них либо не обладают достаточной точностью, либо не обеспечивают возможности раздельного мониторирования объема водных секторов в реальном времени в целом и по секторам, и чаще всего приспособлены для лабораторных либо эпизодических исследований [7].

Биоимпедансный анализ считается перспективным инструментом для оценки объема жидкости тела и показателя гематокрита. И не смотря на множество существующих разработок, создание высокоточных и адекватных биоимпедансометрических систем для исследований применительно к контингенту нефрологических больных продолжает оставаться одной из главных задач в данном направлении.

Список литературы

1. Шилов Е.М. Нефрология: Учебное пособие для послевузовского образования. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 688 с.
2. Стецюк Е.А. Основы гемодиализа. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 392 с.
3. Руководство по диализу/ Редакторы: Джон Т. Даугирдас, Питер Дж. Блейк, Тодд С. Инг/ Пер. с анг. А.Ю. Денисова, В.Ю. Шило. – Третье издание. – М.: Центр диализа. –Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2003. – 742 с.
4. Santoro A, Mancini E, Paolini F, Zucchelli P. Blood volume monitoring and control. Nephrol Dial Transplant 1996; 11: 42–47
5. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. - М.: Наука, 2006. 256 с.
6. Пеккер Я.С., Бразовский К.С. Электроимпедансная томография. – Томск: НТЛ, 2004. – 192 с
7. Тестов А.Л. Биотехническая система оценки количества жидкости в организме и распределения ее по секторам в реальном времени: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Томск: Б.и., 2004. – 23

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ЛИТОТРИПСИИ

Хохлова Л.А, Иванова Л.Ю
Научный руководитель: Иванова Л.Ю.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: hohlabiomed@sibmail.com

Аннотация

Сегодня, проблема образования органоминеральных конкрементов в организме человека, и в частности мочевых камней крайне актуальна. В связи с этим активно разрабатываются различные методы их разрушения.

В статье рассматривается метод электроимпульсной литотрипсии, его описание и результаты исследования эффективности данного метода.

Введение

Мочекаменная болезнь является одним из наиболее распространенных заболеваний почек и мочевых путей. По мировым данным, страдают 1–3% населения; 12% мужчин и 5% женщин хотя бы раз в жизни переносят почечную колику, как правило, обусловленную почечнокаменной болезнью. Больные нефролитиазом составляют 30–40% в урологическом стационаре и до 70% поступающих в урологические отделения в экстренном порядке.

Уровень заболеваемости нефролитиазом у взрослых в России составляет 460 случаев на 100 тысяч населения [1].

В настоящее время интенсивно развиваются различные методы борьбы с патологическими минеральными образованиями в мочевыделительной системе. Данные способы получили общее название – литотрипсия. Все существующие способы можно разделить на две группы, в зависимости от метода передачи ударных волн: дистанционную ударно-волновую литотрипсию (ДУВЛ) и контактную литотрипсию.

В последнее время предпочтение отдается контактным методам литотрипсии, основные преимущества которых – прямая передача энергии к камню, непосредственный контроль над процессом, возможность разрушения фрагментов камней и последующего использования специальных инструментов для извлечения остатков конкремента [2].

Основной интерес изучения различных методов разрушения органоминеральных образований вызван недостатками и ограничениями применения имеющихся сейчас на рынке эндоскопических устройств. В связи с этим, интенсивно ведутся работы по разработке и усовершенствованию новых методов разрушения органоминеральных конкрементов, позволяющих более эффективно и безопасно проводить контактную литотрипсию. Одним из таких методов является электроимпульсная литотрипсия.

Описание принципа работы прибора

Принцип работы электроимпульсного литотриптора основан на эффекте «Воробьевых». При равных прочих условиях, электрическая прочность жидких диэлектриков с уменьшением длительности приложенного напряжения возрастает круче (быстрее), чем электрическая прочность твердых диэлектриков, и в определенный момент времени возникает возможность внедрения канала разряда в твердое тело. При этом энергия расходуется на разрушение материала, а не на образование ударной волны в жидкости или её нагрев [3].

Рабочим инструментом для разрушения камней в мочевой системе является урологический зонд, состоящий из головки, передающей части и высоковольтного разъема. Зонд вводится в тело человека через естественные или искусственные пути, посредством эндоскопа, имеющего рабочие каналы диаметром от 1,0 до 2,2 мм. Соответственно, внешний диаметр зонда варьирует от 0,9-2,0 мм

Данный метод является перспективным т.к. объединяет достоинства существующих методов, такие как: наличие гибкого зонда; невысокая энергия, затрачиваемая на разрушение камня; малый риск повреждения тканей; невысокая стоимость.

Метод электроимпульсной литотрипсии внедрен в клиническую практику с 2003 года [4]. Однако, продолжаются работы, направленные на усовершенствование устройства и проводятся исследования эффективности и безопасности метода.

В связи с этим, цель нашей работы – исследовать эффективность разрушения модельных объектов и оценить безопасность работы зондов.

Методика проведения исследований

В качестве критерия эффективности работы метода принято количество импульсов, необходимых для разрушения модельного объекта и время проведения одной процедуры разрушения.

Модельные объекты изготавливались разной твердости (50 и 150 HV) из стоматологического цемента “FujiRock”, в соответствии с инструкцией его применения, размером 8x8x5 мм и 8x8x8 мм. Разрушение камней производилось зондами с головками разного диаметра.

Причиной использования камней разного размера и твердости, а так же зондов разного диаметра является моделирование ситуации для разного типа камней мочевыделительного тракта. Зонды большого диаметра (1,6 и 2,0 мм), как правило, целесообразно использовать в мочеточнике и мочевом пузыре, где камни наиболее твердые и имеют большие размеры. Зонды диаметром 0,9 и 1,27 мм используют для разрушения более хрупких и мелких камней в почках. Таким образом, в экспериментах с зондами диаметром 0,9 и 1,27 мм ис-

пользовались камни размером 8х8х5 мм твердостью 50 и 150 HV, с зондами 1,47 мм – камни 8х8х5 мм, 150 HV, либо 8х8х8 твердостью 50 HV, с зондами диаметром 2,00 мм – камни 8х8х8, 150 HV.

На модельный объект, помещенный в кювету, наполненную раствором NaCl 0.9%, воздействовали импульсами напряжения с энергией 1 Дж и частотой следования импульсов 5 Гц, посредствам зондов разного диаметра. Электроды зонда прикладывались перпендикулярно, вплотную к камню, по возможности в одну точку.

По результатам воздействия определялось количество импульсов, необходимое для частичного разрушения камня (откол ½ части) и полного разрушения (по ¼ части камня) модельного объекта. Также производились измерения диаметра головок зонда до и после прохождения через него 900 импульсов. Данный параметр необходимо проверять в связи с возможностью деформирования головки зонда (кольцевого электрода) в процессе его работы. Разница между первоначальным и конечным диаметром головки зонда должна быть невелика, чтобы обеспечивалась свободное прохождение зонда по каналу эндоскопа.

Результаты исследований

Среднее количество импульсов, затрачиваемое на разрушение камней 8х8х8 мм (твердостью 150 HV) зондом диаметром 2 мм составило 179 импульсов, камней 8х8х8 мм, 50 HV и камней 8х8х5 мм, 150 HV, зондом диаметром 1,47 мм - 154 и 189 импульсов, соответственно. Для разрушения камней 8х8х5 мм, 150 HV и 8х8х5 мм, 50 HV зондами 1,27 мм – 241 и 144 импульса, а зондами 0,9 мм – 152 и 125 импульсов, соответственно (рис.1).

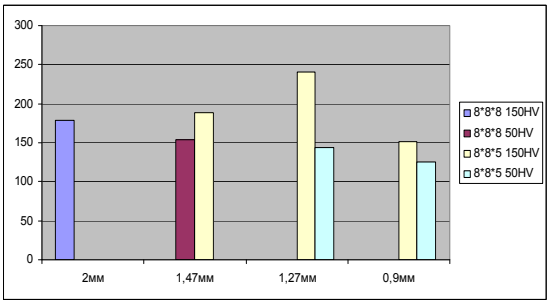


Рис.1. Количество импульсов, затраченное на разрушение камня.

Время разрушения модельного объекта твердостью 150 HV (на ½) составило в среднем для зонда диаметром 2мм – 36 секунд, для зонда 1,47 мм – 48 секунд и для зонда 1,27 мм – 30 секунд.

Величина развальцовки составила не более 0,04 мм для зонда диаметром 2 мм, 0,03 мм – для зонда 1,47мм, 0,03 мм – для зонда 1,27мм, 0,05 мм – для зонда 0,9мм.

Заключение

Ресурс работы (количество импульсов, отработанное зондом до выхода его из строя) составил для большинства зондов более 900 импульсов, чего достаточно для разрушения порядка 7 модельных камней до ½ части, при твердости равной 150 HV. При этом необходимо учесть, что твердость модельных камней превышает твердость большинства разновидностей конкрементов мочевыделительной системы, следовательно, для разрушения конкрементов потребуется меньшее количество импульсов.

Время разрушения модельного объекта для зондов всех представленных диаметров не превышает 50 секунд, что позволит снизить продолжительность операции и риск осложнений использования наркоза.

Величина развальцовки кольцевого электрода оказалась невелика и составила от 0,9% до 4,4 % относительно начального диаметра зондов. Изменение внешнего диаметра зонда можно считать незначительным, поскольку препятствий в работе с эндоскопом оно не вызовет.

Литература:

1. В.В. Борисов, Н.К. Дзеранов**.** Монография: Мочекаменная болезнь. Терапия больных камнями почек и мочеточников. – 88 с., ил.-2011г
2. Афонин В.Я, А.В. Гудков, В.С. Бощенко, А.В. Арсеньев. Эффективность и безопасность применения эндоскопической контактной элктроимпульсной литотрипсии у больных мочекаменной болезнью. Сибирский медицинский журнал, 2009, том 24, № 1. – С.117-123
3. В.В. Лопатин, М.И. Лернер, В.В. Буркин, В.П. Черненко. Электроразрядное разрушение биологических конкрементов // Известия вузов. Физика, 2007. - №9. Приложение. – С. 181-184.
4. V. Chernenko, V. Diamant, M. Lerner and other, Method and intracocorporal lithotripsy fragmentation and apparatus for its implementation, USA patent № 7,087,061/B2.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ОНКОЛОГИЧЕСКОМ ДИСПАНСЕРЕ

Храпская М.В.
Научный руководитель: Меркер Э.С., генеральный директор компании «UMSSoft»
Сибирский Государственный Медицинский университет,
634050, Россия, г.Томск, Московский тракт, 2
E-mail: yamaha-sib@mail.ru

На сегодняшний день проблема онкологических заболеваний выступает как глобальная и чрезвычайно важная [1]. Заболеваемость злокачественными новообразованиями (ЗНО) ежегодно продолжает возрастать. Всеобщая обеспокоенность и повышенное внимание к онкологии является одной из характерных черт здравоохранения многих развитых стран.

Онкологическая служба в системе здравоохранении является сложно структурированной. Ввиду этого для нее трудно получить единственное описание потоков деятельности. В свою очередь рациональное распределение потоков деятельности специалистов онкологической службы, формирование документации регламентирующей регистрацию больных ЗНО, являются одними из ключевых моментов деятельности службы, так как обеспечивают своевременное выявление и лечение онкологического процесса. В связи с этим существует необходимость в проведении анализа бизнес-процессов онкологической службы.

В настоящее время онкологи и сотрудники онкологической службы вручную обрабатывают значительные массивы учетной документации по заболеваемости ЗНО. В частности, в Областном Онкологическом диспансере г. Томска (ТООД), на сегодняшний день стоит ряд проблем, связанных с отсутствием автоматизации документооборота. Во многих случаях сотрудникам организационно-методического кабинета ТООД приходится проводить расчет статистики по онкологической заболеваемости вручную. В связи с этим, существует заинтересованность в автоматизации процесса статистической отчетности.

Современным решением проблемы роста заболеваемости, учета и мониторинга больных злокачественными новообразованиями, является организация и создание системы ракового регистра в онкологическом диспансере. Концепция ракового регистра предусматривает качественное повышение эффективности мониторинга новообразований путем внедрения методов сбора, систематизации, анализа и хранения информации на всех этапах регистрации случаев ЗНО [2]. В связи с реализацией национальной онкологической программы, в рамках которой разрабатываются информационные системы раковых регистров, существует необходимость в моделировании бизнес-процессов документооборота, регламентирующего учет онкологических больных. Проблематикой онкологической службы является отсутствие наглядной структурированной модели получения данных от подразделений, отсутствие отлаженной автоматизированной системы документооборота, сложность в координировании действий между службами здравоохранения. Случай заболевания ЗНО регистрируется посредствам первичной документации. Этому факту необходимо уделять особое внимание, как документам, служащими основным источником информации поступающей в раковый регистр.

Целью данной работы является моделирование бизнес-процессов, для последующей автоматизации деятельности онкологического диспансера.

Для более подробного представления предметной области, необходимо решить ряд задач: 1) Проанализировать нормативную документацию и получить мнение эксперта онкологического диспансера и первичного онкологического кабинета (ПОК) для согласования информационных потоков. 2) На основании анализа информационных потоков построить модель. 3) Реализовать возможность заполнения части нормативной документации в МИС «Аврора».

Моделирование бизнес-процессов позволит описать информационные потоки документооборота в онкологическом диспансере в контексте работы его структурных подразделений. Материалом для этого послужит изученная нормативная документация, утвержденная Министерством здравоохранения РФ.

Ниже представлены основные методологии, которые использовались для создания модели бизнес-процессов [3]:

1. IDEF0. Методология функционального моделирования. Наиболее широко применяется именно на начальных этапах создания информационных систем. Бизнес-процессы представляются как преобразования входного потока в выходной, под контролем управляющего потока. Это необходимо отмечать для того, чтобы понять как работает служба в целом.

2. UML (Unified Modeling Language). Язык графического описания для визуального моделирования, основанный на объектно- ориентированном подходе. UML позволяет описать разные аспекты поведения системы. Диаграммы деятельности, классов, вариантов использования улучшат представление о предметной области.

3. Для реализации модели документооборота, была выбрана программа FastReportStudio, которая зарекомендовала себя как универсальное средство отчетности.

Обратимся к функциональной модели (Рис. 1.). Первичным звеном выявления риска развития онкологических заболеваний выступают амбулатор-

но-поликлинические учреждения. Главной задачей специалистов первичного звена является своевременное выявление и лечение больных на ранних стадиях заболевания. В случае обнаружения онкологической патологии врач любой специальности обязан заполнить первичную документацию. Таким образом, данные об этапах диагностики и лечения больных ЗНО, отражаются в учетной документации и направляются в онкологический диспансер, где непосредственно формируются потоки деятельности ракового регистра и статистики.

Повсеместно предпринимаются попытки по внедрению в практическую деятельность раковых регистров. К примеру в Томске, в Областном Онкологическом диспансере, используется медицинская информационная система «ТриМис», разработчиком которой является Томская компания «Элекард-Мед». Система внедрена на уровне организационно- методического кабинета (ОМК) онкологического диспансера. Главной её задачей является сбор и учет информации о заболеваемости ЗНО, для передачи в систему ракового регистра. Поскольку ОМК является структурным подразделением ТООД, то необходимо обеспечить автоматизацию организационно-методической работы по учету,
диспансерному наблюдению, анализу онкологической заболеваемости и смертности.

Для практической реализации функционирующей модели бизнес-процессов ТООД была использована медицинская информационная система (МИС) «Аврора» Томской компании UMSSoft. Данная МИС является комплексной и имеет в своем составе различные врачебные профили. Функционирующие профили позволяют автоматизировать бизнес-процессы и обеспечить эффективную реализацию электронного документооборота ТООД, с использованием FastReportStudio.
Таким образом, на ведение медицинской документации тратится время, отпущенное на проведение лечебно-диагностических процедур, которое можно будет уменьшить, путем внедрения электронного документооборота [4]. Приоритетным направление этой работы, является анализ нормативной документации и как следствие построение модели документооборота, для современного представления деятельности онкологического диспансера

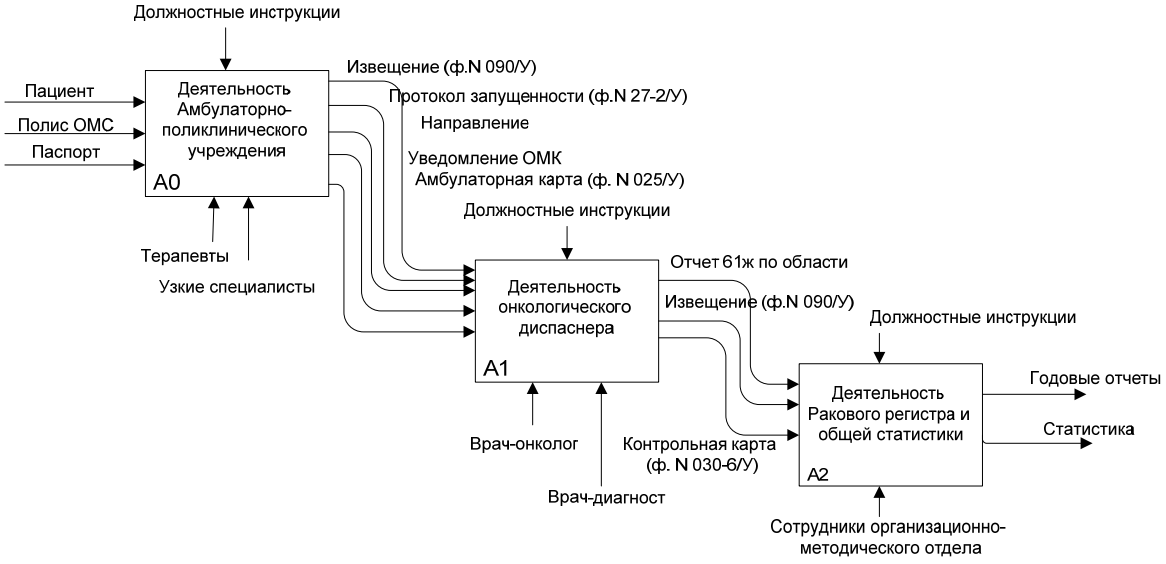


Рис. 1. Функциональная модель существующих информационных потоков онкологической службы

ЛИТЕРАТУРА:

1. Заболеваемость злокачественными новообразованиями. Состояние онкологической службы и пути ее улучшения [текст] / С. В. Долгова, А.Н.Денисенко // Медиц. альманах – 2010. - № 3. – С. 42-45.
2. О результатах разработки информационной системы «Популяционный раковый регистр» [текст] / В. В. Парамонов, Е. А. Черкашин, Р. К. Федоров и др // Сиб. мед. журнал – 2009. – № 3. – С. 87-90.
3. Моделирование как инструмент управления бизнес – процессами [текст] / Е. Е. Хозяинова, Т. Н. Сысо // Вестник Омского университета – 2007. - № 3. – С. 27-34.
4. Исследование хронометража врача – терапевта поликлинического отделения [текст] / Э. С. Меркер //научная статья – 2011. – С. 6.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРИЕМА ПАЦИЕНТОВ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ БОЛЬНИЦЕ

Цулина О.В
Научный руководитель: Песков В.В.
ГБОУ ВПО СибГМУ Минздравсоцразвития России, 634050, Россия, г.Томск, Московский тракт, 2
E-mail: Tsulina70@yandex.ru

Актуальность: В настоящее время в современных медицинских учреждениях существует проблема повышения качества медицинского обслуживания, которая находится в тесной взаимосвязи с развитием информационных технологий. Наряду со сложностями финансирования и отсутствием специалистов по информационным системам существует проблема отсутствия формализованных моделей деятельности медицинских учреждений. Это связано с нечетким пониманием всей совокупности знаний, данных и связей между ними, необходимой для анализа и совершенствования бизнес-процессов. Анализ модели бизнес-процессов «приём пациентов» позволит определить, что необходимо и достаточно для достижения цели повышения доступности и качества оказания медицинской помощи населению. На современном этапе наиболее эффективным направлением в данной области является концепция реинжиниринга бизнес-процессов (Business Process Reingineering) [1]. Согласно определению М. Хаммера и Д.Чемпи реинжиниринг бизнес-процессов определяется, как «фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов для достижения коренных улучшений в основных показателях деятельности предприятия» [2]. К целям BPR можно отнести повышение качества услуг, устранение недостатков системы, а не отдельных работников, снижение затрат времени на выполнение функций, рост мобильности персонала и т.д. Таким образом, высокое качество лечения и эффективный менеджмент невозможны без использования единой информационной системы и автоматизации бизнес-процессов, а процессный подход к анализу, моделированию бизнес-процессов и последующей разработке требований к информационным системам позволяет гибко модернизировать информационную систему медицинской организации.

Цель работы: Провести моделирование и анализ бизнес-процессов, связанных с организацией амбулаторного и госпитального приёма пациентов в поликлинике ТОКБ.

Задачи:

1. Структурно-функциональное моделирование бизнес-процессов «приём пациентов» «как есть».
2. Анализ модели бизнес-процессов «приём пациентов» с целью повышения доступности и качества оказания медицинской помощи населению.
3. Формулировка рекомендаций на основе проведённого анализа для внедрения современной автоматизированной системы регистрации и приёма пациентов на основе МИС «Медиалог» в ТОКБ.
4. Настройка модулей МИС «Медиалог», осуществляющих функции планирования расписания, записи на приём, регистрации и учёта пациентов в соответствии с рекомендациями по оптимизации бизнес-процессов «приём пациентов».

Материалы и методы: Работа проводится на базе ОГУЗ ТОКБ, которая успешно внедряет в практику новейшие технологии, эффективные формы организации медицинской помощи населению области, являясь перспективным объектом автоматизации. Сбор первичных данных осуществляется методом очного индивидуального экспертного опроса и изучения нормативной документации. В качестве экспертов выступают сотрудники поликлиники, а так же менеджеры отдела маркетинга. Для автоматизации и мониторинга бизнес-процессов используется МИС «Медиалог», позволяющая решить комплекс лечебных и управленческих задач, стоящих перед современной поликлиникой. Для моделирования бизнес-процессов используется нотация IDEF0 (Integrated Definition Function Modeling), отображающая схему выполнения процесса в общем виде. Данная нотация с помощью наглядного графического языка способна представить изучаемую систему в виде набора взаимосвязанных функций (функциональных блоков), описать окружение, определить входы и выходы процесса. [3]. Моделирование средствами IDEF0 является первым этапом изучения системы. Вторым этапом моделирования является использование методологии ARIS (Architecture of Integrated Information Systems). Основная бизнес-модель ARIS - eEPC (extended Event-driven Process Chain), являющаяся расширением нотации IDEF3 [4]. Модель eEPC отражает последовательность функциональных шагов (действий) в рамках одного бизнес-процесса, которые выполняются организационными единицами, а также ограничения по времени, налагаемые на отдельные функции [5]. Для каждой функции могут быть определены начальное и конечное события, ответственные исполнители, материальные и документарные потоки, сопровождающие модель, а также проведена декомпозиция на более низкие уровни (подфункции и т.д.). IDEF3-моделирование органично дополняет традиционное моделирование с использованием стандарта IDEF0 [6]. Реализация проводится с использованием Microsoft Office Visio — приложения для создания графических схем и диаграмм, позволяющего получить полное представление о системной организации и используемых ресурсах.

Результаты работы:

1. Разработана и спроектирована структурно-функциональная модель бизнес-процессов «приём пациентов» «как есть» (AS-IS), то есть модель существующей организации работы. Построение данной модели, являясь «отправной точкой» для анализа, позволяет систематизировать протекающие в данный момент процессы, а так же используемые информационные объекты.

2. В ходе качественного анализа модели бизнес-процессов выявлены проблемные области, несоответствие процессов требованиям, предъявляемым современными методами приёма пациентов в ЛПУ, и установлены необходимые элементы бизнес-процессов. Анализ модели «AS-IS» дает возможность не только выявить проблемную ситуацию, но и определить, в чем будут состоять преимущества новых процессов и каким изменениям подвергнется существующая структура их организации. Исследование необходимости реструктуризации существующих процессов достигается за счет применения декомпозиции. На основании анализа выявлены следующие признаки неэффективности существующих бизнес-процессов:

- Бесполезные, неуправляемые и дублирующиеся функции;
- Неэффективный документооборот.

3. Сформированы рекомендации на основе анализа моделей бизнес-процессов «приём пациентов», которые планируется использовать в ходе внедрения медицинских информационных систем в области автоматизации задач, связанных с приёмом пациентов в ТОКБ. Рекомендации, сформированные на основании найденных недостатков в модели AS-IS, позволят сократить сроки внедрения информационной системы, снизить риски, связанные с невосприимчивостью медицинского персонала к информационным технологиям, четко определить распределение ресурсов между этапами выполнения процесса, что дает возможность оценить эффективность использования данных ресурсов.

4. Заключительным этапом работы является настройка модулей МИС «Медиалог» с учётом рекомендаций по оптимизации бизнес-процессов приёма пациентов. Обширные инструментальные возможности, заложенные в систему, позволяют гибко настраивать структуру базы данных и пользовательский интерфейс, адаптировать логику бизнес-процессов, создавать статистические отчеты и документы любой сложности, а следовательно - эффективно адаптироваться к особенностям медицинского учреждения. Настройка модулей позволит:

- Обеспечить максимальную доступность медицинских услуг;
- Сократить очередность при регистрации пациентов;
- Снизить временные затраты на выполнение функций персоналом;

А так же повысить:

- Мобильность персонала;
- Эффективность использования ресурсов ЛПУ и т.д.

Организация приема пациентов относится к основным направлениям автоматизации поликлиники ОГУЗ ТОКБ. Внедрение и настройка модулей медицинской информационной системы «Медиалог», осуществляющих функции планирования расписания, записи на приём, регистрации и учёта пациентов способствует экономии времени пациентов и высвобождает трудовые ресурсы ЛПУ. То есть МИС «Медиалог» позволяет заменить ту часть работы, которая не требует непосредственного участия врача, а именно такие сопутствующие операции, как поиск информации, заполнение карт и регистрационных форм и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тельнов, Ю. Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов: Учебное пособие/ Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 2004. – 5 с.

2. Хаммер М. Реинжиниринг копорации: Манифест революции в бизнесе/ М. Хамеер, Дж. Чампи. Пер. с англ. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 1997. – 332 с.

3. Черемных С. В. Моделирование и анализ систем. IDEF – технологии: практикум / С. В. Черемных, И. О. Семенов, В. С. Ручкин. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 10 с.

4. Шеер А.-В. Моделирование бизнес-процессов / А.-В. Шеер. — М.: Весть-МетаТехнология, 2000. – 68 с.

5. Каменнова, М. Моделирование бизнеса. Методология ARIS / М. Каменнова, А. Громов, А. Шматалюк. – М.: Весть-метатехнология, 2001. - 133 с.

6. Маклаков С. В. BPwin и Erwin: CASE-средства для разработки информационных систем / С. В. Маклаков. – М.: Диалог-Мифи, 1999. – 5 с

СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОМ ОТДЕЛЕНИИ ТОКБ

Чучунова М.П.
Научный руководитель: Песков В.В.
Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия, г. Томск, Московский тракт, 2
E-mail: solnisho7@mail.ru

Актуальность: медицина постоянно открывает новые возможности медицинского лечения, поэтому можно увидеть и усовершенствование технологий и методик. Лечение становится все более и более сложным и требует точности, которая может быть удовлетворена только за счет детального планирования или даже моделирования. Диагностика, планирование и моделирование полагаются на медицинское изображение отдельного пациента. Тем не менее, это может быть очень трудным для интерпретации сложных трехмерных структур, а также пространственных взаимосвязей в серии двумерных срезов изображений. Так как данные сканирования изначально трехмерные, то лучше всего использование всех трех измерений для отображения и взаимодействия с данными [2].

Использование в медицине 3D-моделирования пока не очень широко распространено в России, хотя, на сегодняшний день, это незаменимый помощник в практической деятельности врачей.

3D-моделирование - безопасная процедура, не наносящая вреда здоровью пациента, с помощью которой станет возможным сделать операции более точными и прогнозируемыми, так как трехмерные модели органов дают объемную, реалистичную картину.

В связи с вышесказанным, актуальным представляется использование программного обеспечения на основе трехмерных моделей для планирования нейрохирургических операций.

Цель работы: создать сегмент медицинской информационной системы для использования программного обеспечения на основе трехмерных моделей в планировании нейрохирургических операций.

Задачи:

1. Исследование программных средств для 3D-моделирования.
2. Обоснование выбора программного обеспечения «3D slicer» и области нейрохирургии.
3. Разработка руководства по использованию программного обеспечения «3D slicer» для его практического применения в работе специалистов нейрохирургического отделения ТОКБ.

3D-визуализация и анализ технологий данных значительно улучшились за последние годы и программные обеспечения стали легко доступны. Для установления диагноза врач зрительно может анализировать изображения отдельных томографических сечений объекта, однако, для некоторых клинических задач, подобных хирургическому планированию, необходимо понимать 3D-структуру во всей ее сложности, видеть дефекты, а также еще более важно увидеть вокруг патологической области нервные волокна, ведь каждый пучок - это какая-то функция мозга, и если во время операции будет поврежден участок, то соответствующая функция будет утрачена. Эта инновационная технология поможет четко локализовать зону поражения и объем удаляемых тканей и тем самым уменьшить негативные последствия после операции.

Материалы и методы: работа базируется на анализе медицинских изображений для планирования операций на основе трехмерных моделей на клинических (нейрохирургических) данных. Данные представляют собой серию изображений, полученных при исследовании больных с помощью МРТ. Программное обеспечение, входящее в состав томографа, позволяет экспортировать их в DICOM файлы (Digital Imaging and Communications in Medicine). Формат DICOM - это индустриальный стандарт для создания, хранения, передачи и визуализации медицинских изображений с теговой организацией. В дальнейшем работаем с DICOM-файлами (.dcm), которые являются основой для дальнейшей обработки, анализа данных.

Для создания 3D-модели используется программное обеспечение «3D slicer» версия 3.6.

«3D slicer» - свободный открытый исходный код программы (лицензия BSD), который представляет собой гибкую модульную платформу для анализа и визуализации изображений. Используется в различных медицинских приложениях и представляет такие возможности, как обработка DICOM-изображений и чтение/запись ряда других форматов, интерактивная визуализация объемных изображений, ручное редактирование, регистрация данных с помощью жестких и нежестких алгоритмов, автоматическая сегментация изображений, анализ и визуализация изображений тензора диффузии данных; отслеживание устройств для управляемых изображением процедур [1].

«3D slicer» загружает различные типы данных: объемы (МР-срезы), модели (3D-поверхности), сцены (представление данных slicer). MRML сцена - набор данных и их текущее состояние, просмотр параметров, семантические описания и алгоритмы параметризации. Представлены MRML сцены в формате .xml.

Поддерживаемые форматы, в которых могут быть сохранены данные:

- Объёмов: NRRD (.nrrd), NRRD (.nhdr), MetaImage (.mhd), MetaImage (.mha), VTK (.vtk), Analyze (.hdr), Analyze

(.img), Analyze (.img.gz), BMP (.bmp, .BMP), BioRad (.pic), Brains2 (.mask), GIPL (.gipl, .gipl.gz), JPEG (.jpg, .jpeg, .JPG, .JPEG), LSM (.lms, .LSM), NifTI (.nia), NifTI (.nii, .nii.gz), PNG (.png, .PNG), Stimulate (.spr), TIFF (.tiff, .tif, .TIFF, .TIF).

- Моделей: Poly Data (.vtk), XML Poly Data (.vtp), STL (.stl).
- Фидуциарных списков: Fiducial List CSV (.fcsv), Text (.txt).
- Трансформаций: Transform (.tfm), Text (.txt).

Программное обеспечение разработано в соответствии с задачами. Программа обеспечивает такие возможности в области нейрохирургии, как регистрация изображений (выравнивание наборов данных), полуавтоматическая сегментация (извлечение структур: сосудов, опухолей на основе данных), генерация 3D-поверхности моделей (для просмотра сегментированных конструкций), 3D-визуализация, количественный анализ (измерение расстояний, поверхностей, объёмов).

В ходе работы рассмотрен клинический случай – опухоль мозга. Дооперационные данные пациента: 3D SPGR МРТ, Т2 взвешенное МРТ и FLAIR МРТ, функциональное МРТ (фМРТ) и изображение тензора диффузии (DTI). Применяется также SPL-PNL атлас мозга на основе одного здорового пациента.

Выполняем такие задачи, как загрузка и визуализация анатомических данных МРТ, регистрация изображений и выделение области интереса, создание 3D-модели объема опухоли. Моделирование опухоли обеспечивает прогнозирование расположения структур мозга с помощью регистрации изображений и данных атласа, визуализацию трактов мозга с использованием DTI-изображения, аннотирование предоперационного планирования и сохранение сцены.

Функциональная МРТ измеряет уровень кислорода в крови в каждой части мозга, когда пациент совершает двигательную или речевую функцию. Статистические методы обработки данных позволяют определить участки мозга, активные в течение выполняемых задач. Благодаря этому мы можем видеть имеются ли рядом с поврежденной областью мозга важные участки языковых или двигательных зон, которые могут привести к проблемам с речью, чтением или движением. Знание того, где эти регионы находятся, позволяет скорректировать план хирургического вмешательства.

Использование регистрации позволяет накладывать два изображения друг на друга (модуль Registration) для создания соответствующей анатомии перекрытия. В данном случае регистрируем изображения фМРТ с анатомической, а также данные атласа с анатомическими объемами пациента.

Важным процессом в работе является процесс сегментации (модуль Segmentation). Она служит для идентификации и маркировки регионов, представляющих интерес в изображениях. Каждому пикселю назначается определенное значение метки, которое соответствует анатомической структуре. Результатом сегментации является двоичный массив, называемый картой метки. В дальнейшем ее используем для создания 3D-модели.

Следовательно, для моделирования опухоли проводим сегментацию новообразования в анатомическом МРТ, создаем ее модель (модуль ModelMaker), изменяем внешний вид и сохраняем.

Основные волокна, которые работают между функционально важными участками мозга, должны оставаться неповрежденными. С целью предотвращения негативных последствий для пациента, использована трактография (модуль Tractography), которая позволяет видеть путь трактов. Загружаем DTI-изображение, создаем изображение с использованием предварительно вычисленных MRML сцен, помещаем точки начала трактографии (модуль Fiducials) и наблюдаем за ходом пучков.

Созданное руководство по использованию программного обеспечения в планировании операций для врачей играет весомую роль при подборе оптимальной оперативной тактики, проведении хирургических операций и предсказании возможных последствий. Анализ изображений для планирования операций на основе трехмерных моделей в данной работе, проведенной с помощью программного обеспечения «3D slicer», приводит к уменьшению субъективной оценки при постановке диагноза и улучшению качества и полезности информации, представленной нейрохирургу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. S. Pieper, B. Lorensen, W. Schroeder, R. Kikinis The NA-MIC Kit: ITK, VTK, Pipelines, Grids and 3D Slicer as an Open Platform for the Medical Image Computing Community. Proceedings of the 3rd IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro. – 2006. – P. 698-701.
2. Indeed Visual Concepts gmbh and Inc. TGS. Amira - advanced 3d visualization and volume modeling. – URL: http://www.amiravis.com Дата обращения: 22.01.2012.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВРАЧА ОБЩЕЙ ПРАКТИКИ

Шевчук Е.С
Научный руководитель: Меркер Э. С., ген.директор ООО «ЮМССофт»
Сибирский Государственный Медицинский Университет
634050 г.Томск, Московский тракт, 2
E-mail: janesheff@list.ru

В настоящее время здравоохранение Российской Федерации находится на этапе реформирования, направленного на усиление роли первичной медико-санитарной помощи (ПМСП). ПМСП представляет первый этап непрерывного процесса охраны здоровья населения. Одной из форм организации ПМСП является семейная медицина или общая врачебная практика (ОВП).

Внедрение ОВП в нашей стране началось с выходом приказа Минздрава СССР от 30.12.1987 № 1284 “О проведении эксперимента по внедрению общей врачебной практики”. В эксперимент были включены г. Москва, Пензенская, Тульская, Томская и другие области России. Итоги эксперимента были оценены положительно, и Минздрав России издал приказ от 26.08.1992 № 237 “О поэтапном переходе к организации первичной медицинской помощи по принципу врача общей практики (семейного врача)” (вместе с положениями “О враче общей практики (семейном враче)”, “О медицинской сестре общей практики”, квалификационными характеристиками “врача общей практики (семейного врача)”, “медицинской сестры общей практики”).

Для оптимизации работы врача следует максимально ускорить ведение медицинской документации, автоматизировать производство нормативной отчетности, а также оптимизировать работу с документами. Автоматизация основных бизнес процессов и электронного документооборота возможна при использовании медицинских информационных систем (МИС).

МИС представляет собой совокупность программно-технических средств, баз данных и знаний, предназначенных для автоматизации различных процессов, протекающих в лечебно-профилактическом учреждении. Система обеспечивает потребность медицинского и управляющего персонала в систематической информации по различным аспектам деятельности для принятия решений, способствующих достижению целевой функции — повышению качества оказания медицинской помощи. [1]

В России несколько лет успешно разрабатываются, внедряются и используются МИС. Некоторые из них включают в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) амбулаторного врача общей практики. АРМ обеспечивает ведение полных электронных амбулаторных карт и автоматической статистической отчетности по стандартным формам ОВП.

Компания «ЮМССофт» является разработчиком и поставщиком МИС «UMS АВРОРА», которая представляет собой готовое решение по автоматизации деятельности лечебно-профилактических учреждений. Гибкость и модульность системы дает возможность модернизации, обновления и постепенного наращивания функционала. В системе имеется вся необходимая медицинская документация для терапевта, хирурга, невролога и многих других специалистов, но для составления профиля ВОП все документы требуют доработки с учетом специфики ОВП.

Цель работы: постановка задачи для автоматизации работы ВОП и реализация педиатрического направления в его деятельности.

Для достижения цели были выделены следующие задачи:

1. Проанализировать основы деятельности ВОП, сферу компетенции и объем оказываемой им медицинской помощи.
2. Подробно изучить педиатрическое направление деятельности ВОП.
3. Разработать медицинские документы врача педиатра для последующего включения их в профиль ВОП.
4. Создать алгоритмы построения отчетно-учетной документации врача педиатра.

По данным официального сайта департамента здравоохранения Томской области http://zdrav.tomsk.ru/ на сегодняшний день в Томске и на территории области действуют 42 ОВП, в которых работают более 46 врачей общей практики (ВОП), не учитывая ВОП в амбулаторных отделениях. Большинство ОВП располагаются в районных центрах, селах, поселках и других населенных пунктах небольшого масштаба. Связать это можно с тем, что в сельской местности нет достаточной обеспеченности врачами, укомплектованности медицинскими кадрами. ВОП берет на себя ответственность за принятие первичного решения по каждой проблеме, связанной со здоровьем, с которой пациент обращается к нему. При этом ВОП выполняет до 80% функций узких специалистов, что позволяет на месте оказывать почти всю медицинскую помощь. [2]

При изучении основ ОВП были выделены основные направленности деятельности врача:

- оказание ПМСП по основным специальностям: терапия, педиатрия, неотложная помощь, отоларингология, офтальмология, акушерство с гинекологией и хирургия с травматологией;
- осуществление профилактической работы, направленной на выявление ранних и

скрытых форм заболевания и факторов риска;
- осуществление динамического наблюдения за состоянием здоровья пациентов с проведением необходимого обследования и оздоровления;
- проведение профилактических мероприятий: занятия с пациентами в школах здоровья, проведение вакцинации, консультирование женщин, планирующих беременность, обучение членов семьи уходу за больным и т.п.

Кроме этого ВОП самостоятельно проводят и описывают ЭКГ, пикфлоуметрию, пневмотахотометрию, описывают рентгеновские снимки, данные УЗИ и КТ, проводят отоскопию и офтальмоскопию. Из хирургических манипуляций делают вскрытие гнойных образований кожи и подкожной клетчатки, обработку чистых и гнойных ран, а также перевязку и снятие швов. [3]

Еще одна из специфик ВОП заключается в том, что его пациенты не только взрослые люди, но и дети.

Рассматривая педиатрическое направление, были выявлены сложности при формализации работы врача-педиатра при представлении ее в одном электронном документе. Это связано с тем, что существуют различные виды приемов и осмотров для детей от периода новорожденности до подросткового возраста. На первых неделях жизни врач проводит патронаж новорожденного. Далее в эпикризные сроки (1, 3, 6, 9, 12 месяцев, 3, 5, 6 лет) ребенок должен проходить профилактические осмотры, которые тоже немного отличаются друг от друга в зависимости от возраста. Перед прививкой ребенок обязан явиться на предвакцинальный осмотр. Другой вид осмотра при заболевании ребенка и последующих приемов до выздоровления. В связи с вышесказанным в профиле педиатра было разработано 5 отдельных документов:

- врачебный патронаж новорожденного;
- предвакцинальный прием;
- прием при постановке на учет участкового педиатра;
- диспансерно-эпикризный прием;
- обычный прием педиатра, который необходим, если ребенок заболел и обращается к врачу.

Для удобства врача и своевременного оповещения родителей пациента в соответствии с национальным календарем профилактических прививок разработан автоматический индивидуальный календарь прививок. В нем отмечаются все прививки, которые уже поставлены ребенку, рассчитывается срок следующей плановой прививки, пересчитывается дата прививки, если на предвакцинальном приеме были выявлены противопоказания.

Из печатных необходимых документов с помощью продукта компании FastRaport были составлены свидетельство о рождении (ф. 103/у-98), история развития ребенка (ф. 112/у), карта профилактических прививок (ф. 063/у), журнал учета профилактических прививок (ф. 064/у), отказ от прививок в стандартной форме, различные справки и извещения (ф. 076/у, ф. 077/у, ф. 079/у, ф. 080/у и др.).

Квалификационные требования к уровню профессионального образования ВОП предполагают подготовку его по 21 специальности. От ВОП в среднем требуется знание около 35 технологий с использованием аппаратов и приборов медицинского назначения. В силу специфики работы ВОП одной из его прямых обязанностей является своевременное и правильное ведение учетно-отчетной документации. В перечень первичной документации, используемой врачом общей практики (семейным врачом), входят не менее 63 форм. [3] Работа с документами очень трудоемкая и занимает много времени. Авторы исследований хронометража врачей поликлинического отделения отмечают, что самым затратным по времени является как раз процесс ведения документации. Он занимает 37-41% всего рабочего времени врача. [4, 5] При этом многие записи являются однотипными, их приходится повторять по нескольку раз в разных частях документов. Все эти особенности учтены при постановке задачи для автоматизации деятельности ВОП. Педиатрическое направление реализовано как профиль врача-педиатра в МИС «UMS АВРОРА», который может быть использован для повышения эффективности работы ВОП.

Список используемой литературы:

1. Гулиев Я. И., Ермаков Д. Е., Назаренко Г. И. Медицинские информационные системы: теория и практика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. с. 26
2. Калиницкая А.А., Чижикова Т.В. Организация и объемы работ общих врачебных практик// Электронный научный журнал «Социальные аспекты здоровья», 2010
3. Кобякова О.С., Абашина Л.В., Загромова Т.А., Организация деятельности врача общей практики (семейного врача). – Томск: Печатная мануфактура, 2009. с. 60-64.
4. Меркер Э.С. Исследование хронометрожа врача-терапевта поликлинического отделения// сайт компании ООО «ЮМССофт»:http://www.umssoft.com/articles.html
5. Иванова М.А. Нормирование труда - один из путей оптимизации качества оказания медицинской помощи больным.// Электронный научный журнал «Социальные аспекты здоровья населения», 2008

РАЗРАБОТКА ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОГО СПЕКТРОМЕТРА

Шинкаренко Е.В., Зенкин С.П.
Научный руководитель: Капитанов В.А., к. ф-м. н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail:s_katya88@mail.ru

Спектроскопические методы широко применяются в медицине, экологии, биологии, для контроля качестваи в научных исследованиях. Одним из наиболее простых, компактных, дешевых и чувствительных методов является оптико-акустический метод. Преимуществами оптико-акустического (ОА) метода являются следующие особенности: отношение сигнал-шум растет пропорционально мощности источника излучения; оптико-акустический сигнал пропорционален спектральному коэффициенту поглощения, что существенно упрощает обработку данных.

Одно из бурно развивающихся направлений использования оптико-акустического метода- его применение в медицине. Разрабатывается аппаратура для диагностики выдыхаемого воздуха больных с использованием лазера и оптико-акустического детектора. В выдыхаемом воздухе содержатся молекулы таких веществ, как метан, этан, пентан, ацетон, окись азота, кетоновые тела, которые являются биомаркерами различных заболеваний – воспалительных процессов органов дыхания, сахарного диабета, болезней печени и прочих. Спектральный анализ выдыхаемого воздуха позволяет определить концентрации содержащихся веществ.

Принцип действия оптико-акустического спектрометра состоит в следующем. Лазерное излучение проходит через ОА-ячейку с анализируемым газом. В результате поглощения излучения в замкнутом объеме ячейки возникает повышенное давление, которое регистрируется микрофоном. В эксперименте регистрируется энергия лазерного излучения и отношение сигнала микрофона к энергии излучения называется ОА-сигналом. [1]

Все оптико-акустические приборы состоят из двух частей – лазер и ОА-блок, включающий в себя ОА-ячеку, модулятор и систему регистрации сигналов.

На рис. 1. приведена блок-схема спектрометра-газоанализатора. [2]

Существует множество конструкций ОА-ячеек. Для газоанализа наиболее подходящей является резонансная ячейка. Основное преимущество резонансных ячеек перед нерезонансными – уменьшение влияния адсорбции и десорбции газа внутренней поверхностью ячейки на состав анализируемой смеси, возможность эффективной работы ячейки в режиме прокачки газа через нее, подавление поглощения излучения окнами и стенками ячейки, что важно при работе с мощными, но дискретно перестаиваемыми лазерами. [1]

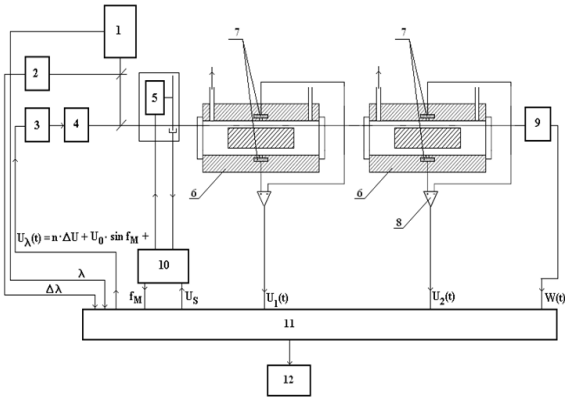


Рис.1. Блок-схема спектрометра: 1 – измеритель длины волны, 2 – интерферометр, 3 – контроллер, управляющий характеристиками лазера, 4 – диодный лазер, 5 – модулятор, 6 – ОАД, 7 – микрофоны, 8 – дифференциальный предусилитель, 9 – измеритель мощности, 10 – контроллер модулятора, 11 – контроллер спектрометра, 12 – ПК.

На рис.2. представлена характеристика резонансной фотоакустической ячейки. Видно, что при незначительном сдвиге частоты модуляции от резонансной происходит существенное снижение чувствительности ячейки, что приводит к ошибкам при детектировании сигнала.

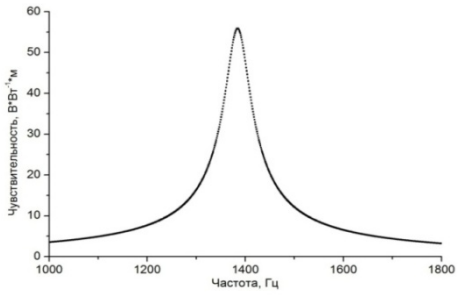


Рис. 2. Зависимость чувствительности резонансной ячейки от частоты

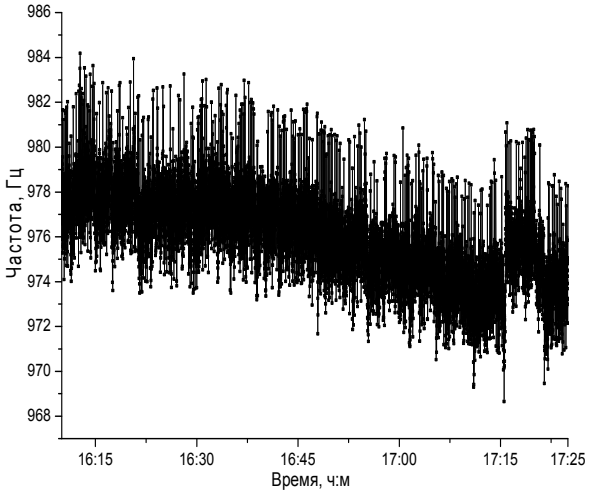
В настоящее время используются стандартные модуляторы интенсивности лазерного излучения, которые не могут обеспечить требуемые точность перестройки частоты и стабильность частоты модуляции. Изменение частоты модуляции на несколько герц является критичным при прецизионном измерении, поскольку нестабильность частоты приводит к появлению дополнительного источника шумов.

Исходя из вышепредставленного анализа, необходимо решить следующие задачи: обеспечить стабильность частоты модуляции, чтобы устранить шум; увеличить разрешение АЦП для построения более точных контуров спектральных линий; в качестве контроллера спектрометра ис-

пользовать ПЛИС, позволяющую параллельно обрабатывать большие объемы информации и производить обработку данных; разработать зеркальный модулятор [1] для повышения КПД работы лазера в два раза, увеличить динамический диапазон измеряемого сигнала.

Первым этапом разработки спектрометра явилось создание прецизионного модулятора частоты с диапазоном перестройки частоты модуляции 1-2 кГц и стабилизацией частоты в пределах 1 Гц.

На рис. 3 приведен график зависимости частоты модуляции от времени для коммерческого модулятора Scitec Istruments Optical. Наблюдается дрейф центральной частоты, обусловленный нестабильностью вращения двигателя постоянного тока, и высокочастотная составляющая шума, связанная с качеством прорезки диска модулятора.



. Рис.3. График зависимости частоты модуляции от времени для модулятора Scitec Istruments Optical Chopper

На рис. 4. приведен график зависимости частоты модуляции от времени разработанного модулятора. Высокочастотная составляющая шума значительно уменьшилась и отсутствует дрейф частоты вращения.

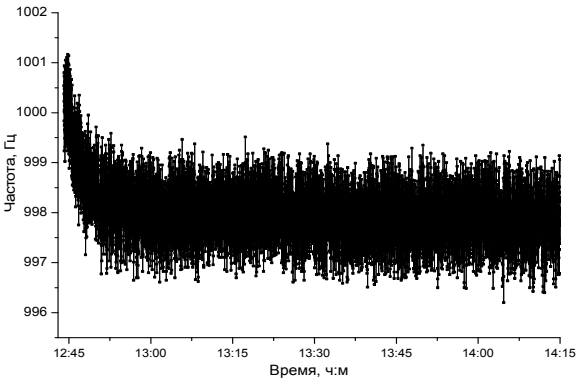
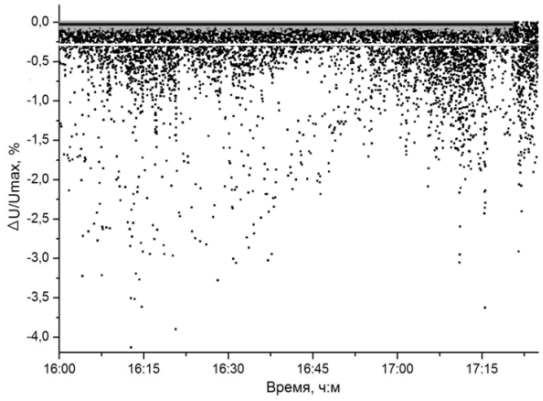


Рис. 4. График зависимости частоты модуляции от времени для разработанного модулятора

На рис. 5. черными точками показан разброс значений чувствительности ячейки при использовании модулятора Scitec. Среднее отклонение, показанное белой линией, составляет 0,28%. Серым цветом показан разброс чувствительности при использовании разработанного модулятора. Среднее отклонение составляет 0,012%. Вследствие уменьшения дисперсии отношение сигнал-шум увеличилось с 357 до 5263.



Ри

с. 5. Относительное изменение сигнала микрофона резонансной ячейки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ю.Н. Пономарев, Б.Г. Агеев, М.В. Зигрист, В.А. Капитанов, Д. Куртуа, О.Ю.Никифорова. Лазерная оптико-акустическая спектроскопия межмолекулярных взаимодействий в газах. / Под. Ред. Л.Н.Синицы. – Томск: МГП «РАСКО», 2000. – 200с.

2. V.A. Kapitanov, Yu.N. Ponomarev, I.S. Tyryshkin, A.P. Rostov. Two-channel opto-acoustic diode laser spectrometer and fine structure of methane absorption spectra in 6070-6180 cm^{-1} region – Spectrochimica Acta Part A 66 (2007) 811-818

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОРФОМЕТРИИ МИОКАРДА

Энглевский Н.А., Сафонова А.В.
Научный руководитель: Шилов Б.В., к.м.н., доцент; Гутор С.С., аспирант
Сибирский Государственный Медицинский Университет, 634050, Россия, г. Томск, Московский тракт, 2
E-mail: nicolayenglevskiy@gmail.com

Сердечнососудистые (СС) заболевания прочно удерживают первенство среди самых опасных болезней нашего времени. Ведущее положение среди СС заболеваний занимает ишемическая болезнь сердца (ИБС), на долю которой приходится 60% случаев [1].

По данным разных авторов, в 10–35 % у больных ИБС развивается ишемическая кардиомиопатия (ИКМП), обусловленная диффузным, значительно выраженным атеросклерозом коронарных артерий и проявляющаяся кардиомегалией, известной под термином «ремоделирование сердца».

Процесс ремоделирования сердца представляет собой совокупность изменений формы, объема полостей и массы миокарда постинфарктного сердца в ответ на выраженные неадекватные гемодинамические условия его функционирования. [2]

В 2007 году томскими учеными Шипулиным В.М., Казаковым В.А., Суходоло И.В. и др. был получен Патент №2310372 на «Способ прогнозирования послеоперационного ремоделирования сердца у больных ишемической кардиомиопатией». Патентный способ позволяет прогнозировать послеоперационное ремоделирование сердца, основываясь на одновременном наличии патоморфологической картины миокардита и следующих значений: паренхиматозно-стромальное отношение <1,5; трофический индекс <0,010;зона перикапиллярной диффузии >1000 мкм и индекс Керногана >1,6 [3]. Наличие всех этих факторов одновременно считается предиктором повторного послеоперационного ремоделирования ЛЖ [3].

Все косвенные методики определения морфофункционального состояния миокарда (содержание матриксных металлопротеиназ крови, возраст пациентов, показатели конечно-систолического индекса и т.д.) обладают большой вероятностью ошибки в силу того, что могут поддаваться влиянию факторов, не связанных с состоянием миокарда, и поэтому не являются достаточно значимыми для однозначного прогнозирования повторного послеоперационного ремоделирования ЛЖ. Наиболее достоверным на сегодняшний день является морфометрическое исследование биоптата миокарда.

Поиск предикторов повторного послеоперационного ремоделирования, в настоящее время, производится вручную и занимает много времени. Помимо этого, существуют литературные данные о достоверном увеличении диаметра кардиомиоцитов (КМЦ) левого желудочка (ЛЖ) у больных с ИКМП, однако разные исследователи этот факт трактуют по-разному. Так, например, данный фактор является предиктором повторного ремоделирования ЛЖ по данным исследований Moreira и соавтр [4] и не является по данным исследований Казакова В.А. [3], что говорит о высокой субъективности определения данного параметра у пациентов, относительно которых необходимо принять решения.

Автоматизировав данный поиск, можно добиться существенного снижения временных и трудовых затрат, а также объективного анализа каждой микрофотографии миокарда.

Для автоматизации морфометрии миокарда нами были разработаны алгоритмы нахождения паренхимы, стромы и ядер кардиомиоцитов. Данные алгоритмы реализованы на языке программирования Java в виде плагинов к программе ImageJ [5].

В каждом алгоритме реализована предварительная обработка изображения. Она заключается в выявлении участка пригодного для проведения исследования. При этом в большинстве случаев необходимо провести поиск середины изображения, выделить круг диаметром не большим 90% от высоты/ширины изображения и очистить изображение вне этого круга. Это приводит к удалению элементов, которые вносят значительные погрешности в алгоритм автоматизации вычисления изучаемых параметров.

Алгоритм поиска ядер заключается в следующем:

1. Исходное изображение RGB разбивается на стек из трех изображений, в каждом из которых соответственно красный, зеленый и синий цвет.

2. На Рис. 1. на красном компоненте изображения ядра выделяются с помощью порога «IJ_IsoData». Этот процесс исследователь может контролировать визуально, и в случае обнаружения случайно попавших под порог других элементов, не включать их в рассчет .

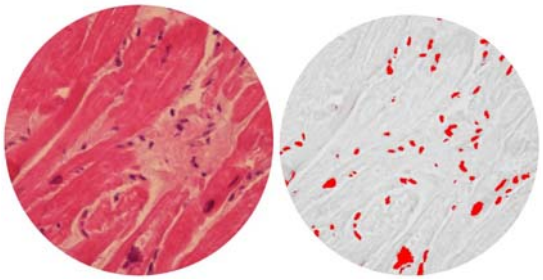


Рис. 1. Результат поиска ядер на микрофотографии миокарда.

3. Далее происходит анализ всех выделенных ядер и сохранение полной информации о них (периметр, площадь, циркулярность, удельный объем, округлость, максимальный и минимальный диаметр, количество, разница между

максимальным и минимальным диаметром, отношение минимального диаметра ядер к максимальному).

Для рассчета параметров паренхимы нами реализован другой алгоритм, состоящий из следующих шагов:

1. Исходное изображение RGB разбивается на стек из трех изображений, в каждом из которых красный, зеленый или синий цвет.
2. На рисунке 2 на зеленом слое изображения ядра выделяются порогом «IJ_IsoData», подобранным эмпирическим путем.

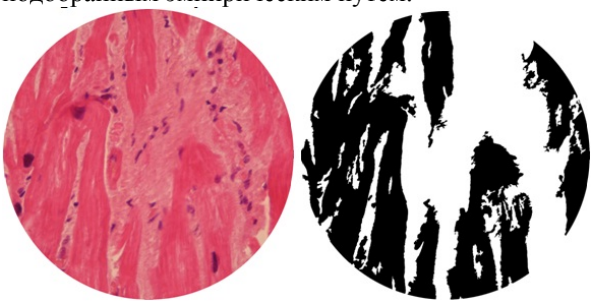


Рис. 2. Результат поиска паренхимы на микрофотографии миокарда.

3. После этого программа очищает изображение от выделений площадью менее 1500 пискелей (при одинаковом разрешении изображений, используемых в нашем исследовании), что позволяет избавиться от части ложно положительных и ложноотрицательных выделений.
4. Далее программа отображает таблицу результатов, в которой отображены площадь изображения и площадь выделения, что является достаточным для расчета удельной площади паренхимы, как соотношение площади паренхимы к площади всего изображения.

Порог IsoData позволяет наиболее четко определять границы изучаемых областей. Он был разработан в 1978 году Ridler TW, Calvard S., основан на итерационных процедурах, и реализован в программе ImageJ профессором из Бирмингемского университета Габриелем Ландини (Gabriel Landini) как порог IJ_IsoData.

Данный порог разделяет изображение на объекты и фон, находит в них средние значения пикселей. Потом происходят итерации, во время которых вычисляются минимальные и максимальные значения яркости пикселей.

То есть, пороговое значение вычисляется как (среднее значение пикселей фона + среднее значение пикселей объектов) / 2.

На практике этот метод позволяет наиболее точно выделять как ядра кардиомиоцитов, так и паренхиму на микрофотографиях миокарда.

В настоящее время разрабатывается программный комплекс, на языке программирования Java, в котором будут объединены все реализованные плагины, а также разрабатываются алгоритмы поиска трофического индекса, зоны перикапиллярной диффузии и индекса Керногана.

Разработка такого комплекса будет способствовать более точному прогнозу ремоделирования ЛЖ, а также ускорению проведения морфометрических исследований миокарда ЛЖ.

Кроме того, этот программный комплекс позволит объективизировать проводимые научные исследования при морфометрии миокарда. Проанализированные при его помощи изображения, в отличие от ручного анализа, будут иметь минимальную случайную погрешность.

В дальнейшем планируется на выборке из гистологических препаратов кардиомиоцитов 30 пациентов с кардиомиопатией изучить возможность использования комплекса параметров, получаемых в результате автоматизированного исследования, для предсказания повторного ремоделирования ЛЖ у конкретного пациента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Беленков Ю.Н. Эпидемиологические исследования сердечной недостаточности: состояние вопроса / Ю.Н. Беленков, В.Ю. Мареев, Ф.Т. Агеев // Журнал сердечная недостаточность - 2002. - № 2. - С. 57-58.
2. Шипулин В.М., Козлов Б.Н., Кривощеков Е.В. и др. Морфофункциональная характеристика миокарда пациентов с постинфарктным ремоделированием как возможная причина неблагоприятных результатов оперативного лечения // Грудная и сердечнососудистая хирургия. – 2009. – №5. –С. 37–41.
3. Шипулин В.М., Казаков В.А., Суходоло И.В., Кривощеков Е.В. и др. Патент № 2310372 «Способ прогнозирования послеоперационного ремоделирования сердца у больных ишемической кардиомиопатией». - Томск. - 2007.
4. Current perspectives of partial left ventriculectomy in the treatment of dilated cardiomyopathy / L.F. Moreira, N.A. Stolf, M.L. Higuchi et al. // Eur J Cardio-thorac. Surg. – 2001. – Vol. 19. – P. 54-60
Официальный сайт программы ImageJ в России [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.ImageJ.ru/.

СЕКЦИЯ 6

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТИТАНА ВТ1-0 ПО ОТНОШЕНИЮ К ВОДОРОДУ

Кретова О.М.
Научный руководитель: Панин А.В., д. ф.-м. н.
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: oksikom@bk.ru

Введение

В последние годы интенсивно развиваются и успешно внедряются в промышленное производство технологии упрочнения поверхности путем обработки концентрированными потоками энергии (электронные и ионные пучки, лазерное излучение и потоки плазмы). Подобная модификация поверхности позволяет существенно повысить износостойкость, коррозионную стойкость, динамическую прочность изделий, уменьшить коэффициент трения, и т.д.

Одним из наиболее перспективных применений электронно-пучковой обработки является модификация свойств титана и его сплавов, используемых в качестве элементов ГТД (лопаток компрессора и турбины), биомедицине, автомобилестроении и др. Поскольку они эксплуатируются в водородосодержащей среде, то необходимо знать, каким образом обработка электронными пучками будет влиять на растворимость водорода при их эксплуатации. В данной работе представлены результаты исследования влияния обработки электронными пучками на сорбционную способность технического титана ВТ1-0 по отношению к водороду.

Материалы и методика исследования

В качестве материала для исследований был выбран технически чистый титан ВТ1-0 (состав вес. %: 0,18 Fe; 0,1 Si; 0,07 C; 0,12 O; 0,01 H; 0,04 N).

Облучение электронным пучком проводили на электронно-пучковой установке «SOLO» (ИСЭ СО РАН) с двух сторон образца тремя импульсами с длительностью по 50 мкс. Плотность энергии W=18 Дж/см^2.

Насыщение водородом проводили в установке Сивертса Gas Reaction Controller при давлении 0,6 и 2 атм, температурах 300 – 600 °С в течение 30-180 минут. Измерение концентрации водорода в образцах технического титана ВТ1-0 до и после наводороживания выполняли с помощью газоанализатора водорода RHEN 602.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) образцов выполнялся на дифрактометре ДРОН-7 в Со K_α-излучении.

Дефектную субструктуру и фазовый состав исследуемых образцов определяли методами дифракционной электронной микроскопии тонких фольг на просвечивающих электронных микроскопах (ПЭМ) ЭМ-125К и JEM-2100.

Результаты эксперимента

Методом термогазовыделения установлено, что количество поглощенного водорода в исходных отожженных образцах технического титана ВТ1-0 не превышает 28 ppm (Таблица 1). Кратковременное (30 минут) наводороживание при относительно низком (0,6 атм) давлении водорода в вакуумной камере и невысокой (300 °С) температуре приводит к трехкратному (92 ppm) увеличению содержания водорода. При увеличении температуры до 650°С содержание водорода в образце ВТ1-0 возрастает более существенно (в 20 раз превышает исходное значение).

Таблица 1 – Концентрация водорода в образцах ВТ1-0, подвергнутых наводороживанию и обработке электронным (18 Дж/см^2)

	Концентрация водорода, ppm	
Режим водородной обработки	До пучковой обработки	После пучковой обработки
без обработки	28	4
при 300°С, 30 мин, 0,6 атм.	92	165
при 650°С, 30 мин, 0,6 атм.	610	2340
при 550°С, 180 мин, 2 атм.	3500	3620
при 600°С, 180 мин, 2 атм.	9640	9340

Давление и время наводороживания также оказывают значительное влияние на количество водорода, поглощенного в образце ВТ1-0. Максимальное количество поглощенного водорода (9640 ppm) достигается после наводороживания при давлении 2 атм. и температуре 600°С в течение 180 минут.

Структурные исследования, выполненные с помощью РСА и ПЭМ, показали, что при малых дозах насыщения водородом, он предпочтительно располагается в твердом растворе. Растворенный в образце водород приводит к существенному искажению кристаллической решетки, которое подтверждается как изменением соотношения параметров кристаллической решетки c/a, так и наличием изгибных контуров на электронно-микроскопических изображениях (рис. 2 и рис. 3, а). При концентрации водорода выше 165 ppm в

образцах технического титана ВТ1-0 наблюдаются пластины δ-гидрида, имеющего гранецентрированную кубическую решетку (рис. 3, б).

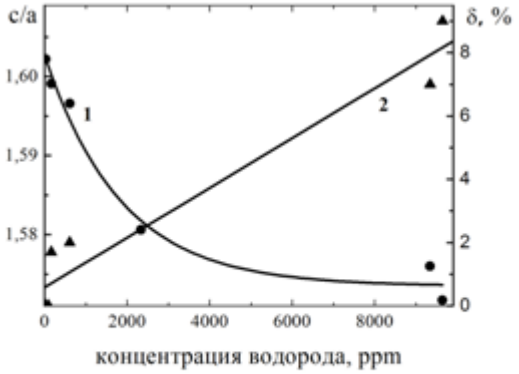


Рис. 2. Графики зависимости значения параметров решетки c/a (1) и объемной доли гидрида (2) от концентрации водорода

С увеличением концентрации водорода наблюдается уменьшение соотношения параметров кристаллической решетки c/a и увеличение объемной доли гидридной фазы (рис. 2).

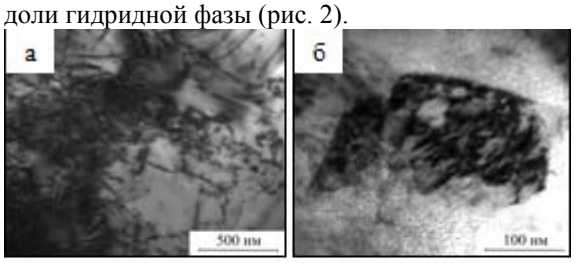


Рис. 3. ПЭМ-изображения структуры поверхностного слоя титана ВТ1-0 после водородного насыщения в течение 30 мин при давлении 0,6 атм. и температурах 650 °С (а), а также в течение 180 мин при давлении 2 атм. и температуре 600 °С (б)

Электронно-микроскопические исследования показали, что в процессе электронно-пучковой обработки происходит существенное изменение структуры поверхностного слоя технического титана ВТ1-0. В исходном состоянии ВТ1-0 представляет из себя поликристалл на основе α-фазы; размеры зерен составляют десятки микрометров (рис. 1, б). Плотность дислокаций внутри зерен достаточно велика и достигает $\rho \sim (6\div7)\times10^9$ см$^{-2}$.

При обработке технического титана электронным пучком с плотностью энергии 18 Дж/см^2 в поверхностных зернах происходит $\beta\rightarrow\alpha'\rightarrow\alpha$ превращение по бездиффузионному мартенситному механизму, обуславливая формирование пластин α-фазы°(рис. 1, г). Между пластинами α-фазы наблюдается в основном малоугловая разориентация (2÷4°).

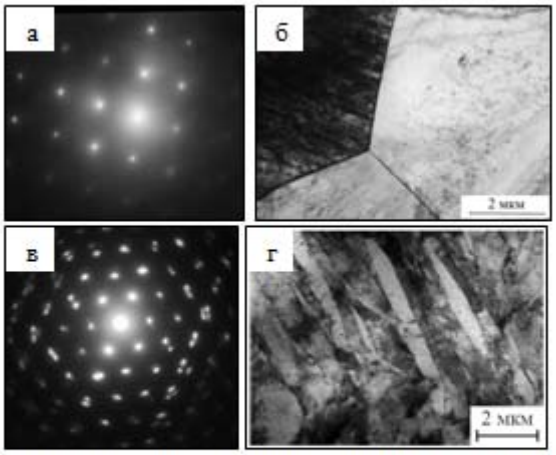


Рис. 1. Электронограммы и ПЭМ-изображения структуры поверхностного слоя титана ВТ1-0 до (а, б) и после облучения электронным пучком с плотностью энергии 18 Дж/см^2 (в, г)

Обработка электронным пучком с плотностью энергии 18 Дж/см^2 приводит к существенному снижению количества водорода в техническом титане ВТ1-0 (Таблица 1). Одновременно возрастает его сорбционная способность по отношению к водороду. Даже наводороживание при давлении 0,6 атм. и температуре 300°С приводит к увеличению содержания водорода в облученных образцах ВТ1-0 более чем в 40 раз. Гораздо больший эффект наблюдается при температуре наводороживания 650 °С: после предварительной обработки электронным пучком содержание водорода в образцах ВТ1-0 увеличивается в ~580 раз, в то время, как в необработанном материале лишь в 20 раз. Однако при более интенсивном наводораживании (в течение 180 мин при давлении 2 атм. и температурах 550 и 600 °С) конечная концентрация водорода в исходном и наноструктурированном материале становится одинаковой.

Заключение

Установлено, что в процессе наводораживания из газовой фазы водород интенсивно проникает в образцы технического титана ВТ1-0 с образованием твердого раствора внедрения и δ-гидрида. С ростом концентрации водорода в наводороженных образцах объемная доля твердого раствора и гидридной фазы увеличивается.

Обработка электронным пучком образцов ВТ1-0 приводит к формированию в тонком поверхностном слое пластинчатой α-фазы. В процессе наводораживания при давлении 0,6 атм. подобное изменение структуры поверхностного слоя приводят к существенному увеличению растворимости водорода в образцах титана. При увеличении интенсивности наводораживания концентрация растворенного водорода не зависит от структуры поверхностного слоя.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА В МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Александрова Л.С., Коломеец М.А.
Научные руководители: Тубалов Н.П., д.т.н., профессор. Яковлев В.И., к.т.н., доцент
АлтГТУ им. Ползунова, 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: milka.alexa@inbox.ru

Механохимический метод является эффективным не только для получения высокодисперсных неорганических керамических порошков, но и используется для получения композиционных наноструктурированных СВС-материалов [1-4].

В процессе механоактивации происходит уменьшение размеров компонента и увеличение контактной поверхности, накопленная энергия в кристаллах в виде дефектов позволяет снизить энергию последующего химического превращения вещества, что может оказывать влияние на основные параметры процесса индукционного нагрева: температуру и время начала реагирования компонентов, температуру инициирования процесса и скорость реакции. Таким образом предварительная механоактивация может являться эффективным средством для регулирования механизмов фазо- и структурообразования в процессе синтеза методом индукционного нагрева. Однако, влияние механоактивации на индукционный нагрев мало изучено и представляет научный интерес.

Целью данной работы является разработка экспериментального комплекса на основе индукционного нагревателя для проведения исследований по изучению динамики процессов синтеза в механоактивированых системах, адаптированный к методу динамической дифрактометрии синхротронного излучения.

Методика проведения эксперимента

В эксперименте в качестве исследуемых материалов использовались порошки титана со средним размером частиц ПТХ 80± 10 мкм и порошки алюминия АСД - 1 со средним размером 12 мкм. Механическую активацию исходных реакционных смесей Ti-Al, проводили в планетарной шаровой мельнице АГО–2 с водяным охлаждением. Центробежное ускорение шаров 400м с-2 (40 g). Время механоактивации варьировалось в интервале 1-5 мин. Для предотвращения окисления во время МА барабаны с образцами вакуумировались и затем заполнялись аргоном до давления 0,3 МПа. После МА образцы выгружались из барабанов в боксе с аргоновой атмосферой.

После механоактивации продукт анализировался на содержание примесей, загрязнений и наличие соединений. Так же определялся гранулометрический состав. Для проведения гранулометрического анализа использовали цифровую камеру и медицинский микроскоп. Анализ цифровых снимков порошковых проб проводили с помощью программного пакета ВИДЕОТЕСТ. В результате установлено, что средний размер механоактивированных частиц титана составлял 60±12 мкм, средний размер механоактивированных частиц алюминия – 9 мкм.

Далее механоактивированная смесь состава Ti-Al помещается в тигель (d=20мм, h=22 мм.) После чего тигель с прессованным порошком и термопарой ставится в индуктор, находящийся в камере. Закрываем герметично камеру и создаем вакуум -1 атм.

После нагрева до критической температуры порошковой механоактивированной смеси в условиях вакуумирования в тигле под колпаком происходит реакция синтеза интерметаллида TiAl.

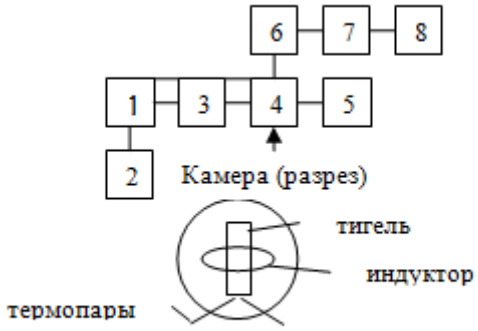


Рис.1. Схема экспериментального комплекса индукционного нагрева
1-блок инвертора СВЧ-6А, 2 – пульт включения индуктора, 3- индукционная катушка с активным металлическим тиглем, 4 – вакуумный колпак, 5 – вакуумный насос, 6 – специальный фильтр нормирования сигнала термопар , 7- многоканальная плата сбора и обработки данных ЛА 1,5PCI, 8 – ЭВМ

Экспериментальный комплекс нагрева создан на основе сверхвысокочастотного индукционного нагревателя СВЧ- 6А (ООО «Мосиндуктор») представляет собой индукционную систему инверторного типа с частотой 500 КГц – 1 МГц, мощностью до 6 КВт с активным лабораторным металлическим тиглем в который помещается механоактивированная смесь.

Для контроля температуры применяли термопару типа ВР-5/20 с диаметром провода 100 мкм. и плату сбора и обработки данных с ПК IBM типа ЛА 2,0 PCI, к которой подключалась термопара

Экспериментальные результаты представлены на рис. 2-4.

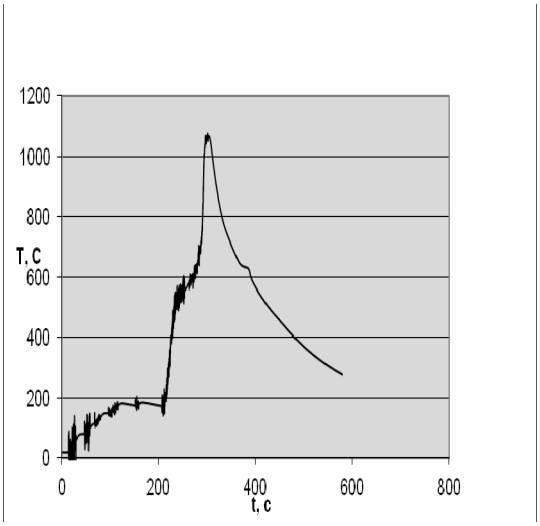


Рис.2. Термограмма синтеза активированной в течение 1 минуты смеси состава Ti +Al.

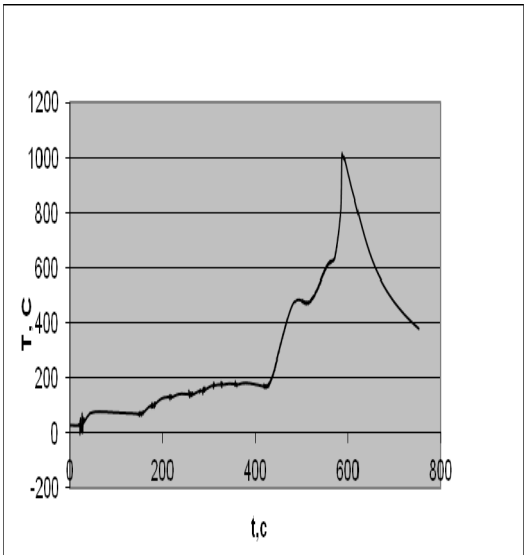


Рис.3. Термограмма синтеза активированной в течение 3 минут смеси Ti +Al.

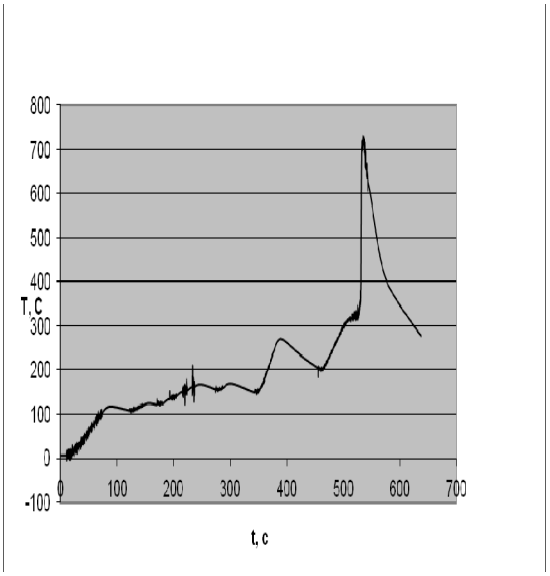


Рис.4. Термограмма синтеза активированной в течение 5 минут смеси состава Ti +Al

ВЫВОДЫ:

Проведенные исследования позволяют сделать следующие заключения: увеличение времени предварительной механоактивации при синтезе смеси состава Ti +Al методом индукционного нагрева приводит к уменьшению времени и температуры начала реагирования компонентов, увеличению скорости горения и снижению температуры начала инициирования синтеза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Болдырев В.В. Механохимия и механическая активация твердых тел.- Успехи химии, 2006, Т. 75, № 3, С.203-216.

2. Ляхов Н.З., Талако Т.Л., Григорьева Т.Ф. Влияние механоактивации на процессы фазо- и структурообразования при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе.- Новосибирск: Параллель, 2008.- 168 с.

3. Григорьева Т.Ф., Баринова А.П., Ляхов Н.З. Механохимический синтез в металлических системах / Отв. Ред. Е.Г. Аввакумов. Рос. акад. Наук, Сиб. отд-ние, Институт химии твердого тела и механохимии.- Новосибирск: Параллель, 2008. 311 с.

4. Слухоцкий А. Е. Индукторы. -Л.: Машиностроение, 1989. С. 69.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВА КЕРАМИК, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ГРУБОДИСПЕРСНЫХ И ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ОКСИДНЫХ ПОРОШКОВ

Асташова Т. А.
Научный руководитель: Козлова А.В., аспирантка ТГУ
Томский государственный университет, 634050,г.Томск, пр.Ленина, 36
E-mail: AstashovaTanyaA@yandex.ru

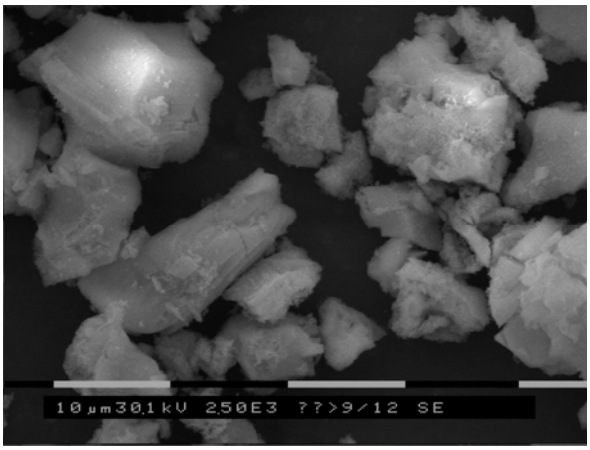
Все методы синтеза дисперсных материалов можно разделить на две группы: физические и химические. К физическим относятся механическое измельчение, распыление, конденсация из паровой фазы в вакууме или при пониженном давлении инертного газа и др. К химическим методам относят электрическое диспергирование с образованием коллоидов при электрическом разряде в жидкости, метод восстановления, разложения и пр. Используются комбинированные методы, при которых физическое испарение сопровождается химическими реакциями между материалом и окружающим газом на стадии расширения и конденсации. Таким образом, уже на стадии синтеза порошков закладываются фазовый состав и структура, определяющие эксплуатационные и физические свойства материалов, получаемых из порошковых систем [1].

В керамиках на основе грубодисперсных и высокодисперсных порошков ZrO_2 активное спекание высокодисперсного порошка приводит к упрочнению керамики, в то время как наличие межчастичной пористости в крупнокристаллическом порошке способствует образованию развитого порового пространства.

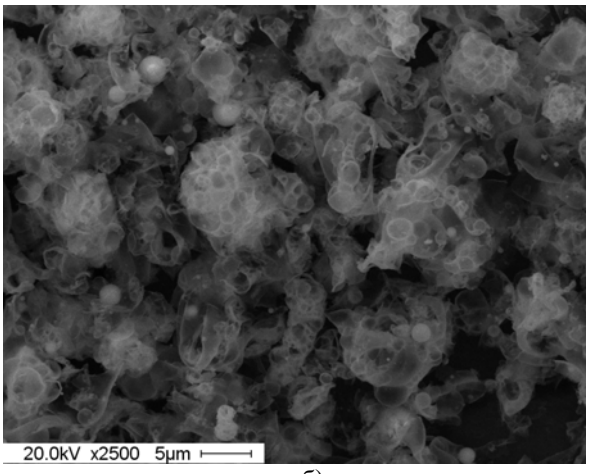
Цель данной работы – синтез, анализ структуры и свойств пористой керамики, получаемой из порошковых смесей бифракционного состава.

Для получения керамических материалов в работе использовались порошки твёрдых растворов на основе ZrO_2 разного гранулометрического состава, полученные двумя химическими методами: методом химического осаждения ($ZrO_2(Y_2O_3)$) и разложением жидкофазных прекурсоров в плазме высокочастотного разряда ($ZrO_2(MgO)$). Смеси порошков с содержанием высокодисперсного порошка 20, 40, 60, 80 объемных % готовились в режиме сухого смешивания в течение 1 часа в барабанной мельнице с мелющими телами из высокоплотной алюмооксидной керамики. Керамические материалы получены прессованием и последующим спеканием в интервале гомологических температур α [0.57-0.65] с изотермической выдержкой в течение часа. Механические испытания проводились по схеме диаметрального сжатия при постоянной скорости нагружения.

При исследованиях посредством электронной микроскопии порошка ZrO_2, полученного химическим осаждением, наблюдались плотные поликристаллические агрегаты осколочной формы, рисунок 1(а). Порошок ZrO_2, полученный разложением солей в плазме высокочастотного разряда, состоял из рыхлых агрегатов, сформированных сферическими частицами и частицами, не имеющими регулярной формы, а также из сферических частиц непрозрачных для электронного пучка, рисунок 1(б).



а)



б)

Рис.1. Порошки диоксида циркония, полученные: а) химическим осаждением; б) разложением жидкофазных прекурсоров в плазме высокочастотного разряда

Средний размер частиц порошка, полученного низкоэнергетическим методом химического осаждения, составил 12 мкм, а порошка, полученного разложением жидкофазных прекурсоров, - 0.8 мкм.

Исследования поровой структуры керамических материалов с разной долей высокодисперсной фракции, спеченных в интервале гомологиче-

ских температур 0.57-0.65 показали, что практически для всех составов зависимости претерпевают излом при температуре 0.6. В случае материалов с преимущественной высокодисперсной фазой наблюдается сохранение постоянного объема порового пространства и прочности материалов, что делает возможным спекание исследуемых материалов при более низкой температуре (0.6 вместо 0.65) без значительной потери свойств, рисунок 2.

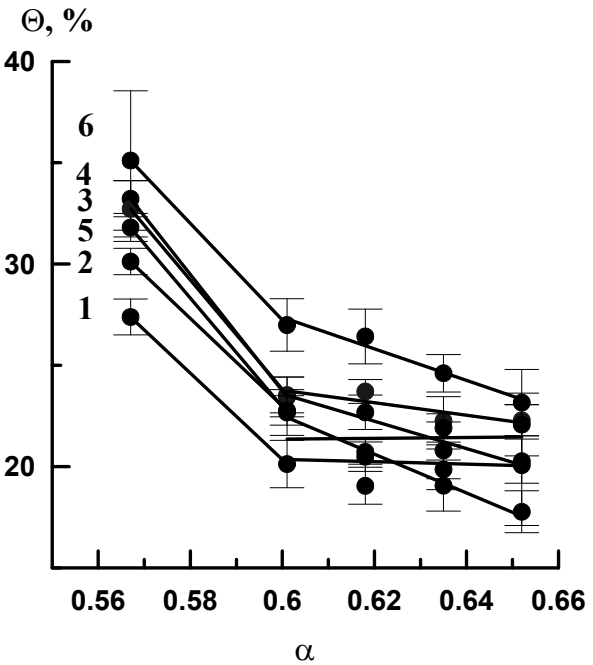


Рис.2. Зависимость пористости спеченных керамических материалов от температуры спекания для составов: 1 – $ZrO_2(MgO)$; 2 – 80% $ZrO_2(MgO)$ + 20% $ZrO_2(Y_2O_3)$; 3 – 60% $ZrO_2(MgO)$ + 40% $ZrO_2(Y_2O_3)$; 4 – 40% $ZrO_2(MgO)$ + 60% $ZrO_2(Y_2O_3)$; 5 – 20% $ZrO_2(MgO)$ + 80% $ZrO_2(Y_2O_3)$;6 – $ZrO_2(Y_2O_3)$

На рисунке 3 представлены зависимости прочности материалов, полученных из порошков бифракционного состава, от температуры спекания.

Предел прочности при диаметральном сжатии полученных керамик возрастали при увеличении доли высокодисперсной фазы в порошковых смесях для всех температур спекания. При минимальной гомологической температуре спекания 0,57 прочность материалов была практически одинаковой (около 20 МПа). С повышением температуры спекания для всех составов, содержащих высокодисперсную фракцию, наблюдался рост прочности. В интервале температур 0.6-0.65 прочность керамики на основе высокодисперсного порошка сохранялась постоянной из-за высокой активности к спеканию высокодисперсных порошков и, как следствие, образования прочного каркаса при низких температурах. В материалах на основе грубодисперсного ZrO_2 при максимальной температуре спекания (0,65) наблюдалось снижение прочности, что может быть результатом рекристаллизационного процесса при спекании материалов из грубодисперсных порошков.

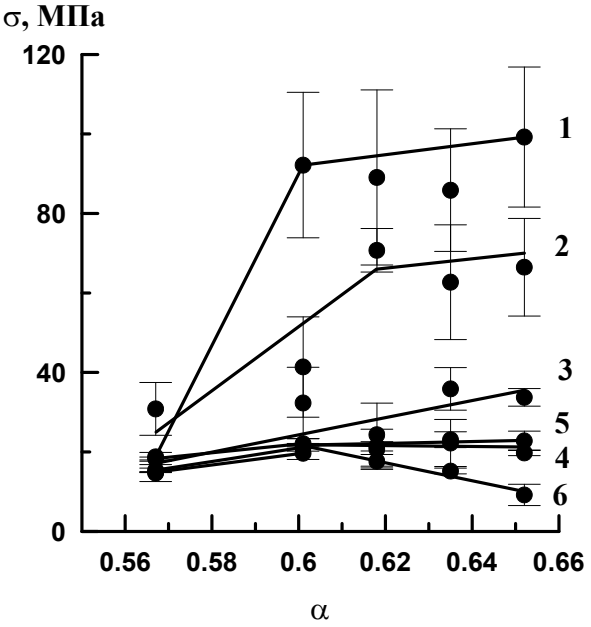


Рис.3. Зависимость прочности спеченных керамических материалов от температуры спекания для составов: 1 – $ZrO_2(MgO)$; 2 – 80% $ZrO_2(MgO)$ + 20% $ZrO_2(Y_2O_3)$; 3 – 60% $ZrO_2(MgO)$ + 40% $ZrO_2(Y_2O_3)$; 4 – 40% $ZrO_2(MgO)$ + 60% $ZrO_2(Y_2O_3)$; 5 – 20% $ZrO_2(MgO)$ + 80% $ZrO_2(Y_2O_3)$;6 – $ZrO_2(Y_2O_3)$

При одинаковом объёме порового пространства в керамиках, полученных из грубодисперсного и высокодисперсного порошков, имела место разница в характере пористой структур. Так в керамике, полученной из грубодисперсного порошка ZrO_2 пористость представлена, по большей мере, сообщающимися поровыми кластерами. В керамике, полученной из высокодисперсного порошка ZrO_2, преобладали изолированные поры.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Грантов Минобрнауки России № 14.740.11.1169

ЛИТЕРАТУРА:

1. Красулин Ю.Л. Пористая конструкционная керамика. М.: «Металлургия», 1980 г., 100 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Бабаев А. С., Петров В. С.
Научный руководитель: Егоров Ю. П., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: temkams@mail.ru

Инструментальные стали представляют собой широкую группу легированных сталей, в которых повышенные физико-механические свойства проявляются благодаря термической обработке [1]. В настоящей статье рассмотрены стали предназначенные для изготовления режущих инструментов. Цель исследовательской работы заключается в изучении структуры и физико-механических свойств инструментальных сталей марок У7, У12, 9ХС, Х12, Р18 и *DIN* 1.2360. Последняя сталь используется для производства деревообрабатывающего инструмента.

Работа была выполнена в рамках дисциплины «Специальный курс материаловедения» по магистерской программе «Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении».

Методика проведения работы

Определение химического состава

Содержание легирующих элементов и углерода в сталях определяли на оптико-эмиссионном анализаторе *PMI Master UVR* компании *Worldwide Analytical Systems AG* (Великобритания) с точностью 0,01% (мас.) в соответствии с ГОСТ 18895-97 «Сталь. Метод фотоэлектрического спектрального анализа».

Термическая обработка

Нагрев под закалку и отпуск проводили в камерных электрических печах.

Металлографический анализ

Для проведения микроанализа на образцах готовились металлографические шлифы поэтапным шлифованием на абразивном круге и шлифовальных шкурках с различным размером зерна абразива. Окончательную полировку проводили на сукне с применением водной суспензии окиси хрома. Выявляли структуру травлением 4% раствором HNO_3 в этиловом спирте.

Анализ структуры выполняли с помощью исследовательского оптического микроскопа *AxioObserver A1.m* фирмы *Carl Zeiss* (Германия) в программном продукте *AxioVision v.4.6*.

Определение твёрдости

В исходном (отожжённом) состоянии твёрдость оценивали по методу Бринелля (*HB)*, а после закалки и отпуска - по методу Роквелла (*HRC)*.

Исследовательская часть

Химический состав и твёрдость образцов в отожжённом состоянии приведёны в табл. 1. и 2.

Таблица 1

Химический состав инструментальных сталей

Сталь	*C*	*Cr*	*Mo*	*W*	*Si*
	% (мас.)				
9ХС	0.89	1.06	0.12	0.06	1.43
У7	0.65	0.09	-	-	0.25
У12	1.17	0.12	-	-	0.23
Х12	2.16	12.45	-	-	0.23
Р18	0.74	3.94	0.63	17.63	-
DIN 1.2360	0.52	7.32	1.51	-	1.25

Примечание. Во всех сталях 0.20…0.40% *Mn*; <0.2% *V*; ≤0.03% *S*и *P*.

Таблица 2

Твёрдость инструментальных сталей в исходном состоянии

Инструментальная сталь	Твёрдость *HB*
9ХС	240
У7	176
У12	165
Х12	255
Р18	265
DIN 1.2360	193

Исследование микроструктуры инструментальных сталей в исходном состоянии (рис. 1) показало, что в высоколегированных сталях (содержание легированных элементов>10%) после травления наблюдаются мелкодисперсные карбиды M_6C. Максимальные поперечные размеры карбидов составляют ≈ 20 мкм. Структура в малолегированных (9ХС и *DIN* 1.2360) и углеродистых (У7 и У12) сталях - перлит и карбиды.

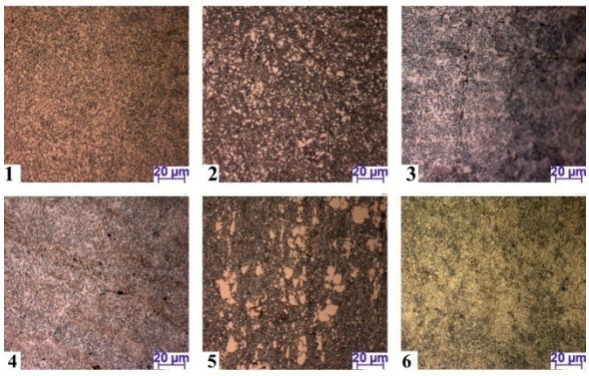


Рис. 1. Микроструктуры (х500) инструментальных сталей в отожжённом состоянии: 1 – 9ХС; 2 – Р18; 3 – У7; 4 – У12; 5 – Х12;6 – *DIN* 1.2360После отжига образцы подвергали закалке. Температура

нагрева под закалку сталей (табл. 3) равна температуре а) для доэвектоидных (У7) сталей на 30…50˚*С*выше точки Ac_3; б) для заэвтектоидных (9ХС и У12) температура на 30…50˚*С* выше точки Ac_1; в) для высоколегированных сталей (Х12, Р18, *DIN* 1.2360) температура значительно выше точки Ac_3 из-за наличия легированных карбидов.

В закаленных сталях (рис. 2) присутствуют: мартенсит (выявляется плохо) и первичные карбиды.

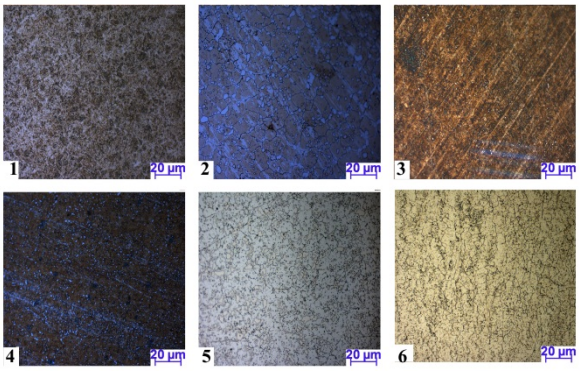


Рис. 2. Микроструктуры (х500) инструментальных сталей после закалки: 1 – 9ХС; 2 – Р18; 3 – У7; 4 – У12; 5 – Х12; 6 – *DIN* 1.2360

Время нагрева под закалку рассчитывали по формуле А. А. Бочвара: $\tau_{выдерж}=k\cdot d$, где d - диаметр образца, мм; k - коэффициент, зависящий от типа образца и его расположение в печи. Для цилиндрического образца расположенного в центре печи при k=0.4 время составляет $\tau_{выдерж}$=6мин.

Таблица 3

Твёрдость инструментальных сталей после закалки

Инструментальная сталь (охлаждающая среда)	Температура закалки,˚*С*	Твёрдость *HRC*
9ХС (масло)	850±10˚*С*	62
У7 (вода)	820±10˚*С*	58
У12 (вода)	810±10˚*С*	62
Х12 (масло)	960±10˚*С*	64
Р18 (масло)	1260±10˚*С*	65
DIN 1.2360 (масло)	1035±10˚*С*	62

После закалки образцы с целью получения требуемых свойств подвергали отпуску [2]. Время выдержки при отпуске составляло 60мин, охлаждение производили на воздухе (табл. 4).

Микроструктура таких образцов–мартенсит отпуска, остаточный аустенит и карбиды. Большое количество избыточной карбидной фазы присутствует в сталях Р18 и Х12 (рис. 3).

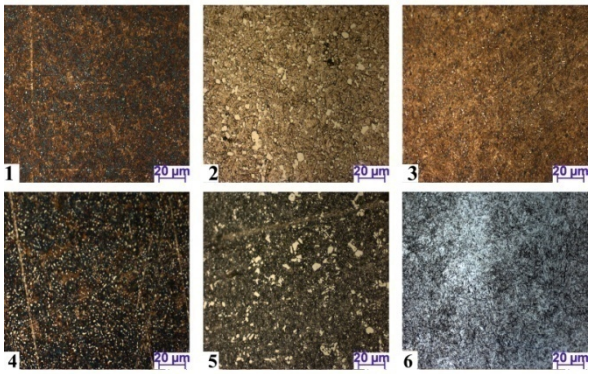


Рис. 3. Микроструктуры (х500) инструментальных сталей после отпуска: 1 – 9ХС; 2 – Р18; 3 – У7; 4 – У12; 5 – Х12; 6 – *DIN* 1.2360

В стали Р18 структура представляет скрытокристаллический мартенсит, который отчётливо наблюдаетсятолько после третьего отпуска, небольшое количество остаточного аустенита, вторичные и первичные карбиды.

Таблица 4

Твёрдость инструментальных сталей после отпуска

Инструментальная сталь	Температура отпуска, ˚*С*	Твёрдость *HRC*
9ХС	170±10˚*С*	62
У7	240±10˚*С*	56
У12	190±10˚*С*	62
Х12	200±10˚*С*	62
Р18	560±10˚*С*	65
DIN 1.2360	500±10˚*С*	60

Выводы:

1. Закреплены практические навыки по проведению термической обработки инструментальных сталей и металлографическому анализу их структуры;
2. Приобретены практические навыки по работе на современном исследовательском оборудовании (микроскоп *AxioObserver A1.m,* анализатор *PMI Master UVR*).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Геллер Ю. А. Инструментальные стали. 5-е изд. М.: Металлургия, 1983. 527 с.
2. Гуляев А. П., Гуляев А. А Металловедение: Учебник для вузов. 7-е изд., перераб. и доп. М.: ИД Альянс, 2011. – 644 с.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КОРУНДА И ТРИАЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Байкина Л.К., Полубояров В.А, Горбунов Ф.К.
Научный руководитель: Полубояров В.А, д.х.н., профессор
Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, 630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18
E-mail: liliya_baikina@mail.ru

Введение

В настоящее время наблюдается рост востребованности искусственных композиционных материалов, применяемых для изготовления изделий различного назначения, в частности предметов домашнего обихода. Одними из видов таких материалов являются биокомпозиты на основе биополимерной матрицы и керамического наполнителя. Такие биокомпозиты обладают хорошими механическими свойствами, электроизоляционными качествами, способностью принимать любую форму в процессе переработки.

В данной работе приводятся результаты исследований по разработке новых биокерамических композитов на основе связующего триацетата целлюлозы и керамических частиц корунда, а также исследованы их физико-механические характеристики в зависимости от степени наполнения. Актуальность создания полимерных композиционных материалов на основе применяемых компонентов обусловлена тем, что они являются химически инертными (нетоксичными), экологически безопасными. Кроме того, данные компоненты – это доступные, дешевые материалы, а сама технология получения такой биокерамики является материало- и ресурсосберегающей, малостадийной, не требующей больших энерго- и трудоемких затрат.

Экспериментальная часть

Для проведения экспериментальных исследований был разработан способ получения биокерамических композитов на основе связующего триацетата целлюлозы и керамического наполнителя. Данный способ состоит в следующем: сначала получают раствор полимера, для этого триацетат целлюлозы помещают в стеклянный бюкс и смачивают ацетоном. Полученную смесь выдерживают в закрытом бюксе в течение 4 часов при температуре 40 °С, переодически перемешивая; затем добавляют порошок наполнителя. В работе в качестве наполнителя был использован корунд с размером частиц 5 мкм и 0,4 мкм. Далее полученную смесь перемешивают до состояния гомогенизациии и высушивают до образования густой тестообразной консистенции. Для получения рабочего образца полученную массу укладывали в цилиндрическую пресс-форму и спрессовывали при комнатной температуре на прессе лабораторном гидравлическом ПЛГ-20. Давление прессования составляло P = 100 МПа.

Для исследования влияния концентрации введенного керамического наполнителя на свойства композитов были получены образцы с различным содержанием (90…99 масс. %) в них наполнителя.

Полученные образцы были исследованы на ряд физико-механических показателей, таких как плотность, прочность на сжатие, водопоглощение. Все испытания проведены после нормализации образцов при температуре (120 ± 5) °С в течение 3 часов и последующего конденсирования в эксикаторе до температуры окружающей среды.

Для определения плотности биокерамических композитов был использован метод гидростатического взвешивания (ГОСТ 24409-80) [1]. Для проведения испытания применялись лабораторные весы ВЛР-200 по ГОСТ 24104-88 2-го класса точности с приспособлением для гидростатического взвешивания. При проведении испытаний для определения предела прочности при сжатии был использован пресс лабораторный гидравлический ПЛГ-20.Водопоглощение определялось по ГОСТ 24409-80 [1].

Результаты и их обсуждение

Получены экспериментальные зависимости плотности (ρ) (рис. 1) и предела прочности при сжатии (σ) (рис. 2) биокерамических образцов от содержания наполнителя (w) различного размера частиц.

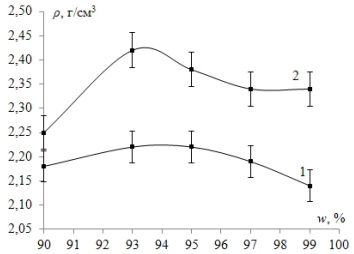


Рис. 1. Зависимость плотности биокерамических композитов от степени наполнения корундом (1 – d = 5 мкм; 2 – d = 0,4 мкм)

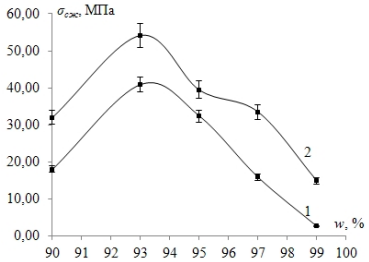


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии биокерамических композитов от степени наполнения корундом (1 – d = 5 мкм; 2 – d = 0,4 мкм)

Из графиков видно, что уменьшение размера частиц наполнителя приводит к увеличению плотности и прочности композитов независимо от его концентрации.

Механизм формирования полимеркерамических систем обусловлен адгезией полимеров к керамическим частицам и сводится к образованию физических (адсорбционных) и химических связей между поверхностями наполнителя и полимера [2]. Керамические частицы меньшего размера обладают более высокой удельной поверхностью, и как следствие, большей поверхностной энергией, именно поэтому они лучше адсорбируют полимер триацетата целлюлозы. Помимо адсорбционных связей частицы корунда, благодаря наличию поверхностных ионных группировок (катионов водорода и гидроксо-групп) [3], способны образовывать водородные связи с ацетатными группировками полимера. Количество таких связей с частицами меньшего размера, естественно, больше вследствии наличия большей удельной поверхности. Оба эти фактора и приводят к тому, что уменьшение размера частиц наполнителя приводит к упрочнению биокерамических композитов за счет образования более плотного непрерывного армирующего каркаса [4].

Кроме того наблюдается экстремальная зависимость плотности и прочности от степени наполнения полимера, характеризующаяся наличием концентрационного оптимума при w = 93 % наполнителя. Биокерамические композиты данной степени наполнения обладают максимальной плотностью $\rho = (2{,}42 \pm 0{,}04)$ г/см^{3}и прочностью при сжатии $\sigma = (54{,}0 \pm 3{,}2)$ МПа по сравнению с остальными. Данная концентрация корунда рассматривается как предел насыщения макромолекулами адсорбционных центров на поверхности наполнителя. Структурирование композита происходит в результате взаимодействия с полимером частиц наполнителя, которые являются в формируемой композиции узлами возникающей пространственной сетки [4]. При этом наполнителя должно быть достаточно, чтобы его хватило для образования сплошной сетки, таким образом определяется максимальное и достаточное количество наполнителя. При недостатке наполнителя может не образоваться сплошной сетки и не будет достигнут желаемый эффект усиления прочностных характеристик композита. При избыточном количестве наполнителя может не получиться полного его смачивания полимером, а каркасная сетка композита получается более рыхлая, вследствии отсутствия полимерной связки между керамическими частицами, что также ведет к уменьшению его плотности и прочности.

Кроме того образцы были протестированы на водопоглотительную способность. Полное насыщение влагой биокерамических образцов происходит за двое суток. Водопоглощение биокерамических композитов предельно насыщенных (w = 93 %) корундом со средним размером частиц d = 5 мкм составляет ~ 5 %, корундом со средним размером частиц d = 0,4 мкм – ~ 3,5 %.

Сравнивая полученные данные можно выявить корреляцию между плотностью, прочностью при сжатии и водопоглотительной способностью композитов. Биокерамические композиты наполненные на 93 % корундом с размером частиц d = 0,4 мкм обладают максимальной плотностью, прочностью при сжатии и практически минимальным водопоглощением. Таким образом, меняя размер наполнителя и, соответственно, структуру композиционного материала, можно получать изделия с заданными свойствами.

Выводы

1. Разработана методика получения биокерамического композита на основе связующего триацетата целлюлозы и керамических частиц корунда.
2. Установлено, что уменьшение размера частиц наполнителя приводит к увеличению плотности и прочности полученных композитов.
3. Показано существование концентрационного оптимума наполнителя, при котором биокерамические образцы обладают максимальными прочностными характеристиками.
4. Показана возможность получения биокерамических образцов с заданными свойствами варьируя размер частиц наполнителя и степень наполнения композитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 24409-80, Материалы керамические электротехнические. Методы испытания.
2. Чайников Н. А., Беляев П. С., Мозжухин А. Б., Жариков В. В. Ресурсосберегающие технологии изготовления металлполимерных материалов. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2003. – 80 с.
3. Андрюшкова О.В., Полубояров В.А., Паули И.А., Коротаева З.А. Механохимия создания материалов с заданными свойствами. – 2-е изд. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2010. – 352 с.
4. Липатов Ю. С., Сергеева Л. М. Физическая химия наполненных полимеров. – М.: Химия, 1977. – 304 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АЗОТИРОВАНИЯ ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЯ В ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Болгару К.А., Чухломина Л.Н.
Научный руководитель: Чухломина Л.Н. д.т.н., вед. н.с.
Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН
634021, г. Томск, пр-т Академический 10/3
E-mail: moldova@sibmail.com

В настоящее время комплексные ферросплавы, содержащие кремний и алюминий, а так же азотсодержащие лигатуры на их основе являются перспективными в металлургической промышленности, поскольку обладают высоким раскисляющим эффектом при выплавки стали. Одним из таких сплавов является ферросиликоалюминий (ФСА). Спрос на ФСА объясняется тем, что он полностью превосходит традиционные сплавы. Преимущество ФСА - его более низкая стоимость, чем у традиционных раскислителей. Сплав ФСА выплавляется по перспективной технологии: «бездымный минеметаллургический способ получения ферросплавов и лигатур» (СТ ТОО 38397431-001-2006). Применение ФСА при раскислении стали приводит к улучшению ее качества и увеличению усвоения алюминия на 30 ÷ 60 %. В последнее время растет количество публикаций по бескислородной керамике, в том числе на основе тугоплавких нитридов металлов и неметаллов, поскольку нитриды обладают рядом уникальных физико-химических свойств.

Одним из способов получения азотсодержащих лигатур является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Метод СВС основан на экзотермическом взаимодействии химических соединений, протекающем в режиме горения. Такой способ производства отличается высокой производительностью и низкой энергозатратностью, что весьма важно в промышленном производстве.

В настоящей работе представлено исследование процесса азотирования сплава в изотермических условиях для изучения детального механизма нитридообразования. Кроме того актуальность работы заключается в том, что изучение процесса азотирования сложных ферросплавов, содержащих несколько нитридообразующих элементов, ранее не проводилось.

Азотирование сплава осуществляли в трубчатой печи сопротивления в токе азота в диапазоне температур 800 – 1250 ºС. Порошок ферросиликоалюминия насыпали в корундовые лодочки, помещали в предварительно нагретую до заданной температуры печь и выдерживали в течении 1 часа. Для проведения экспериментов использовали сплав дисперсностью менее 100 мкм. После азотирования определяли изменение веса порошков и подвергали их рентгенофазовому анализу (РФА). РФА осуществляли на дифрактометре ДРОН-2 с использованием Со-излучения. Распределение концентраций элементов по образцу изучали методом локального рентгеноспектрального анализа на рентгеновском микроанализаторе «CAMEBAX MICROBEAM».

В качестве исходного сырья использовался ферросиликоалюминий марки ФС65А15 с содержанием кремния 60 мас. %* и алюминия 13,6 мас. % (*здесь и далее массовые проценты). По результатам РФА исходный ферросиликоалюминий представляет собой многофазный материал, состоящий из кремния (Si) и высокотемпературного лебоита ($FeSi_2$), силицид железа ($FeSiAl_3$) , оксида алюминия (Al_2O_3) (рисунок 1).

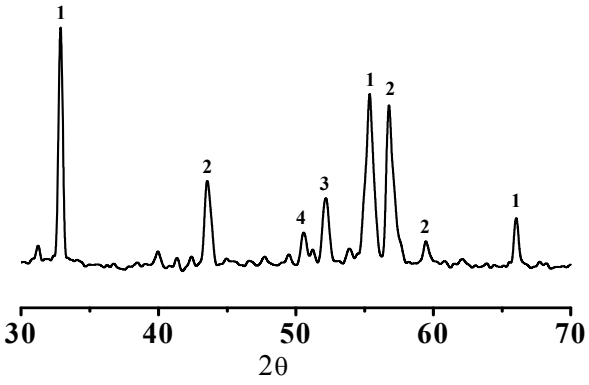


Рисунок 1 – Фрагмент рентгенограммы исходного ферросиликоалюминия с размером частиц менее 100 мкм
(1 - Si; 2 - $FeSi_2$; 3 - $FeSiAl_3$; 4 - Al_2O_3)

Результаты микрорентгеноспектрального анализа ФСА (рисунок 2) указывает на то, что алюминий входит в состав силицидных фаз и в свободном виде не обнаруживается.

Изучение основных закономерностей азотирования сплава в режиме СВС показало, что для сплава с размером частиц менее 100 мкм с увеличением диаметра образца скорость горения падает, что связано с фильтрационными затруднениями. Горение образцов диаметром менее 30 мм инициировать не удается, поскольку в этих условиях теплопотери в окружающую среду становятся значимыми. Максимальная температура горения сплава составляет 2100ºС что несколько превышает максимальную температуру горения чистого ферросилиция. Это связано с экзотермическим взаимодействием с азотом алюминия, присутствующего в ФСА.

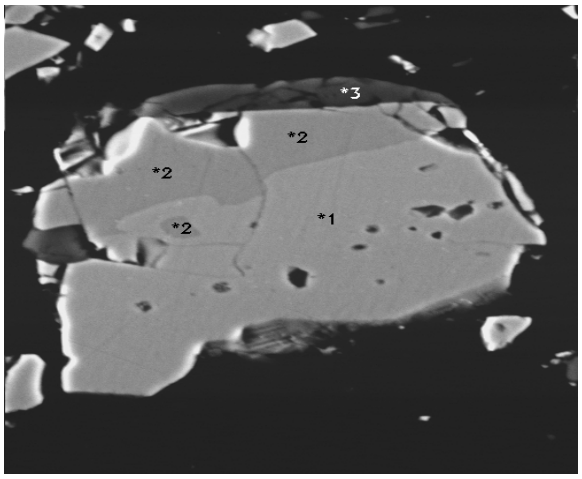


Рисунок 2 – Микрофотография частицы исходного сплава и результаты микрорентгеноспектрального анализа
1 - $FeSi_{2,23}Al_{0,4}$; 2 - $FeSiAl_3$; 3 - Si

Исследование зависимости количества азота, поглощенного образцом от температуры азотирования показали, что с ростом температуры содержание азота в образцах увеличивается (рисунок 3.)

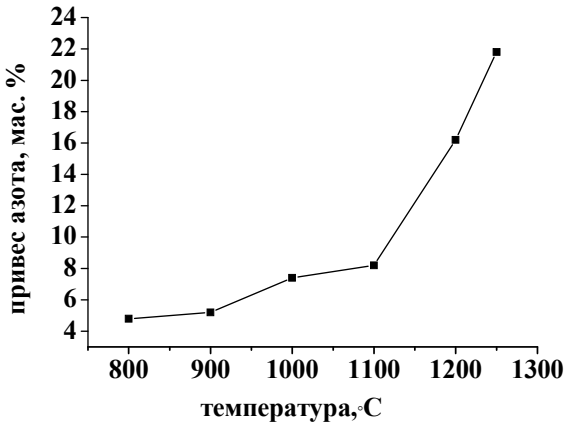


Рисунок 3 - Изменение содержание азота в образцах от температуры азотирования

При азотировании сплава в изотермических условиях установлено, что при температуре 800ºС в продуктах синтеза обнаруживается фаза нитрида алюминия (AlN) (рисунок 4).

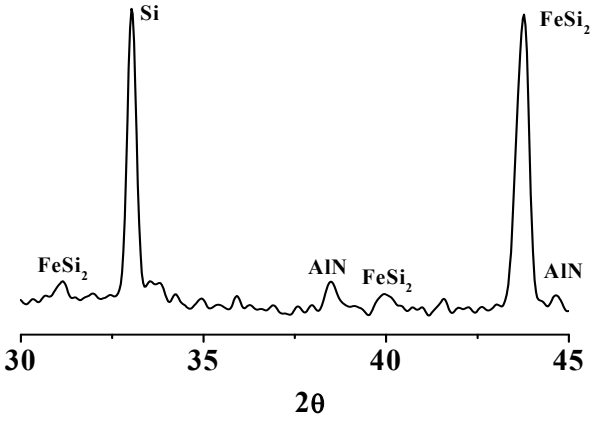


Рисунок 4 - Фрагмент рентгенограммы продукта азотирования ФСА в изотермических условиях при температуре 800ºС

Образование β-Si_3N_4 начинается по данным РФА при температуре 1000 ºС (рисунок 5).

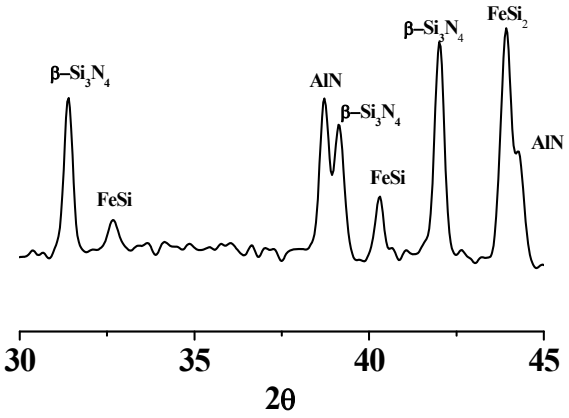


Рисунок 5 - Фрагмент рентгенограммы продукта азотирования ФСА в изотермических условиях при температуре 1000ºС

Таким образом, процесс нитридообразования ФСА начинается с образования AlN, что коррелирует с теплотами образования нитридов алюминия и кремния.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-03-12110-офи-м).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ НА СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Болдин М.С., Чувильдеев В.Н.
Научный руководитель: Чувильдеев В.Н., д.ф.-м.н. профессор
Научно-исследовательский физико-технический институт Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 603022, Россия, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина 23/3
E-mail: boldin@nifti.unn.ru

В настоящее время для получения керамических материалов с тонкой однородной структурой и предельной плотностью используются методы предварительного компактирования нано- или ультрадисперсных порошков и последующего термоактивированного спекания или горячего прессования. Однако на стадии спекания, в результате длительной выдержки при высоких температурах, неизбежно происходит интенсивный рост зерна и, как следствие, потеря большинства перспективных свойств.

Технология электроимпульсного плазменного спекания (ЭИПС) является новым шагом в развитии высокоскоростных методов консолидации металлов и керамик, основанным на принципе высокоскоростного нагрева порошка и пресс-формы миллисекундными импульсами постоянного тока большой мощности в вакууме или инертной среде в условиях одновременного приложения давления.

В работе описаны результаты исследования влияния режимов ЭИПС (температуры спекания, скорости нагрева и охлаждения, времени изотермической выдержки, величины приложенной нагрузки) на физико-механические свойства оксида алюминия.

В качестве объекта исследования использовался чистый (99.98%) порошок α-Al_2O_3 дисперсностью 0.85-1.0 мкм (Alfa-Aesar). Электроимпульсное плазменное спекание порошка проводилось на установке «Dr. Sinter model SPS-625» (SPS SYNTEX INC. Ltd). Скорость нагрева варьировалась от 10 до 2500 °С/мин, временя изотермической выдержки не превышало 30 минут, давление изменялось от 25 до 100 МПа. Спекание проводилось в вакууме (5 Па) и в атмосфере аргона, в пресс-формах с внутренним диаметром 12 мм. Температура процесса контролировалась оптическим пирометром, сфокусированным на поверхности графитовой пресс-формы. Плотность образцов измерялась методом гидростатического взвешивания при помощи аналитических весов Sartorius CPA. Анализ микроструктуры образцов проводился с помощью растрового электронного микроскопа Jeol JSM-6490 с рентгеновским микроанализатором INCA 350. Твердость по Викерсу (H_V) измерялась на автоматизированном микротвердомере «Struers Duramin-5». Трещиностойкость (K_{IC}) определялась по длине радиальных трещин от отпечатка индентора Виккерса, по формуле Палмквиста.

На рисунке 1 представлена зависимость скорости усадки (D) от температуры нагрева (T) Al_2O_3-керамики, спекаемой со скоростью Vн= 100 ^{0}С/мин. Максимальная температура спекания составила $T_{спек}$= 1440 ^{0}С, время выдержки tспек = 30 мин. Зависимость D(T) имеет ярко выраженный максимум при температуре T=1350 ^{0}С. Следует отметить, что оптимальная температура ЭИП-спекания α-Al_2O_3 оказывается существенно ниже характерных температур получения Al_2O_3-керамики методом горячего прессования (T ~ 1600-1700 0С).

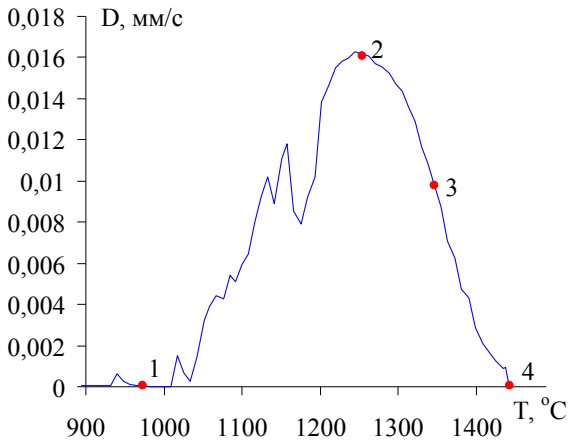
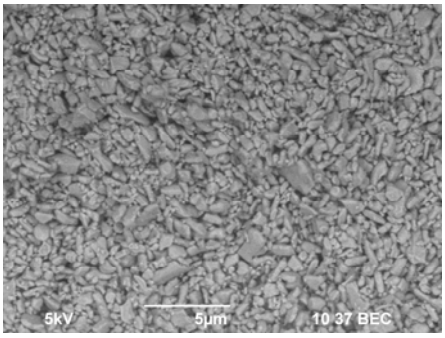
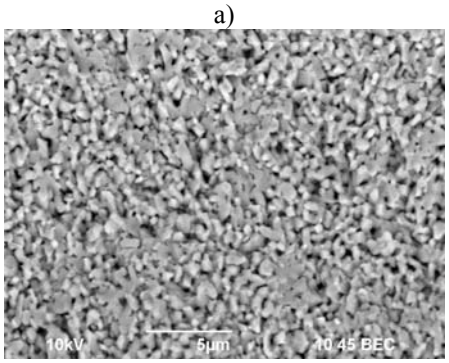


Рисунок 1. Зависимость скорости усадки (D) от температуры нагрева (T) керамики α-Al_2O_3, спекаемой со скоростью $V_н$= 100 ^{0}С/мин ($T_{спек}$ = 1440 ^{0}С, $t_{спек}$ = 30 мин).

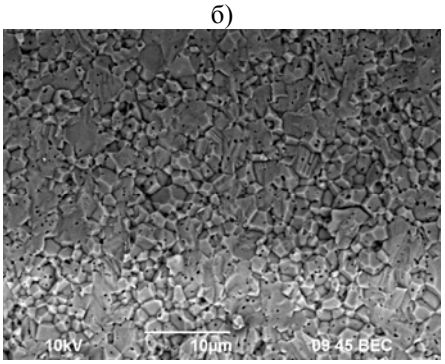
Анализ структуры спеченных образцов показывает, что консолидация порошка α-Al_2O_3 начинается при температуре T=1260 ^{0}С, что соответствует максимуму на зависимости скорости усадки от температуры спекания D(T) (т. 2; см. рис. 2б). Уплотнение порошка связанное с процессами спекания частиц порошка друг к другу заканчивается при T=1350 ^{0}С (т. 3; см. рис. 2в), а дальнейшее уплотнение керамики связано с процессами рекристаллизации, приводящими к увеличению размера зерна и появлению аномального роста. После нагрева до $T_{спек}$=1440 ^{0}С (т. 4) средний размер зерна Al_2O_3–керамики составляет 5-10 мкм, при этом размер аномально крупных зерен достигает 40 мкм (см. рис. 2г).



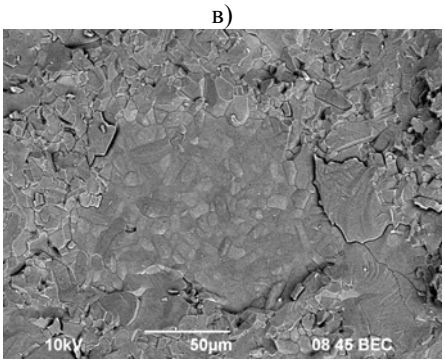
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2. Микрофотографии структур Al_2O_3-керамики после ЭИПС при температурах нагрева: а) T=980 ^{0}C (т. 1); б) T=1260 ^{0}C (т. 2); в) T=1350 ^{0}C (т. 3);г) T=1440 ^{0}C (т.4).

Исследование влияния скорости ЭИП-спекания на параметры структуры и физико-механические свойства оксида алюминия показывает, что нагрев порошка α-Al_2O_3 со скоростью $V_н$= 2500 ^{0}C/мин позволяет сформировать мелкозернистую структуру (d=1.5 мкм) и получить керамику с высокими прочностными характеристиками (твердость H_V = 20 ГПа, трещиностойкость K_{IC} = 3.6 МПа·м$^{1/2}$).

В работе применена технология дополнительной термической обработки (ТО) керамик спеченных методом ЭИПС, позволяющая снизить остаточную пористость в 3÷6 раз без увеличения размера зерна.

Проведены исследования влияния ТО на структуру и физико-механические свойства керамики Al_2O_3, полученной по различным режимам ЭИПС. Показано, что увеличение степени неравновесности структуры спеченной керамики, обусловленное увеличением скорости нагрева при спекании, приводит к повышению интенсивности разупрочнения (снижение твердости) при последующей ТО. Снижение твердости в результате выдержки (T= 1450 ^{0}C, t= 3 ч) образца полученного методом ЭИПС со скоростью нагрева Vн= 2500 ^{0}C/мин составляет ΔH_V = 6.2 ГПа, в то время как для образца полученного при Vн= 100 0C/мин ΔH_V не превышает 0.4 ГПа.

Анализ экспериментальных результатов показывает перспективность использования высокоскоростного метода консолидации порошков и его преимущества перед традиционными методами спекания. Технология электроимпульсного плазменного спекания позволяет получать высокоплотную (более 99% от теоретической плотности) керамику с тонкой (ультрадисперсной) структурой и повышенными механическими свойствами.

В работе представлена качественная модель влияния температурно-скоростных условий спекания на закономерности эволюции дефектной структуры и физико-механических свойств однофазных керамик.

Авторы благодарят за поддержку ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.», ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы».

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ ЧИСТОГО СВИНЦА ПРИ ЗНАКОПЕРЕМЕННОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Бондаренко Я.А.[1], Елсукова Т.Ф.[2], Попкова Ю.Ф.[2]
Научный руководитель: Елсукова Т.Ф., д.ф.-м.н., профессор
[1]Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
[2]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021,
Россия, г.Томск, пр.Академический, 2/4
E-mail: bondarenkoyana@yandex.ru

В настоящее время в области создания, исследования и практического использования новых материалов большое внимание уделяется наноструктурным материалам, обладающим уникальными структурой и свойствами. Для получения наноструктур в объемных металлических материалах широко используется интенсивная пластическая деформация (ИПД), осуществляемая методами кручения под давлением, равноканального углового прессования, глубокой прокатки и т.п. Однако при таких способах ИПД невозможно изучать характер поверхностного рельефа деформируемого материала в процессе его деформации на мезомасштабном уровне. В то же время, механизмы деформации мезомасштабного уровня играют определяющую роль в современных высокопрочных материалах, особенно имеющих субмикрокристаллическую или нанокристаллическую структуру, в материалах с модифицированным поверхностным слоем (покрытием) и в сильнонеравновесных материалах.

Исследования выполнены в подходе физической мезомеханики, рассматривающей деформируемое твердое тело как иерархически организованную многоуровневую систему [1]. Ее пластическое течение и разрушение связаны с потерей сдвиговой устойчивости на разных структурно-масштабных уровнях. Наиболее подробно механизмы пластической деформации изучены на микромасштабном уровне, связанном с деформационными дефектами кристаллической решетки и анализируемом на основе теории дислокаций.

Цель настоящей работы - исследование закономерностей и механизмов пластической деформации на мезомасштабных уровнях в свинцовых фольгах, закрепленных на более прочной подложке, при циклическом нагружении в условиях умеренных и сверхвысоких степеней пластической деформации.

Аналогичные исследования были проведены в [2] на фольгах алюминия, имеющего высокую сдвиговую устойчивость кристаллической решетки и границ зерен. Учитывая, что в основе циклической деформации и усталостного разрушения лежат характер и кинетика формирования мезоскопической субструктуры [1], которые в свою очередь, определяются степенью сдвиговой устойчивости поликристалла, важно было провести такие же исследования на поликристалле с низкой сдвиговой устойчивостью, которым является свинец. Поэтому в качестве материалов исследования использовался высокочистый свинец марки С000 в виде фольг, наклеенных на значительно более прочные массивные образцы отожженного технического алюминия марки А7. Фольги готовили холодной прокаткой, отжигали при 100ºС, 15 минут подвергали химической полировке и наклеивали на подложку из технического алюминия А7. Испытания на усталость проводили путем знакопеременного изгиба при комнатной температуре в режиме многоцикловой усталости. Структурные исследования выполняли методами оптической и растровой электронной микроскопии.

Рассмотрим изменения, в процессе нагружения поверхностного рельефа на поверхности свинцовой фольги.

На рис.1 приведены микрофотографии одного и того же места после 1000, 1600 и 2000 циклов нагружения. Видно, что с ростом числа циклов величина сдвига то уменьшается, то растет. По изменению положения риски по разные стороны от границы зерен на рисунке 1 видно, что направление сдвига двух смежных зерен изменилось на противоположное. Это является прямым доказательством того, что при циклическом нагружении, сдвиг по границам зерен имеет знакопеременный характер, как вся деформация.

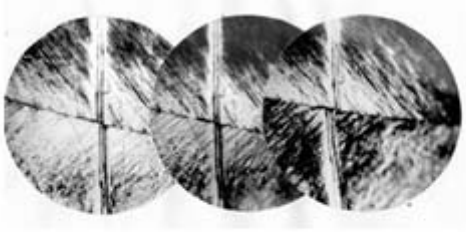


Рис. 1 - Металлография – разрыв риски при разных N.
а)1000; б) 1600; в) 2000 циклов нагружения

На мезомасштабном уровне поворотные моменты на границах зерен, созданные первичным скольжением в зернах свинцовой фольги, также релаксируют фрагментацией объемов зерен, но уже крупномасштабной. Как правило, границы таких фрагментов зарождаются в стыках зерен, связанных с максимальной концентрацией напряжений. На рис.2(а) представлено зерно CABDGK после $6{,}5\times10^5$ циклов нагружения. Из его сравнения с рис.2(б), где приведена исходная структура этого же места фольги, видно, что зерно 2 в процессе нагружения разделилось на ряд крупных продольных фрагментов грубыми полосами (треками), исходящими из зоны стыка зерен.

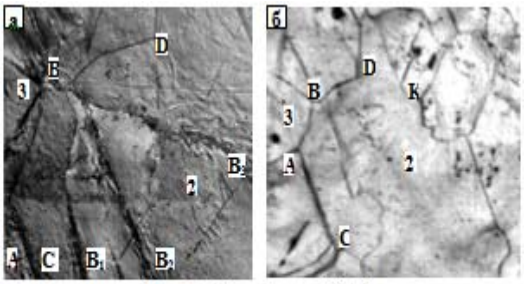


Рис.2 – Композит Pb/Al
N=6,5×10^4 циклов, DIC
а) ×380, б) ×230

При дальнейшем увеличении числа циклов нагружения (N>10^5) сформировались ярко выраженные складки поверхностных слоев активных зерен (рис.3). Процесс развития мезополос локализованной деформации и складчатой структуры является аккомодационным по отношению к процессу крупномасштабной фрагментации.

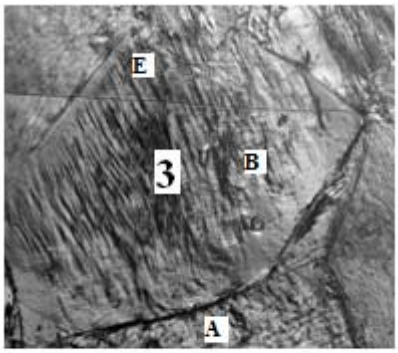


Рис.3 – Композит Pb/Al. N=3,5×10^{5}циклов,
×250, DIC

Сравнительный анализ развития знакопеременной ИПД в сдвигонеустойчивом свинце и в алюминии, имеющем высокую сдвиговую устойчивость, показал, что характер и вклад аккомодационных поворотных механизмов в деформацию существенно зависят от степени сдвиговой устойчивости материала.

В сдвигоустойчивом алюминии при комнатной температуре нагружения проскальзывание по границам зерен отсутствует. Как следствие, материальные повороты одиночного скольжения в поверхностных зернах аккомодируются полностью в объёме зерен целым набором поворотных механизмов: развитием множественного скольжения, генерацией на противоположной границе зерна встречных сдвигов, возникновением локализованного мезовихря и т.п. Все это обеспечивает высокую циклическую долговечность поликристалла.

В свинце при знакопеременном изгибе в тех же условиях преимущественно развивается одиночное скольжение.

Знакопеременная ИПД в свинце развивается на более высоких масштабных уровнях с формированием концентраторов напряжений более высокой мощности. В Pb при знакопеременной ИПД реализуются опасные механизмы, связанные с сильной кривизной материла. Это крупномасштабная фрагментация, реализуемая зарождением в стыках зерен и развитием в объеме зерна треков сильнонеравновесного материала, связанных с сильной его кривизной. Аккомодация такой кривизны реализуется формированием в зерне складчатых структур. Всё это – предпосылки для низкой циклической долговечности поликристалла.

Литература:

1. Физическая мезомеханика и компьютерное конструирование материалов: В 2-х томах // Под ред. Панина В.Е. - Новосибирск: Наука. – 1995.
2. Панин В.Е., Елсукова Т.Ф., Егорушкин В.Е., Ваулина О.Ю., Почивалов Ю.И. Нелинейные волновые эффекты солитонов кривизны в поверхностных слоях поликристаллов высокочистого алюминия при интенсивной пластической деформации. Ч.I. Эксперимент // Физ. мезомех. – 2007. – Т.10. - №6. – С.21-32.
3. Панин В.Е., Елсукова Т.Ф., Ваулина О.Ю., Почивалов Ю.И. Нелинейные волновые эффекты солитонов кривизны в поверхностных слоях поликристаллов высокочистого алюминия при интенсивной пластической деформации. Ч.II. Роль граничных условий, интерфейсов и неравновесности деформированного состояния // Физ. мезомех. – 2008. – Т.11. - №5. – С.17-26.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОДИФФУЗИОННОГО ПОКРЫТИЯОТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ

Борисенкова Т.А., Лавро В.Н.
Научный руководитель: Лавро В.Н., к.т.н., доцент
Самарский государственный технический университет, 443010, Самара, ул. Молодогвардейская, 133
E-mail: kertiz@mail.ru

Методы и объекты исследования

Для исследования термодиффузионного цинкового покрытия были изготовлены образцы из марок стали с различным содержанием хрома: 40Х, 15Х5М (1%, 5%) и образец без хрома - сталь 45. Выбор объектов исследований обусловлен все большим применением хромистых сталей в производстве связанном с высокой коррозионной агрессивностью, например в производстве труб и трубных деталей для нефтяных месторождений с высокой коррозионной агрессивностью.

Химический состав и механические свойства сталей представлены в таблице 1 и 2, соответственно.

Таблица 1 - Химический состав исследуемых образцов с термодиффузионным цинковым покрытием

Марка стали	Химический состав образцов, масс%						
	C	Si	Mn	Cr	Mo	S	Fe
40Х	0,38	0,26	0,67	0,93	-	0,007	ост
15Х5М	0,13	0,30	0,68	4,58	0,56	0,011	ост
45	0,45	0,24	0,66	0,10	-	0,013	ост

При исследовании свойств полученного покрытия применялись следующие методы исследования:

- рентгеноструктурный анализ фазового состава покрытия исследуемых образцов. Исследования, проводившиеся на аппарате «Дрон-2» в кобальтовом излучении на скорости 1°/мин;
- металлографический анализ (световая микроскопия). Изучение микроструктуры металла подложки, исследуемых образцов;
- анализ химического состава поверхности и поперечного сечения образцов. Подробное исследование распределения легирующих элементов, цинка и железа в цинковом покрытии и переходной зоне основной металл - покрытие проводилось на растровом электронном микроскопе фирмы «FEI», оснащенным микрорентгеноспектральной приставкой «EDAX»

Таблица 2 - Механические свойства образцов перед проведением цинкования

Сталь	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\sigma_в$, кгс/мм^2	δ_5, %	Ψ, %	KCU^{+20}, кгс*м/см^2
40Х	64,5	80,0	16,0	56,0	14,0
15Х5М	59,5	70,5	27,5	70,0	22,8
45	42	73,0	19,5	42,5	5,12

Анализ полученных результатов

Перед изучением самого покрытия было проведено исследование микроструктуры основного металла на поперечных микрошлифах при помощи оптического микроскопа фирмы «UNION», при увеличении ×100 крат.

Образец из стали 40Х имеет мелкозернистую (8-9 балл по ГОСТ 5640) отпущенную феррито - карбидную структуру.

Химический состав марки стали 15Х5М обеспечивает формирование бейнитно-мартенситной структуры после термообработки.

На образце из стали 45 наблюдается феррито-карбидная микроструктура, с размером зерна 9 баллов по ГОСТ 5640.

Измерение микротвердости по толщине цинкового покрытия проводилось на установке ПМТ-3 при нагрузке 50 г.

Результаты измерения микротвердости основного металла и среднее значение микротвердости цинкового покрытия приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты измерения микротвердости

Сталь	Микротвердость основного металла, $H_{ср}$	Микротвердость порытия, $H_{ср}$
40Х	225	342
15Х5М	216	338
45	236	388

На сталях 40Х и 45 значения величины микротвердости неравномерны по толщине цинкового покрытия. На стали 15Х5М напротив микротвердость покрытия равномерна по всей толщине.

Вторым этапом было исследования цинкового покрытия методом рентгеноструктурного фазового анализа поверхностей образцов из представленных марок сталей (40Х, 15Х5М, сталь 45) с целью выявить фазы входящие в состав покрытия.

Формирование фазового состава покрытия, сопровождается взаимной диффузией цинка и железа химическими реакциями, в результате которых образуются различные интерметаллидные соединения.

Исследования, проводившиеся на аппарате «Дрон-2» в кобальтовом излучении на скорости 1°/мин показали, что фазовый состав покрытия не всегда содержит весь набор фаз и не всегда соответствует диаграмме состояния.

Таким образом, проведенный анализ фазового состава покрытия показал, что в составе покрытия присутствуют следующие фазы:

- Г-фаза на границе покрытия и подложки (за исключением образца из стали 40Х);

- Γ_1 – фаза, кроме образца из стали 15Х5;
- δ_1-фаза, из которой собственно и состоит покрытие.

Фазовый состав основного покрытия образуется в результате диффузии железа в цинк и реакция между цинком и железом с образованием интерметаллидов, присутствие которых и было выявлено входе рентгеноструктурного фазового анализа.

Исследование внешнего вида поверхности покрытия и его химического состава проводилось на растровом электронном микроскопе фирмы «FEI», оснащенным микрорентгеноспектральной приставкой «EDAX». В ходе исследования выяснилось, что цинковое покрытие представляет собой пластинки размером 10×10 мкм, толщиной ~1-3 мкм. Концентрация цинка в пластинах достигает ~60масс% .

В результате проведения химического анализа с поверхности цинкового покрытия выявлено наличие фосфора в количестве 9-15масс% (наличие фосфора, кальция и титана в приповерхностных слоя покрытия вероятно связано с проведением фосфотирования образцов).

После изучения поверхности образцов были изготовлены металлографические шлифы в сечении покрытия. При помощи методов оптической микроскопии была выполнена визуальная оценка толщины покрытия на всех исследуемых образцах и последующее фотодокументирование. Выявлено, что на образце из стали 40Х толщина цинкового покрытия составляет ≈57 мкм, на стали 15Х5М и на стали 45 ≈55 мкм.

Таким образом наибольшая толщина слоя зафиксирована на образце из стали 15Х5М.

После оптической микроскопии шлифы исследовали на растровом электронном микроскопе «Inspect» фирмы «Fei». В ходе проведения данного исследования был так же проведен локальный энергодисперсионный химический анализ с помощью приставки «EDAX». Точки для анализа были взяты по всей толщине покрытия на равном расстоянии друг от друга, с целью выявить закономерность легирующих элементов подложки и цинка в переходной зоне.

Наличие в химическом составе стали 40Х ~0,9масс% хрома приводит к диффузии хрома из основного металла в цинковое покрытие. Хром в покрытии распределяется неравномерно, волнообразно. Имеются микрообъемы, обогащенные по хрому, сменяющиеся областями с меньшим содержанием хрома. Волнообразное распределение хрома в цинковом покрытии приводит к неравномерным значениям величины микротвердости по толщине цинкового покрытия. Высокие значения микротвердости коррелируют с пиками по содержанию хрома в покрытии.

Заметно, что на стали 40Х наблюдается насыщение хромом областей на границе металл – покрытие. На образце из стали 15Х5М в характеристическом рентгеновском излучении хрома областей обогащенных хромом не выявлено. Хром равномерно распределяется по сечению цинкового покрытия, что подтверждает результаты локального химического анализа.

ВЫВОДЫ:

1. Цинковый слой на образцах из стали 40Х и 45 плотный и равномерный на всем образце. Образец из стали 40Х с маркировкой имеет мелкозернистую (8-9 балл по ГОСТ 5640) отпущенную феррито-карбидную структуру. Исследование толщины цинкового покрытия показало, что толщина слоя на образце составляет ~40мкм. На образце из стали 45 (с крупнозернистой структурой) толщина цинкового покрытия составляет ~55мкм.
2. Наличие в химическом составе стали 40Х ~0,9масс% хрома приводит к диффузии хрома из основного металла в цинковое покрытие. Хром в покрытии распределяется неравномерно, волнообразно. Имеются микрообъемы, обогащенные по хрому, сменяющиеся областями с меньшим содержанием хрома. Волнообразное распределение хрома в цинковом покрытии приводит к неравномерным значениям величины микротвердости по толщине цинкового покрытия. Высокие значения микротвердости коррелируют с пиками по содержанию хрома в покрытии.
3. На образце из стали 15Х5М в результате проведения цинкования было получено равномерное плотное покрытие толщиной ~60 мкм. Также выявлено, что хром равномерно распределяется по цинковому покрытию, что коррелирует с данными по микротвердости.
4. На образцах из стали 15Х5М в характеристическом рентгеновском излучении хрома областей обогащенных хромом не выявлено. Хром равномерно распределяется по сечению цинкового покрытия, что подтверждает результаты локального химического анализа.
5. На основании выполненных исследований можно сделать вывод, что оптимальной сталью, из исследованных, для термодиффузионного цинкования является сталь 15Х5М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИНИТРИДОВ ТИТАНА, ОСАЖДЕННЫХ МЕТОДОМ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Быкова Ю.В., Морозова Н.С., Конищев М.Е.
Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. В.Ф.Пичугин
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: pearlfish@inbox.ru

Проблема биосовместимости медицинских имплантатов – одна из наиболее актуальных проблем медицинского материаловедения, т.к. живые ткани отторгают инородные материалы. Применение покрытий оксидов и оксинитридов титана позволяют улучшить антитромбогенные свойства сердечно-сосудистых имплантатов [1]. Для предотвращения нежелательных процессов имплантаты покрываются биосовместимыми покрытиями, такими как TiO_2 и TiON, улучшающими биосовместимость поверхности.

Метод реактивного магнетронного распыления является эффективным методом формирования покрытий.

В работе были исследованы поверхностные свойства покрытий оксидов и оксинитридов титана: электрический потенциал, шероховатость, смачиваемость и поверхностная энергия. Экспериментально установлена связь между этими характеристиками.

Пленки TiO_2 и TiON были получены методом магнетронного распыления на экспериментальной установке «УВН-200МИ». Подложкой служили образцы нержавеющей стали 12Х18Н10Т размером 10×10 мм. В работе использовался следующий режим напыления: распыляемый материал Ti, давление рабочего газа (O_2) 10^{-1} Па, мощность 1кВт, ток 3 А. Для инициации магнетронного разряда в камеру установки напускался аргон, напуск которого прекращался после достижения устойчивого разряда в среде кислорода.

В настоящем исследовании электрических параметров биопокрытий использовалось устройство для измерения постоянных электрических полей, разработанное в НИИ интроскопии ТПУ [2]. Прибор обеспечивает измерение потенциала электрического поля на поверхности слабо заряженных тел в условиях электростатических воздействий окружающей среды, многократно превышающих уровень измеряемых потенциалов. Продольное разрешение прибора определяется диаметром измерительного электрода и составляет 5мм, диапазон измеряемых потенциалов 0,15-15 В.

Шероховатость поверхности R_a биопокрытий определялась с помощью профилометра-профилографа “Talysurf 5м”. Представленная шероховатость R_a рассчитывалась как среднее арифметическое значение пяти измерений в разных точках одного образца. Контактный угол смачивания θ и поверхностная энергия σ измерялись с помощью прибора EasyDrop. Использовался метод «сидячей капли» при нанесении на поверхность деионизированной воды и глицерина, объём капли составлял 3 мкл для всех измерений. Измерение толщины покрытия осуществлялось с использованием прибора на базе оптоволоконного спектрометра AvaSpec-2048-USB2. Измерение толщины производилось в шести точках образца, конечное значение определялось как среднее арифметическое полученных измерений.

Нанесение покрытий проводилось при различном соотношении парциальных давлений газов O_2 и N_2 в вакуумной камере: $p(O_2)/p(N_2)$ = 1/3, $p(O_2)/p(N_2)$ = 1/1, $p(O_2)/p(N_2)$ = 3/1, только O_2. Формирование покрытий происходило в течение одного часа для всех режимов. Толщина всех полученных покрытий варьировалась в интервале 150 нм (для TiO_2) - 256 нм (для TiON при $p(O_2)/p(N_2)$ = 1/1).

На рис. 1 представлено изображение «сидячей капли» глицерина на поверхности пленки TiO_2. Из рисунка видно, что контактный угол смачивания больше 90°, что свидетельствует о гидрофобности покрытий. Основные результаты измерения контактного угла смачивания и механических характеристик представлены в таблице 1. Значения контактного угла θ для всех исследуемых режимов напыления лежат в интервале от 90° до 112°.

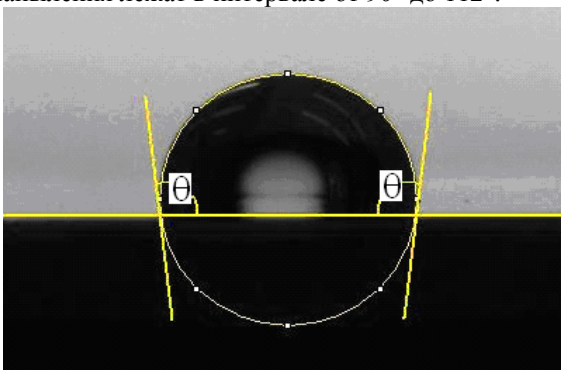


Рисунок 1. Изображение «сидячей капли» глицерина на поверхности TiO_2

Таблица 1. Основные характеристики покрытий TiO_2 и TiON при различных парциальных давлениях O_2 и N_2, где R_a – шероховатость, L– толщина покрытия, V- Электрический потенциал, $\theta_в$ - контактный угол смачивания с использованием воды, $\theta_г$ - контактный угол смачивания с использованием глицерина, σ - поверхностная энергия

Отношение парциальных давлений $p(O2)/p(N2)$	R_a (нм)	L (нм)	V (мВ)	$\theta_в$ (град)	$\theta_г$ (град)	σ (мДж/м^2)
Только O2	40	149	-522±33	90,0	94,8	20,51
3/1	40	235	-646±33	106,4	102,3	9,86
1/1	35	256	-826±44	105,7	102,4	9,95
1/3	36	219	-781±39	112,1	95,8	20,05

Шероховатость R_a полученных покрытий соответствует высоким классам 12а и 11в, при шероховатости подложки 12б. Наблюдаемое незначительное ухудшение шероховатости объясняется особенностью роста покрытий [3]. Из таблицы 1 видно, что существующие незначительные различия шероховатости не оказывают существенного влияния на соотношения исследуемых свойств покрытий.

Наблюдается зависимость измеряемого электрического потенциала от плазмообразующего газа. Разные значения потенциалов могут быть обусловлены тем, что получаемые плёнки имеют разную толщину при одинаковом времени напыления, что связано с различием скоростей осаждения покрытия в разных газовых средах. Наибольшей толщиной обладают покрытия TiON при парциальном давлении $p(O_2)/p(N_2)$ = 1/1, что соответствует наибольшему значению электрического потенциала поверхности, который составил -825,96 мВ. Отрицательный заряд поверхности соответствует требованиям для гемосовместимых покрытий, так как известно, что позитивно заряженные поверхности усиливают адгезию клеток крови в отличие от нейтральных или отрицательно заряженных поверхностей [2].

Результаты измерения контактного угла для воды $\theta_в$ приведены в таблице1. Наименьшая гидрофобность наблюдается у образцов с покрытием TiO_2, о чём свидетельствует наименьшее значение контактного угла $\theta_в=90,0^0$. Максимальный контактный угол $\theta_в=112,1^0$ соответствует покрытию TiON при $p(O_2)/p(N_2)=1/3$. По данным [4], увеличение концентрации кислорода делает поверхность более гидрофобной. Наблюдаемая низкая гидрофобность для TiO_2 объясняется тем, что данные покрытия значительно отличаются по толщине, которая составляет всего 149,25 нм. Более высокие значения гидрофобности для исследуемых покрытий TiON свидетельствуют о большей кристалличности их поверхности, также о низкой растворимости, что является необходимым свойством для гемосовместимых материалов.

Значения поверхностной энергии максимальны для покрытий TiO_2 и TiON ($p(O_2)/p(N_2)=1/3$), наибольший вклад в значение σ для TiO_2 составила полярная компонента (σ_P=19,38 мДж/м^2), в то время как для TiON дисперсионная (σ_D=19,99 мДж/м^2).

Полученные результаты показывают отрицательный знак поверхностного заряда, величина потенциала растет с ростом парциального давления азота. Однако результаты не позволяют установить корреляцию между измеренными характеристиками поверхности покрытий.

Список литературы:

1. Huang N. et al. // Nucl. Instr. and Meth., 2006. – №242 – p.18.
2. Хлусов И.А., Пичугин В.Ф., Гостищев Э.А., Шаркеев Ю.П., Сурменев Р.А., Сурменева М.А. и др. Влияние физических, химических и биологических манипуляций на поверхностный потенциал кальций-фосфатных покрытий на металлических подложках// Бюллетень сибирской медицины, № 3, 2011 с. 72–81
3. Морозова Н.С., Тургалиев Д.А. Физико-механические характеристики гемосовместимых покрытий на основе TiO2 и Ti-O-N, полученных методом реактивного распыления // XVII международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «современные техника и технологии» / Сборник трудов в 3-х томах. Т.2. – томск: изд-во Томского ПолитехническогоУниверситета, 2011 – с. 197-198.
4. Цыганов И.А., Позднякова А.И., Рихтер Э., Майтц М.Ф. Получение гемосовместимых покрытий на основе титана с помощью метода плазменно-иммерсионной ионной имплантации и осаждения металлов // Физика твердого тела - Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2007, № 1 - с. 52–56.

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ФОСФАТ-БОРАТ-ФЛЮОРИДНЫХ СТЕКОЛ ЛЕГИРОВАНЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Беликов* К.Н., Валиев Д.Т., Егорова* Н.Л.
Научный руководитель: Лисицын В.М., д.ф. - м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050 Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
* Институт монокристаллов НАН Украины, 61001 г. Харьков, пр. Ленина 60
E-mail: dtdamirka@gmail.com

Стекла, активированные редкоземельными элементами, применяются в различных областях науки и техники: в технологиях отображения и передачи информации (панели плазменных дисплеев, волоконные усилители для линий связи), в качестве активных лазерных сред, в радиационном приборостроении и дозиметрии [1].

Легированные стекла могут рассматриваться как перспективная альтернатива монокристаллам в области твердотельных сцинтилляторов в силу низкой стоимости синтеза, а также простотой изготовления крупногабаритных элементов произвольной формы. Изменяя состав стекла, концентрацию и состав активаторов, можно получать материалы с заданными физико-химическими и спектрально-люминесцентными свойствами. В этой связи исследование люминесцентных свойств стекол с различными комбинациями РЗЭ представляется актуальным.

В данной работе исследовались стекла состава Li_2O-B_2O_3-P_2O_5-CaF_2, легированные: Gd 7,5 масс % (*образец №1*); Gd 7,5 масс %:Ce 0,2 масс % (*образец №2*); Gd 7,5 масс %: Pr 0,2 масс % (*образец №3*). Образцы были синтезированы в Институте монокристаллов Национальной Академии наук Украины (г. Харьков). Полученные стекла характеризуются гомогенностью, хорошей прозрачностью и влагостойкостью. Для них характерна низкая температура плавления, высокая растворимость редкоземельных компонентов.

Целью работы является исследование влияния примесного состава образцов на спектрально-кинетические характеристики импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) фосфат-борат-флюоридных стекол. Возбуждение свечения осуществлялось сильноточным электронным пучком с длительностью импульса на полувысоте ~10 нс и средней энергией электронов 250 кэВ. Образцы находились в вакууме при остаточном давлении 10^{-4} Па. Детально методика импульсной катодолюминесцентной спектроскопии с наносекундным временным разрешением описана в [3].

Под воздействием электронного пучка данная группа стекол интенсивно люминесцирует. В спектрах люминесценции присутствуют коротко- и длинновременные составляющие. В наносекундном временном диапазоне максимум спектра приходится на ближнюю УФ область (рис. 1) для всех образцов. В спектре образца стекла, активированного гадолинием, λ_{max} приходится на 380 нм, тогда как в образцах с соактиваторами церием и празеодимом наблюдается максимум на 350 нм. Для образца №2 характерна низкая интенсивность свечения в области 400-700 нм по сравнению с УФ областью. Коротковременное свечение стекол вероятно обусловлено собственным излучением матрицы стекла с наложением люминесценции ионов-активаторов.

В микросекундном временном диапазоне в спектрах наблюдаются полосы излучения РЗЭ. (рис.1). Во всех спектрах наблюдается серия полос

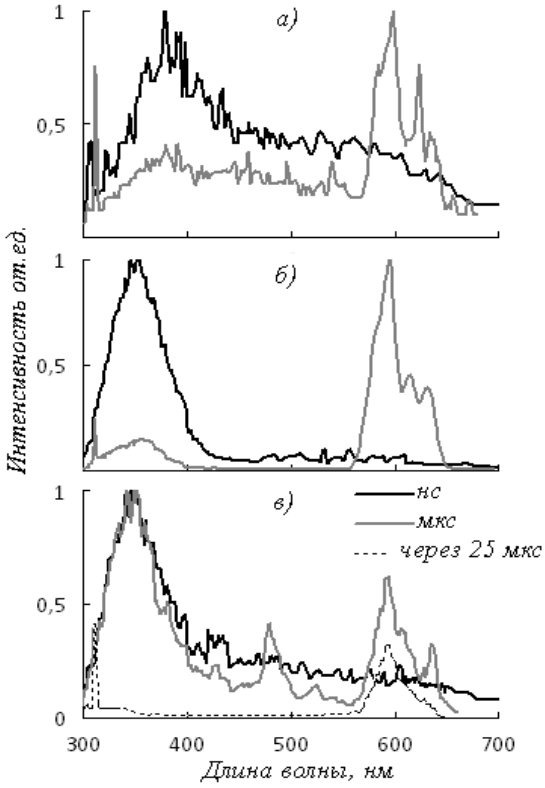


Рис.1 Спектры ИКЛ нано- и микросекундного свечения с примесями РЗЭ.
а) образец №1; б) образец №2; в) образец №3

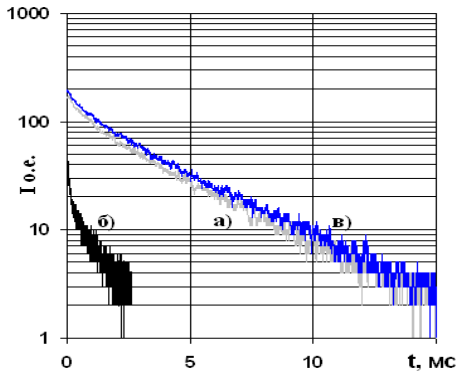
в оранжево-красной области и полоса с λ_{max}=312 нм. Соотношение интенсивности УФ свечения и излучения в красной области индивидуально для каждого образца. На рис. 1(в) штриховой линией показан спектр, измеренный через 25 мкс после импульса, где более четко проявляется свечение на 312 нм. Эта полоса приписывается излучательному переходу $^6P_J \rightarrow {}^8S_{7/2}$ в ионе Gd^{3+}[4,5] .

Кинетика затухания свечения в области 312 нм может быть описана двумя экспоненциальными

составляющими (рис.2). Установлено, что в образцах №1 и 3 кинетики одинаковы, τ длинновременного компонента составляет 3,3 мс. Для образца №2, легированного Gd^{3+} и Ce^{3+} время затухания люминесценции составляет 1,7 мс (таб.1). Изменение кинетики свидетельствует о наличии взаимодействия между ионами гадолиния и церия. По всей видимости, наблюдается перенос энергии от иона Gd^{3+} к Ce^{3+}, что приводит к увеличению скорости опустошения уровня ^6P_J иона гадолиния.

Таблица 1 Характеристические времена затухания в максимумах полос свечения.

Длина волны, нм	Образец №1		Образец №2		Образец №3	
	τ_1 (мкс)	τ_2 (мкс)	τ_1 (мкс)	τ_2 (мкс)	τ_1 (мкс)	τ_2 (мкс)
312	~588	~3333	~100	~1700	~526	~3333
350	–	–	~0,028	–	~0,049	–
380	~0,048	–	–	–	–	–
482	–	–	–	–	<0,05	~0,385
595	–	–	<10	~96	<10	~54
598	<10	~60	–	–	–	–
636	<10	~60	<10	65	<0,5	66



Излучательным переходам в ионе Ce^{3+} приписывают полосу свечения на 350 нм [2]. Подобное свечение наблюдается в спектре образца №2, содержащего церий, и в спектре образца №3 с примесью празеодима. Анализ временных параметров затухания показывает, что их τ существенно различаются (таб.1). Возможно, в данном случае полосы собственного свечения матрицы стекла, часто наблюдаемые в ближней УФ и фиолетово-синей области спектра, перекрываются с широкой полосой излучения церия.

Серия полос в области 550-650 нм характерна для всех образцов, кинетические параметры затухания люминесценции очень близки (60–66 мкс). По-видимому, данное свечение обусловлено излучательными переходами в ионе Gd^{3+}.

В спектре образца №3 наблюдается полоса с максимумом на 482 нм и временем затухания около 0,385 мкс, не характерная для других образцов. Согласно литературным данным [6], за данное свечение ответственны ионы Pr^{3+}. Кроме наличия дополнительной полосы излучения, введение Pr^{3+} приводит к изменению соотношения интенсивностей УФ и видимой области спектра в пользу УФ излучения.

Таким образом, в работе исследованы параметры ИКЛ образцов фосфат-борат-флюоридных стекол, легированных Gd, Ce, Pr. Показано, что спектр люминесценции образцов меняется со временем после возбуждения электронным пучком. Обнаружено, что при введении соактиваторов Ce^{3+} и Pr^{3+} в матрицу стекла, легированного гадолинием, меняется соотношение интенсивности свечения в УФ и видимой областях спектра. Установлено, что в стеклах, содержащих ионы Gd^{3+} и Ce^{3+}, существенно укорачивается время затухания полосы на 312 нм, по сравнению с образцами, легированными только Gd^{3+}. Это свидетельствует о наличии канала передачи электронного возбуждения между Gd^{3+} и Ce^{3+}.

Полученные результаты могут быть полезны при разработке излучающих материалов различного назначения, поиска путей повышения их светового выхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеев Н.Е., Гапонцев В.П. Жаботинский М.Е. Лазерные фосфатные стекла. М.:Наука,1980.
2. K.N. Belikov, N.N. Grebenyuk, Ye.V. Grishina, N.L. Yegorova and other Synthesis and optical properties of phosphate-borate-fluoride glasses doped with rare earth elements // Functional Materials, №2. 2010, p.262-265
3. Лисицын В. М., Корепанов В. И. Спектральные измерения с временным разрешением // Томск: Изд. ТПУ (2007) 94 с.
4. Нижанковский С.В., Данько А.Я. и др. Выращивание и люминесцентные свойства лютеций-гадолиниевого граната, активированного ионами Ce^{3+} и Pr^{3+} // ФТТ т.53, 2011, с.121-124
5. Огородников И.Н., Пустоваров В.А., Толмачев А.В., Явецкий Р.П. Динамика электронных возбуждений и перенос энергии в боратах лития-гадолиния, легированных редкими землями// ФТТ т.50, вып. 9, 2008, с.1620-1622
6. Потапов А.С., Родный П.А. Люминесцентные свойства празеодима в некоторых фторидах //ФТТ т.47, 2005, с.1386-1388.

ОРИЕНТАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТА ПАМЯТИ ФОРМЫ В ФЕРРОМАГНИТНЫХ МОНОКРИСТАЛЛАХ $Ni_{54}Fe_{19}Ga_{27}$ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЕМ

Ветошкина Н.Г., Тимофеева Е.Е.,
Научный руководитель: Панченко Е.Ю. к. физ.-мат.н., доцент; д. физ.-мат.н., профессор Чумляков Ю.И.
Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36
E-mail: Vetoshkina23011991@mail.ru

Монокристаллы ферромагнитных сплавов Гейслера NiFeGa являются перспективными материалами с термоупругими Мартенситными Превращениями (МП), в которых наблюдаются такие явления как эффект памяти формы (ЭПФ) и сверхэластичности (СЭ) [1, 2]. Исследование термоупругих МП при охлаждении/нагреве без нагрузки показало, что в монокристаллах NiFeGa наблюдаются одностадийные $L2_1$-14M МП с характеристическими температурами, представленными в таблице 1. Однако, при МП под нагрузкой возможно развитие межмартенситных $L2_1$-14M-$L1_0$ превращений, что было подробно изучено при деформации растяжением монокристаллов NiFeGa [1]. При деформации сжатием подобных систематических исследований проведено не было [3]. Поэтому цель настоящего исследования заключается в изучении влияния ориентации на закономерности МП под нагрузкой и ЭПФ при деформации сжатием.

Таблица 1. Характеристические температуры МП для [011]- и [012]-монокристаллов NiFeGa

M_s, (±2) К	M_f, (±2) К	A_s, (±2) К	A_f, (±2) К
274	270	278	283

Монокристаллы $Ni_{54}Fe_{19}Ga_{27}$ (ат.%) выращены методом Бриджмена в атмосфере инертного газа. Для исследования были выбраны ориентации [011] и [012], в которых теоретические расчеты показали одинаковые значения деформации решетки при $L2_1$-$L1_0$ МП при деформации сжатием (6,2 %). Однако за счет различия деформации решетки при $L2_1$-14M и $L2_1$-$L1_0$ МП в [011]-монокристаллах возможно наблюдение многостадийных МП под нагрузкой.

ЭПФ может быть реализован двумя способами. Первый способ состоит в охлаждении кристалла без нагрузки до $T<M_f$. При охлаждении в свободном состоянии в монокристаллах образуется самоаккомодирующая структура, состоящая из нескольких вариантов мартенсита, акоммодированных упругим образом так, чтобы общая деформация формы была равна нулю. Приложение внешних напряжений вызывает переориентацию мартенситных вариантов (двойникование, рост благоприятно ориентированных относительно внешней нагрузки кристаллов мартенсита за счет других, менее благоприятно ориентированных кристаллов). Этот процесс сопровождается деформацией образца. При последующем нагреве до $T>A_f$ в монокристаллах реализуется ЭПФ – вся заданная деформация возвращается при обратном МП.

На рисунке 1 а, б представлены кривые зависимости «σ-ε» при $T\sim M_s$ для [011]- и [012]-монокристаллов. Для [012] ориентации характерны одностадийные МП, деформация развивается с низким коэффициентом деформационного упрочнения. Величина ЭПФ равна $\varepsilon_{ЭПФ} = (6{,}3 \pm 0{,}5)$ %, что соответствует деформации решетки для $L2_1$-$L1_0$ МП при деформации сжатием.

В кристаллах, ориентированных вдоль [011] направления, обнаружена стадийность на кривых «σ-ε» (два предела текучести σ_{cr}^1 и σ_{cr}^2) (рисунок 1 б) [2]. Деформация, заданная на первой стадии является обратимой только после нагрева выше A_f и, следовательно, соответствует ЭПФ: $\varepsilon_{ЭПФ} = (3{,}0 \pm 0{,}5)$ %. Эта величина соответствует теоретическому значению деформации превращения при развитии $L2_1$-14M МП $\varepsilon_{14M} = 3{,}06$ %. Поэтому первая стадия может быть связана с развитием $L2_1$–14M МП под нагрузкой, а вторая – с дальнейшим 14M–$L1_0$ МП и раздвойникованием $L1_0$ мартенсита. Деформация на второй стадии является полностью обратимой при разгрузке и соответствует СЭ, в отличие от первой стадии превращение развивается с высоким коэффициентом упрочнения. Общая деформация двухступенчатого превращения близка к значениям $\varepsilon_{ЭПФ}$ для [012]-монокристаллов NiFeGa и составляет (6,3 ± 0,5) %.

Другой способ исследования ЭПФ состоит в изменении температуры в интервале $M_f \div A_f$ в кристалле, к которому прикладываются напряжения. В этом случае при $T = M_s(\sigma)$ будут сразу расти кристаллы мартенсита с благоприятной ориентацией относительно внешней нагрузки. МП будет сопровождается деформацией превращения. На рисунке 2 а, б представлены кривые «ε-T» для монокристаллов NiFeGa, ориентированных вдоль [001] и [012] направлений.

При небольших степенях нагрузки ($\sigma_{вн} \leq 40$ МПа) в кристаллах обеих ориентаций при сжатии на кривых «ε-T» присутствует одна стадия. Как видно из кривых, наблюдается ориентационная зависимость напряжений, при которых начинается МП под нагрузкой при сжатии. При минимальных сжимающих напряжениях 2 МПа, в [011]-кристаллах обратимая деформация составляет порядка 0,4 %. Для [012]-монокристаллов внешние напряжения 2 МПа являются недостаточными, и МП начинается при увеличении нагрузки до 5 МПа. Следует обратить внимание, что от ориентации зависит и величина напряжений, при которых наблюдается максимально возможная обратимая деформация при ЭПФ, измеренная по «ε-T». В [012] необходимые напряжения – 20 МПа. Для

наблюдения максимального ЭПФ в [011] ориентации необходимо увеличить внешние приложенные напряжения в 2 раза – до 40 МПа. Величина ЭПФ, измеренная по зависимости «ε-Т» для [011]-монокристаллов близка к полученной по кривым «σ-ε» и равна 2,9 % (рисунки 1 б, 2 а). В [012] ориентации эти значения различаются на 1,8 % – $\varepsilon_{ЭПФ}^{\sigma-\varepsilon}$ = 4,5 % (рисунок 2 б).

На кривых зависимости «ε-Т» для [011] монокристаллов при сжатии так же возможно получить две стадии (рисунок 2 в), для чего необходимо увеличить напряжения до $\sigma_{вн} = \sigma_{cr}^{2} = 180$ МПа. Однако максимальная деформация, полученная данным способом, составляет $\varepsilon_{ЭПФ}^{\sigma-\varepsilon} = 3{,}8$ %, что значительно меньше $\varepsilon_{ЭПФ}^{\varepsilon-T} = 6{,}5$ %. Аналогичная ситуация наблюдается в [012]-монокристаллах при приложении высоких напряжений: $\varepsilon_{ЭПФ}^{\sigma-\varepsilon}$ уменьшается до 3,8 % но для [012]-монокристаллов характерно одностадийное МП.

Аналогично более низкие значения обратимой деформации на «ε-Т» кривых по сравнению с «σ-ε» наблюдали авторы [4]. Объяснить уменьшение максимально обратимой деформации при ЭПФ можно следующим образом.

Понижение температуры в условиях постоянной малой нагрузки приводит к постепенному накоплению деформации, вплоть до $T = M_s(\sigma)$, когда появляются первые кристаллы мартенсита, ориентированные по отношению к внешней нагрузке с максимальным фактором Шмида, что сопровождается изменением длины образца. Поскольку охлаждение вызывает массовое появление кристаллов мартенсита и внешние напряжения малы, то одновременно с появлением ориентированного мартенсита, в упругодеформированном аустените могут возникать кристаллы с отличной от него плоскостью габитуса. При последующем охлаждении кристаллы увеличиваются в размерах и одновременно участвуют в процессах переориентации, за счет чего происходит увеличение объемной доли ориентированного мартенсита. При температуре $M_f(\sigma)$ превращение заканчивается. Состояние образца представляет собой смесь ориентированного мартенсита и самоаккомодирующей структуры, появление которой может приводить к сокращению деформации превращения.

Таким образом, показано, что за счет изменения ориентации монокристаллов NiFeGa возможно наблюдать двухстадийные МП, изменять последовательность МП под нагрузкой, а, следовательно, и величину обратимой деформации.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП № 14.740.11.0258.

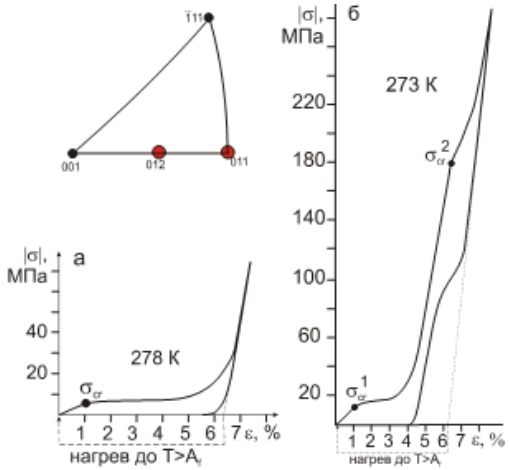


Рис.1. Кривые «σ-ε» для [012]- (а) и [011]- (б) монокристаллов NiFeGaCo при сжатии

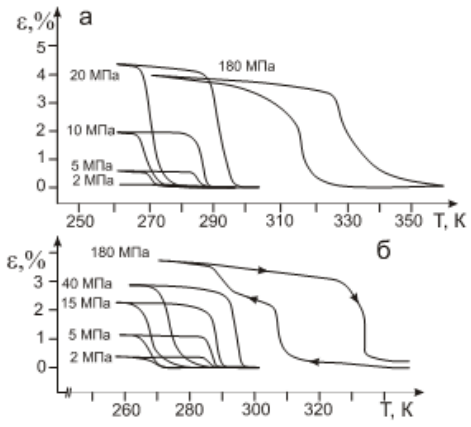


Рис.2. Кривая «ε-Т» для [012]- (а) и [011]- (б) монокристаллов NiFeGa при сжатии

Список использованной литературы:

1. Панченко Е.Ю., Чумляков Ю.И., Тимофеева Е.Е., Казанцева Л.П., Maier H.J. Ориентационная зависимость высокотемпературной сверхэластичности в ферромагнитных монокристаллах Ni-Fe-Ga // «Деформация и разрушение материалов», 2010. – № 2. – С. 22 - 29.

2. Е.Е. Тимофеева, Е.Ю. Панченко, Ю.И. Чумляков, H.Maier. Закономерности развития термоупругих мартенситных превращений под сжимающей нагрузкой в [011]- монокристаллах ферромагнитного сплава NiFeGa // Известие вузов. Физика. 2011. № 12. С. 116-118.

3. Liu Z.H., Wu G.H., Liu Y. Stress-induced martensitic transformation of a $Ni_{54}Fe_{19}Ga_{27}$ single crystal in compression // Intermetallics. 2006. V.14. P.1493-1500.

4. Hamilton R.F., Sehitoglu H., Efstathiou C., Maier H.J. Inter-martensitic transitions in Ni–Fe–Ga single crystals // Acta Materialia. 2007. V.55. Is.14. P.4867-4876.

АЗОТИРОВАНИЕ ТИТАНОХРОМОВОГО ФЕРРОСПЛАВА В ИЗОЭРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Витушкина О.Г., Чухломина Л.Н.
Научный руководитель: Чухломина Л.Н., д.т.н., вед.н.с.
Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН,
634021, Россия, г. Томск, пр-т Академический 10/3
e-mail: olchik4@yandex.ru

Для легирования сталей азотом используют сплавы железа с хромом, титаном, ванадием, кремнием и другими элементами, азотированные методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Азотированный феррохром используется при выплавке практически любых марок сталей (наиболее эффективно применение при выплавке нержавеющих сталей аустенитного и аустенитно-ферритного классов). Азотированный ферротитан находит новое применение при выплавке сталей марок 18САТЮ и 12САФТЮ, превосходящих по прочности, вязкости, хладостойкости и коррозионной стойкости стали с аналогичным составом (СТ3 и 09Г2С). Высокие свойства данных сталей обусловлены карбонитридным микролегированием (Ti, Al, N). Азотированный ферросилиций предназначен для легирования электротехнических и других марок сталей, содержащих кремний.

В настоящее время металлургической промышленностью востребованы экономичные высококонцентрированные лигатуры, содержащие одновременно несколько легирующих элементов. Для получения данных материалов целесообразно использовать комплексные ферросплавы (сплавы, содержащие несколько нитридообразующих элементов), которые азотируют методом СВС.

На предприятии ОАО «Уралредмет» (г. Екатеринбург) выпускается титанохромовый ферросплав (ТХФ), производимый по экологически чистой «бездымной минеметаллургической технологии».

В Отделе структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН разработана технология получения азотированных ферросплавов методом СВС (азотированные феррохром, ферросилиций и др.).

В настоящей работе представлены исследования по азотированию титанохромового ферросплава в изотермических условиях с целью выявления механизма нитридообразования. Следует отметить, что проводимые исследования являются актуальными как в фундаментальном, так и прикладном плане, поскольку процесс азотирования сложных ферросплавов, содержащих несколько нитридообразующих элементов, ранее не исследовался.

В качестве исходного сырья использовался сплав марки ТХФ 25. Содержание основных элементов мас. %: Cr – 23,4; Ti – 20,2; Fe – 42,2; Al – 6,2; Si – 6,4.

Согласно результатам рентгенофазового анализа (РФА) полидисперсный титанохромовый ферросплав состоит из Cr, (Fe, Cr), Fe_2Ti, Cr_2Ti.

С целью выявления механизма нитридообразования проводили детальные исследования взаимодействия титанохромового ферросплава с азотом в изотермических условиях (печное азотирование). Азотирование печным способом осуществляли в трубчатой печи сопротивления в токе азота в диапазоне температур 800 - 1250ºС. Порошок засыпали в корундовые лодочки, помещали в предварительно нагретую до заданной температуры печь и выдерживали в течение 1 часа. В эксперименте использовали сплав с размером частиц менее 80 мкм. Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили на дифрактометре ДРОН-2 с использованием Co- излучения. При расшифровке рентгенограмм использовали рентгеновскую базу данных JCPDS. Общее содержание азота в продуктах горения предварительно оценивали по привесу. Привес определяли путем взвешивания образцов до и после горения с точностью до ± 0,005 г. Более точное содержание азота определяли химическим анализом – методом Кьельдаля.

Исследования показали, что с увеличением температуры до 1100ºС наблюдается увеличение содержания азота в продуктах азотирования (рисунок 1). Дальнейшее увеличение температуры азотирования приводит к снижению содержания азота в образцах.

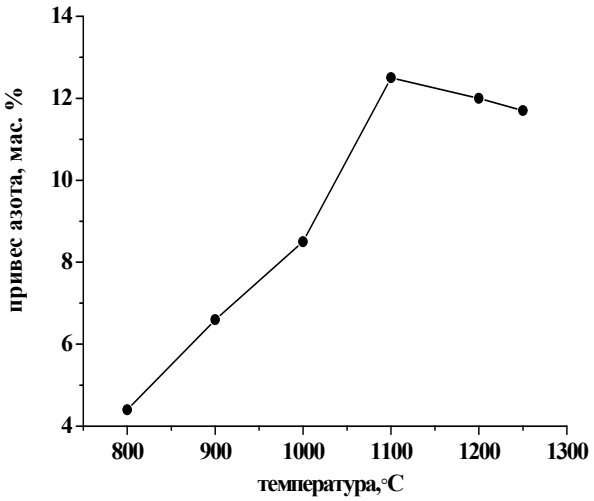


Рисунок 1 – Зависимость изменения содержания азота от температуры

Исследование фазового состава продуктов азотирования при различных температурах показало,

что процесс азотирования сплава начинается при температуре 800ºС. При этом в продуктах азотирования определяются нитриды хрома (Cr_2N) и титана (TiN) (рисунок 2).

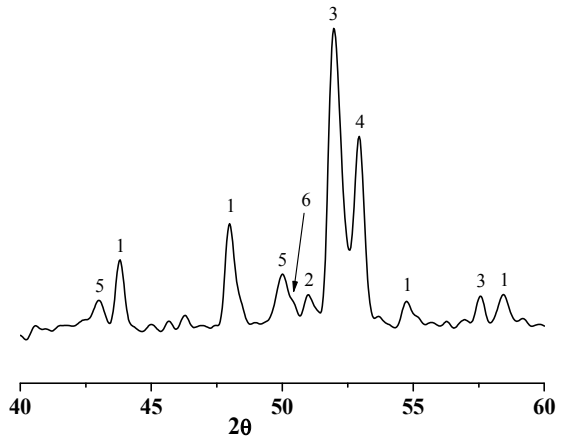


Рисунок 2 – Фрагмент рентгенограммы продуктов азотирования титанохромового ферросплава в изотермических условиях (T= 800ºС, 1 час)
1 - Fe_2Ti, 2 - Cr_2Ti, 3 - Cr,
4 - (Fe, Cr), 5 - TiN, 6 - Cr_2N

Образование нитрида хрома (Cr_2N) осуществляется за счет реакционной диффузии азота в хром по реакции

$$4\ Cr + N_2 \rightarrow 2\ Cr_2N.$$

Нитрид титана (TiN) образуется при взаимодействии титана с азотом, находящегося в сплаве в виде Fe_2Ti по реакции

$$2\ Fe_2Ti + N_2 \rightarrow 2\ TiN + 4\ Fe.$$

В интервале температур 900 − 1000ºС наблюдаются аналогичные процессы нитридообразования, но с большим содержанием азота в продуктах (6,6 мас.%).

При увеличении температуры более 1000ºС в продуктах азотирования наряду с Cr_2N, TiN появляются рефлексы фаз Ti_2N и FeTi (рисунок 3). Дополнительное образование нитрида титана (Ti_2N) с более низким содержанием азота осуществляется за счет появления эвтектического расплава FeTi + β- Ti при температуре 1085ºС в соответствии с диаграммой состояния Fe-Ti [1]. Следует отметить, что по результатам РФА увеличение температуры с 1100 до 1250ºС приводит к уменьшению интенсивности рефлексов фазы TiN и увеличению Ti_2N, FeTi. Наличие в продуктах азотирования Fe-Ti, (Fe, Cr) свидетельствует о незавершенности процесса нитридообразования.

Стадии взаимодействия титанохромового ферросплава с азотом, характерные для изотермических условий в интервале температур 800 - 1250ºС вероятны и при азотировании титанохромового ферросплава в режиме горения. Согласно результатам РФА в продуктах азотирования сплава методом СВС присутствуют Cr_2N, Ti_2N, а также (Fe, Cr), FeTi.

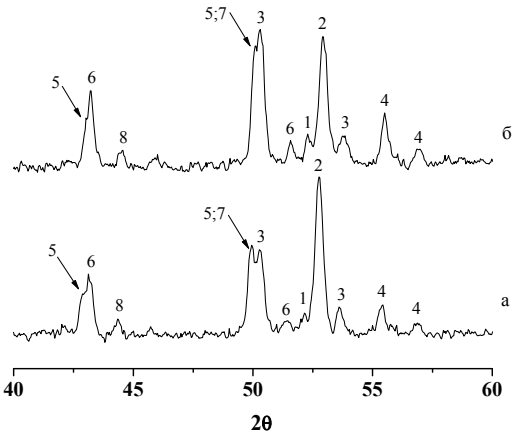


Рисунок 3 – Фрагменты рентгенограмм продуктов азотирования сплава при температурах 1100ºС (а) и 1250ºС (б)
1 – Cr, 2 – (Fe,Cr), 3 – FeTi, 4 – FeCr, 5 – TiN,
6 – Ti_2N, 7 – Cr_2N, 8 - AlN

Изменение основных параметров синтеза приводит к незначительному увеличению интенсивностей рефлексов основных фаз. Установлено, что максимальная температура горения сплава составляет 1760ºС, что значительно выше температуры диссоциации высшего нитрида хрома CrN. Во фронте горения CrN не образуется. Эта фаза может образовываться только на стадии доазотирования при остывании сгоревшего образца.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при азотировании ТХФ в интервале температур 800 - 1000ºС осуществляется образование Cr_2N и TiN за счет реакционной диффузии азота соответственно в хром и титан. Появление рефлексов фазы Ti_2N объясняется появлением эвтектического расплава FeTi + β- Ti при температуре 1085ºС. В волне горения присутствуют фазы Cr_2N, Ti_2N. Как при азотировании сплава в изотермических условиях, так и методом СВС в продуктах наблюдается наличие фаз FeTi, (Fe,Cr), которые свидетельствуют о незавершенности процесса нитридообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа / Под ред. О.А. Банных. - М.: Металлургия, 1986. - 439с.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-03-12110-офи-м).

РАЗРУШЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ SIALN ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Гайнутдинова Ю.И. [1], Кастеров А.М.[2]
Научный руководитель: Панин А.В.[3], д.ф.-м.н.
[1]Томский политехнический университет, 634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
[2]Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36
[3]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: julgai@sibmail.com

Введение

Основной проблемой при создании теплозащитных покрытий является получение необходимой адгезионной прочности между керамическим слоем и металлической подложкой, обеспечивающей сохранение сплошности покрытия в течение всего времени эксплуатации. С целью повышения адгезионной прочности теплозащитных покрытий применяется предварительное наноструктурирование металлической подложки, обеспечивающее наилучшее согласование кристаллических решеток сопрягающихся материалов, а также их механических свойств. Одним из перспективных методов наноструктурирования является бомбардировка медной подложки низко- и высокоэнергетическими пучками ионов металлов, которая не только приводит к существенному увеличению адгезии и измельчению структуры теплозащитных покрытий, но и оказывает влияние на распределение напряжений в многослойной структуре. В данной работе исследованы механизмы деформации и разрушения покрытия SiAlN на подложках Cu при термоциклировании с различным составом покрытия, а также влияние наноструктурирования подложки Cu на адгезионную прочность теплозащитных покрытий SiAlN.

Материалы и методика исследования

В качестве подложки использовали медь М1 (99,94% Cu), находящуюся в состоянии поставки. Ионно-пучковую обработку Zr^+ и Ti^+ выполняли с помощью вакуумно-дугового импульсного ионного источника «ДИАНА-2». Время обработки составляло 60 мин. Покрытия SiAlN наносили методом магнетронного распыления мишеней из сплава Si_xAl_y в реактивной среде из смеси газов аргона и азота при температуре 350…450°С. Путем изменения процентного соотношения состава мишени Si_xAl_y получали покрытия с высоким (90% Si и 10% Al) и низким содержанием кремния (20% Si и 80% Al). Отжиг образцов производился в муфельной печи, при температурах 200, 400, 600 и 1000 °С в течение 1 минуты. Изменение морфологии поверхности покрытий SiAlN изучали с помощью оптического микроскопа Zeiss Axiovert 25, атомно-силового микроскопа (АСМ) РАСМ-5 и растрового электронного микроскопа (РЭМ) LEO EVO 50. Элементный состав покрытий определяли методом рентгеновского микроанализа с помощью детектора INCA X-act.

Результаты эксперимента

В результате проведенных исследований показано, что в процессе бомбардировки ионами Zr^+ имеет место существенное изменение морфологии поверхности подложки Cu. Видно, что механически полированная поверхность подложки приобретает нанокристаллическую структуру со средним размером зерна 30…50 нм (рис. 1, б). Наноструктурирование подложки Cu ионами Zr^+ существенно влияет на размер зерна в покрытии SiAlN. Использование атомно-силовой микроскопии показало, что на исходной подложке Cu формируется сплошное покрытие SiAlN со средним размером зерен 300…400 нм, которые, в свою очередь, состоят из более мелких кристаллитов (рис. 1, в). В случае бомбардировки подложки Cu низкоэнергетическими ионными пучками размеры зерен в покрытии SiAlN не превышают 50 нм (рис. 1, г).

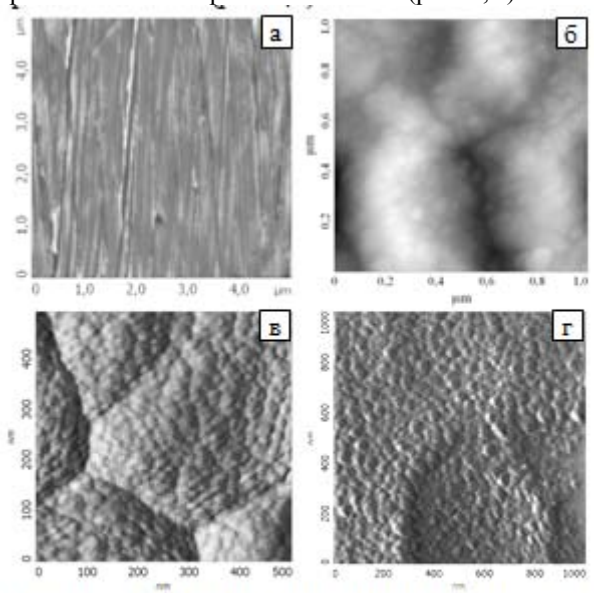


Рис. 1. АСМ-изображения подложки (а, б) и покрытия SiAlN (в, г), нанесенного на исходную медную подложку (а, в) и предварительно наноструктурированную ионами Zr^+ (б, г)

В процессе термоциклирования покрытий SiAlN установлено, что в результате нагрева системы «покрытие - подложка», вследствие различия их коэффициентов термического расширения, покрытие SiAlN испытывает биаксиальное растяжение, а поверхностные слои подложки Cu подвергаются биаксиальному сжатию. Релаксация сжимающих напряжений в поверхностных слоях медной подложки осуществляется путем восходящей

диффузии атомов меди в растянутое теплозащитное покрытие с образованием силицидов меди (рис. 2, а). В результате покрытия полностью разрушаются уже после 1 цикла испытаний.

Наиболее наглядно эффект восходящей диффузии проявляется в покрытиях SiAlN с высоким содержанием кремния (90% Si – 10% Al). В данных покрытиях высокие биаксиальные растягивающие напряжения, возникающие в процессе нагрева до 1000 °С, приводят к его множественному растрескиванию (рис. 2, б). Напряжения внутри каждого фрагмента покрытия являются неоднородными вследствие образования свободных краев покрытия в местах трещин. Растягивающие напряжения в плоскости покрытия достигают максимального значения в средней части фрагмента, а вблизи трещины быстро убывают до нуля. Соответственно, в подложке Cu сжимающие напряжения также максимальны непосредственно под фрагментом покрытия и полностью релаксируют вблизи краев фрагментов покрытия. Как следствие, восходящая диффузия атомов Cu в теплозащитное покрытие SiAlN оказывается максимальна в середине фрагментов покрытия и минимальна вблизи трещин (рис. 2).

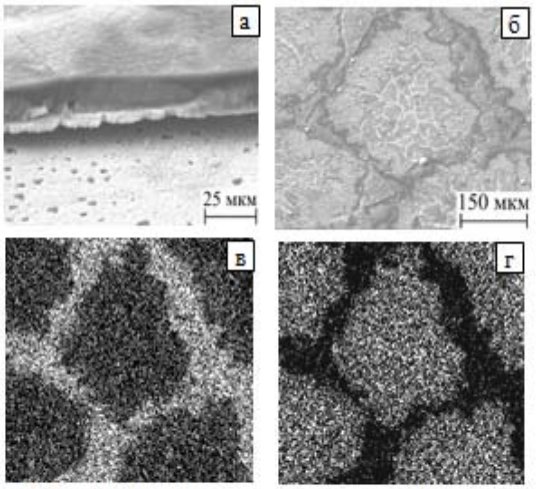


Рис. 2. РЭМ-изображения боковой грани (а) и поверхности (б) покрытия SiAlN на подложке Cu после 1 цикла нагрева до 1000°С, а также карты распределения Si (в) и Cu (г)

Наноструктурирование подложки Cu непрерывным потоком ионов Zr^+ либо Ti^+ не только увеличивает адгезию покрытий за счет формирования нитридных и интерметаллидных фаз, но и подавляет диффузию атомов Cu в теплозащитное покрытие в процессе термического отжига, предотвращая образование силицидов. Как следствие, существенно повышается их термическая стойкость. Тем не менее, покрытия с высоким содержанием кремния (90% Si – 10% Al), по-прежнему, растрескивается при повышенных температурах, в то время как теплозащитные покрытия с низким содержанием кремния (20% Si – 80% Al) выдерживают до 50 циклов испытаний.

В покрытии SiAlN с низким содержанием кремния чередование зон сжатия и растяжения проявляется в периодическом скалывании фрагментов покрытия (рис. 3, а). Диффузия меди из подложки в покрытие, контролирующаяся периодическим распределением напряжений, приводит к формированию агломератов меди, распределенных на поверхности покрытия (рис. 3, б). При последующем охлаждении поверхностные слои подложки испытывают растяжение, а покрытие подвергается сжатию. Релаксация сжимающих напряжений в керамическом покрытии приводит к его изгибной деформации в областях подложки с пониженной плотностью материала, проявляющейся в виде областей вдавливания. При многократных циклах нагревания-охлаждения покрытие все глубже вдавливается в подложку и происходит отслоение и скалывание фрагментов покрытия вокруг области вдавливания (рис. 3, б).

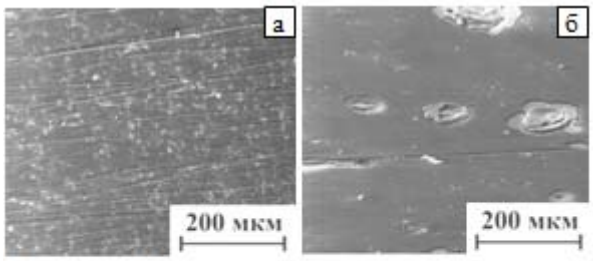


Рис. 3. РЭМ-изображение поверхности покрытия SiAlN, подвергнутого отжигу при температуре 1000°С в течение 1 мин, а – 20 циклов нагревания-охлаждения, б, – 50 циклов нагревания-охлаждения

Заключение

В работе исследован механизм деградации теплозащитных покрытий SiAlN на подложках Cu в процессе отжига при температурах 200…1000 °С. Показано, что различие коэффициентов термического расширения керамического покрытия и металлической подложки обусловливает множественное растрескивание покрытия, а также рост кристаллов силицидов за счет восходящей диффузии атомов Cu из подложки в покрытие.

Создание барьерного подслоя вследствие бомбардировки подложки Cu низкоэнергетическими ионами не только увеличивает адгезию покрытий за счет формирования нитридных и интерметаллидных фаз, но и подавляет диффузию атомов Cu в теплозащитное покрытие в процессе термического отжига, предотвращая образование силицидов.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ И ОКСИНИТРИДОВ ТИТАНА

Гребнева И.А., Морозова Н.С., Конищев М.Е.
Научный руководитель: Пичугин В.Ф., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: avenberg@inbox.ru

В настоящее время при лечении различных заболеваний и травм применяют имплантаты – изделия из современных биосовместимых материалов, способные выполнять в живом организме определенную функцию. Имплантаты должны быть совместимы с окружающей средой, в которой они будут функционировать, и обладать необходимыми для выполнения заданной функции физико-механическими свойствами. Имплантаты сердечнососудистой хирургии должны в свою очередь снижать риск возникновения тромбозов, которые часто приводят к инфаркту миокарда (ИМ). Известно, [1] что для улучшения антитромбогенных свойств имплантатов сердечнососудистой хирургии применяется напыление пленок оксидов и оксинитридов титана.

В данной работе приводятся результаты исследования морфологии пленок на основе оксидов и оксинитридов титана, которые были синтезированы методом импульсного реактивного магнетронного напыления [2].

Нанесение покрытий проводилось на вакуумной установке магнетронного распыления УВН-200МИ [3] при давлении 0.1 – 0.5 Па в среде чистого кислорода и в смеси кислорода с азотом. В качестве подложки для нанесения покрытий использовалась нержавеющая сталь медицинского назначении 12Х18Н10Т. Морфология поверхности анализировалась с помощью растрового электронного микроскопа ESEM Quanta 400 FEG. Шероховатость поверхности оценивалась с помощью механического профилометра Dektak 6M. Измерение толщины покрытия проводились при помощи многофункционального измерительного комплекса на базе оптоволоконного спектрометра AvaSpec-2048-USB2. Режимы распыления, сведения о параметрах шероховатости и толщины полученных пленок представлены в таблице 1.

Исходя из измерений параметров шероховатости механическим профилометром на разных подложках, можно сделать вывод о том, что при напылении на нержавеющую сталь первоначально покрытие перекрывает неровности подложки, происходит увеличение класса шероховатости, на кремний – напротив, ухудшает рельеф подложки и снижает класс шероховатости. Далее при напылении до 90 минут в обоих случаях происходит постепенное увеличение значения параметра Ra, на 90 минутах значение стабилизируется, а с дальнейшим увеличением времени напыления покрытие нивелирует неровности на поверхности подложки.

Данные о толщине полученных пленок оксидов и оксинитридов титана позволяют сделать вывод о том, что скорость роста покрытий постепенно уменьшается при напылении до 90 минут, в дальнейшем наблюдается стремительный рост скорости напыления.

Таблица 1. Режимы распыления и толщина пленок оксидов и оксинитридов титана

Покрытие	Рабочий газ, Ar ($м^3$)	Реактивный газ		Рабочие параметры	Время напыления, мин	Толщина, нм	Шероховатость, R_a (нм)	
		O_2 ($м^3$)	N_2 ($м^3$)				на стали	на Si
TiO_2	0,1	3	–	P= 1 кВт U=341±1 В I=2.93 А	0	–	44	2,5
					15	70	38	9
					30	130	45	11
					90	184	84	13
					180	454	75	12
Ti-O-N	–	2	2,5	P= 1 кВт U=331±1 В I=3.08 А	0	–	44	2,5
					15	74	24	–
					30	136	42	30
					90	204	57	39
					180	524	35	31

Исследования морфологии покрытий методом растровой электронной микроскопии показывают, что структура полученных покрытий является однородной, плотной и не содержит видимых дефектов по всей площади поверхности. Структура покрытия мелкозернистая, основными элементами структуры покрытия являются сферические фрагменты (зерна), которые формируют структуру покрытия.

На рис. 1 представлена гистограмма распределения размера зерна. Размер зерен варьируется в интервале 6 и 75нм. Функция распределения зерен по размерам двухмодальная с максимумами в области 10-20 нм и 30-40 нм.

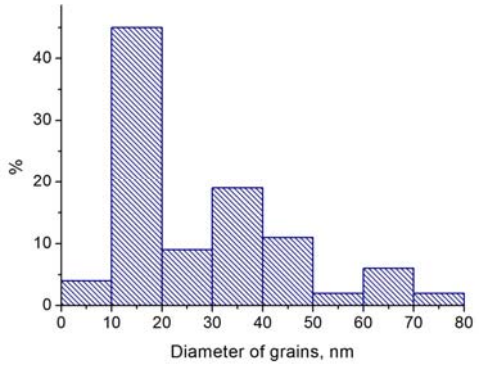


Рис.1. Гистограмма распределения размера зерна

С увеличением времени распыления (Рис. 2, 3) рельеф магнетронных покрытий становится более выраженным. Формирование и рост покрытия идет за счет образования островков и последующего увеличения их площади до смыкания друг с другом.

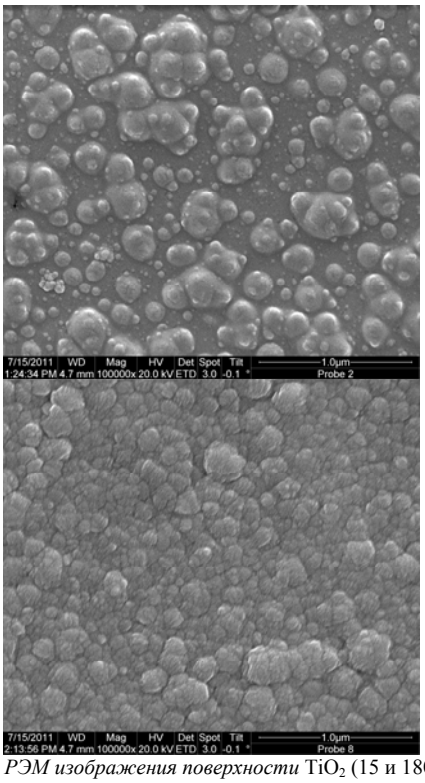


Рис. 2. *РЭМ изображения поверхности* TiO_2 (15 и 180 мин)

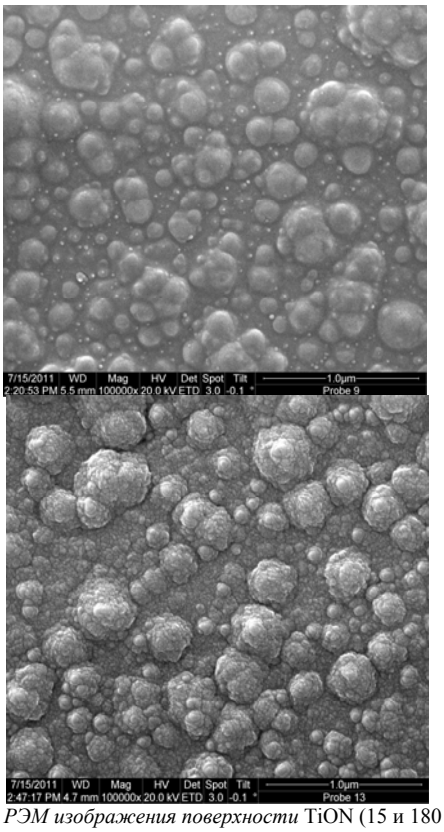


Рис. 3. *РЭМ изображения поверхности* TiON (15 и 180 мин)

Отсутствие трещин и сколов благоприятно сказывается на механических свойствах пленки. Необходимо отметить, что в общей структуре пленки высока доля границы раздела фаз, объемная доля которой достаточно высокая (< 50 %). Пленка состоит, как минимум, из двух фаз с нанокристаллической и аморфной структурой.

Таким образом, полученные покрытия оксидов и оксинитридов титана удовлетворяют требованиям, предъявляемым к морфологии поверхности имплантатов сердечнососудистой хирургии, что показывает перспективность их использования в качестве покрытий для медицинских изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

[1] Y.X. Leng, Z. H. Wang, N. Huang. Structure and Properties of Ti-O-N Films Synthesized by Reactive Magnetic Sputtering // Physics Procedia 18 (2011) 40–45

[2] Pichugin V.F., Yanovskiy V.P., Morosova N.S., Yermolovich I.M. 10th International Conference on Modification of materials with Particle Beams and Plasma Flows: Proceedings // Tomsk, 2010. - p. 672-675

[3] И.В. Блонский, А.А. Гончаров и др. Исследование оптических характеристик цилиндрического газового разряда магнетронного типа в условиях синтеза пленок нитрида титана// ЖТФ, 2009, том 79, в.7

АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ ВЧ-МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ МИШЕНИ ИЗ КРЕМНИЙЗАМЕЩЁННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА

И. Ю. Грубова, М.А. Сурменева, Р.А. Сурменев
Научный руководитель: Сурменев Р.А., к.ф. - м.н., старший научный сотрудник
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: rodeo_88@mail.ru

Одним из важных направлений современного неорганического материаловедения является разработка биоматериалов для медицины, в частности создание новых материалов, которые смогут заменить костную ткань, утерянную вследствие различных факторов (болезни, раковые опухоли, операции, травмы и др.).

Интерес к получению материалов на основе фосфатов кальция обусловлен тем, что костная ткань представляет собой композит, состоящий из гидроксилапатита $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ (ГА) и аморфного фосфата кальция $Ca_3(PO_4)_2 \cdot nH_2O$ в органической матрице белка коллагена [1]. Оптимальным, широко используемым в клинической практике материалом считается синтетический гидроксиапатит кальция (ГА). ГА биосовместим с организмом человека, способен к биоинтеграции с костной тканью, не проявляет отрицательного воздействия на иммунную систему, не токсичен и характеризуется остеокондуктивным поведением. Такой материал обладает и рядом недостатков: низкой скоростью биорезорбции in vivo, слабым стимулирующим воздействием на рост новой костной ткани (остеоиндукцией). Известно, что химическое модифицирование ГА кремнием является перспективным методом управления биоактивностью имплантационных материалов [2].

Метод ВЧ-магнетронного распыления является одним из методов модифицирования металлической поверхности имплантатов. Он позволяет формировать покрытия с высокой адгезией, а также со стехиометрическим соотношением элементов в покрытии, которое по составу близко к составу исходной мишени [3].

Механические свойства покрытий очень важны, так как именно они определяют долговечность службы как имплантата, так и композита «имплантат+покрытие». Метод динамического индентирования позволяет оценивать поведение покрытия, в том случае, когда на него оказывается какая-либо нагрузка, что моделирует контакт покрытия с окружающими его тканями.

Целью данной работы является исследование физико-механических свойств покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления мишени из кремнийзамещенного гидроксиапатита.

Для исследований напылялись покрытия в течение 3 часов на сталь в режиме мощности 290 Вт и смещении -50 В, -100 В, а также при заземлённой подложке (ЗП). Материалом для формирования мишени для распыления служил однофазный механохимически синтезированный кремнийзамещенный гидроскиапатит (Si-ГА) с формулой $Ca_{10}(PO_4)_{6-x}(SiO_4)_x(OH)_{2-x}$, x=0,5. Мишень для ВЧ-магнетронного распыления (∅ 220 мм, толщина 10 мм) была приготовлена по керамической технологии: прессование порошка при давлении 70 МПа и последующий отжиг при температуре 1100°С на воздухе. Для напыления покрытий использовалась модифицированная промышленная установка для химического травления 08ПХО-100Т-005 с магнетронным источником. Рабочая частота ВЧ-генератора 5,28 МГц.

Для определения фазового состава сформированного Si-ГА покрытия использовался дифрактометр фирмы Bruker D8 Advance (с медным Cuкα (1,54 нм) антикатодом (напряжение 40кВ и сила тока 40мА), интервал углов сканирования 2θ от 10 до 50°). Использование основных характеристик дифракционных максимумов позволило рассчитать параметры решетки и области когерентного рассеяния (ОКР) покрытия.

Исследование нанотвердости покрытий проводилось с помощью нанотвердомера DUH-W211S Shimadzu (Япония, 2008) в Нано-Центре НИТПУ. Значения нанотвердости – H, модуля Юнга – E_Y, определялись в соответствии с методикой, предложенной Оливером и Фарром. Величину упругого восстановления покрытий определялась по формуле: $W_e = (h_{max} - h_f)/h_{max}$, где h_f – глубина проникновения индентора после снятия нагрузки, h_{max} – максимальная глубина проникновения индентора.

В кремнийсодержащих кальций-фосфатных покрытиях (Si-КФ), полученных при смещениях -50 В и -100 В, появляются структурные отличия по сравнению с покрытиями, осажденными без смещения. Прежде всего, это проявляется в уменьшении интенсивности максимума текстуры (002) (рис. 1).

Повышение отрицательного потенциала смещения до -100 В приводит к подавлению ориентированного роста пленки путем ионной бомбардировки. Кроме того, рефлексы 31,8° (211), 32,2° (112), 32,9° (300) перекрываются, образуя один диффузионный пик. Последнее обстоятельство может не только свидетельствовать об уменьшении размеров кристаллитов, а также о формировании радиационных дефектов и появлении сжимающих напряжений в покрытии.

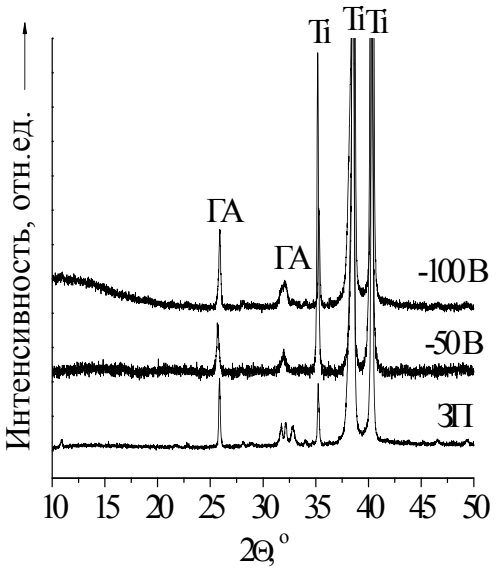


Рис. 1 – Рентгенограммы Si-КФ покрытий, сформированных в течение 180 минут при разных значениях отрицательного потенциала смещения

Следует отметить, что результаты исследования изменения области когерентного рассеяния (ОКР) в зависимости от режима показали, что при подаче отрицательного потенциала смещения в широком диапазоне размер ОКР уменьшается и составляет 79 – 90 нм. В случае ЗП размер ОКР имеет значение 96 нм. При этом подача на подложку потенциала смещения (-50 В; -100 В) В приводит к искажению кристаллической решетки Si-ГА, наблюдается уменьшение параметра *a*.

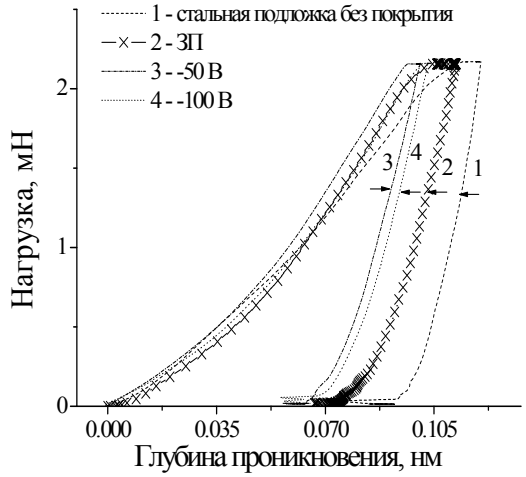


Рис. 2 – Кривые нагружение-разгружение для полученных при различном смещении Si-КФ покрытий толщиной 0,46 – 0.50 мкм (кривые 2 – 4) и для подложки из медицинской стали без покрытия (кривая 1)

Типичные кривые нагружение-разгружение, полученные для стальной подложки с Si-КФ покрытием и без покрытия, представлены на рис.2. Характер деформации покрытий является упругопластическим. Отсутствие следов ползучести материала на кривых нагружение-разгружение свидетельствует об отсутствии внутренней пористости в покрытиях.

Исследование механических характеристик Si-КФ покрытий показало, что независимо от текстурирования и стехиометрии покрытия величина нанотвердости покрытий достигает (11 – 12 ГПа), что выше аналогичного значения, полученного для стали. Значение модуля упругости покрытий ниже, чем аналогичная величина для подложки, и составляет 190 – 210 ГПа.

Таким образом, наибольшее значение твердости имеют покрытия, сформированные при отрицательном смещении. Эти покрытия также показывают самое высокое упругое восстановление при снятии нагрузки, достигающее 47%. Увеличение твердости, скалывающего напряжения, упругих коэффициентов, прочности, вызывают измельчение структуры, возникающие в результате ионной бомбардировки. Как отмечалось ранее, наличие диффузного гало и на его фоне малоинтенсивных сильно размытых дифракционных максимумов на рентгенограммах покрытий, сформированных при приложении отрицательного смещения на подложку, свидетельствует о нанокристаллической структуре и высоком уровне микроискажений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. L.L. Hench// J. Am. Ceram. Soc. – 1998. – V. 81. I. 7.– P. 1705–1728.
2. М.В. Чайкина, Механохимия природных и синтетических апатитов.– Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. – 223 с.
3. V.F. Pichugin, R.A. Surmenev, et al. //Surf. Coat. Tech.– 2008. – V. 202. – P. 3913–3920.

ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕНОСТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ К ДЕЙСТВИЮ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ

Душкина М.А., Давидюк С.В.
Научный руководитель: Казьмина О.В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dushkina89@mail.ru

В настоящее время актуальным является вопрос получения долговечных и безопасных теплоизоляционных материалов. Одним из условий, гарантирующих данные характеристики, является стойкость материалов к различным видам коррозии. Среди различных видов коррозии, воздействующих на материалы, применяемые в строительстве, большую роль играет коррозия биологическая, которая являясь результатом активного влияния микроорганизмов на свойства материалов искусственного и природного происхождения, несет значительную угрозу надежности и безопасности эксплуатации.

Целью данной работы является оценка биологической коррозионной стойкости пеностеклокристаллических материалов (ПСКМ).

По данным работы [1] показано, что скорость разложения силикатных материалов некоторыми микроорганизмами во много раз превышает действие любых неорганических растворителей с реальной для природных объектов концентрацией, поэтому проведение исследований на устойчивость к воздействию микроорганизмов является актуальным.

Одним из основных участников процессов биокоррозии является плесень, исследования в области изучения воздействия которой на эксплуатационные характеристики показали, что наибольший вред из известных микроорганизмов строительным материалам, изделиям и конструкциям из них приносят мицелиальные грибы [2 – 3]. В результате жизнедеятельности этих микроорганизмов может наблюдаться значительные изменения свойств материалов за счет нарушения их структуры. Кроме того негативное влияние плесень оказывает не только на свойства материала, но и на организма человека [4]. Поэтому необходимо стремиться к получению материалов устойчивых к действию плесневым грибам.

Для оценки коррозионной устойчивости ПСКМ проведены испытания на стойкость к воздействию мицелярных грибов по ГОСТ 9.049-91 (Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов). Сущность испытаний заключается в выдерживании материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях с последующей оценкой грибостойкости по степени развития плесневых грибов. Исследование грибостойкости материалов проводили в условиях, имитирующих минеральные и органические загрязнения.

На среду Сабуро (pH 6,0) сделан посев газоном на чашки Петри чистой культуры плесневых грибов Aspergillus niger. Сверху помещены фрагменты образцов испытуемого материала. На такую же среду без посева плесневых грибов поместили аналогичные по весу и размерам фрагменты исследуемых материалов. Параллельно были поставлены контрольные чашки с культурой плесневых грибов Aspergillus niger и контроль питательной среды. Материалы были выдержаны в термостате при 30°С в течение 14 суток.

После указанного срока наблюдали следы роста плесневых грибов на образцах ПСКМ и рост спор, видимый невооруженным глазом, который локализуется в нескольких местах, охватывая в целом не более 5 % испытуемой поверхности (рис.1), вглубь материала прорастания плесени не обнаружено.

Рис.1. Образец ПСКМ после воздействия плесневых грибов

На чашках без добавления культуры Aspergillus niger наблюдается сплошной рост культур бежевого цвета (рис. 2), с неровными краями и поверхностью. При микроскопировании обнаружена смешанная культура дрожжевых грибов, грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов.

Рис.2. Образец ПСКМ в среде без культуры

Полученные в ходе эксперимента результаты свидетельствуют о том, что исследуемые материалы выдержали испытания на грибостойкость, так как на их поверхности интенсивность роста грибов оценивается не более трех баллов, т.е. не превышает более 25 % испытуемой поверхности.

Результаты исследований показали, что ПСКМ содержат питательные вещества, способствующие незначительному развитию грибов. Однако причиной развития грибов на образцах данных материалов является наличие минеральных загрязнений, о чем свидетельствуют результаты дальнейших испытаний.

Дальнейшие испытания проводились согласно ГОСТ Р МЭК 60068-2-10-2009 «Испытания на воздействие внешних факторов. Грибостойкость» (Environmental testing. Part 2-10. Tests. Test J and guidance: Mould growth).

Суть метода заключается в заражении изделий спорами культур плесневых грибов с последующей инкубацией в условиях, благоприятных для прорастания спор и роста плесневых грибов. В качестве плесневого гриба был выбран Aspergillus niger.

В качестве образцов для исследования были выбраны ПСКМ модельных составов (на основе стеклобоя с искусственно введенной кристаллической фазой) – МС.0 %, МС.5%, и ПСКМ полученные из природного сырья – ПСКМ/Ц (на основе цеолита) и ПСКМ/М (на основе маршаллита).

Готовили споровую суспензию, которою затем распыляли на поверхность образцов, предварительно обработанных этиловым спиртом и дистиллированной водой, подобная подготовка исключает возможность роста грибов за счет присутствия загрязнений и характеризует устойчивость к росту плесени именно испытуемого материала. Зараженные споровой суспензией образцы ПСКМ помещали в чашки Петри.

После инкубационного периода в 28 суток определяли:

- степень роста плесневых грибов внешним осмотром;
- физические дефекты, вызванные ростом плесневых грибов;

Визуальный осмотр не выявил роста плесневых грибов на поверхности ни одного из испытуемых образцов (рис 3).

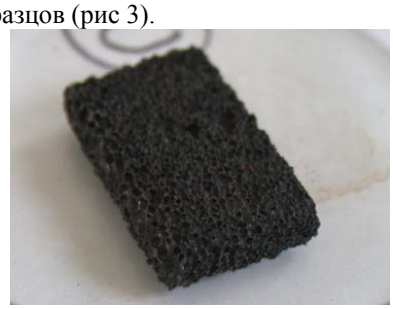


Рис.3. Образец ПСКМ-Ц, зараженный спорами Aspergillus niger (28 сутоки)

С целью выявления физических дефектов в материале, способных повлечь изменения свойств, после испытания на устойчивость к плесневым грибам проводили определение сорбционной способности образцов ПСКМ.

Испытания проводили по экспресс-методу (ГОСТ 17177-94) образцы ПСКМ помещали в стеклянные бюксы и выдерживали в воздушно-влажных условиях (над водой), контрольное взвешивание проводили через 24 и 72 часа.

Результаты эксперимента приведены ниже (таблица 1). Испытания проводились на образцах повергавшихся воздействию плесневых грибов (отмечены символом *), а также на образцах тех же составов, не испытывавших подобного воздействия.

Таблица 1- Значения сорбционной способности испытуемых материалов

Обозначение образцов	Значение сорбционной влажности (%) при продолжительности выдержки, час.	
	24	72
МС*, 0 %	1,4	2,2
МС, 0 %	0,6	0,7
МС*, 5 %	1,5	2,6
МС, 5 %	0,3	0,6
ПСКМ Ц*	0,9	1,4
ПСКМ Ц	0,3	0,6

Результаты эксперимента показали, что после воздействия на ПСКМ плесневых грибов показатели сорбционной способности несколько возрастают, что свидетельствует о микроповреждении поверхностных слоев материала, однако даже после биологического воздействия значения сорбционной влажности ПСКМ находятся в допустимых пределах (до 5%).

Показатели свидетельствуют о пониженной сорбционной способности ПСКМ в сравнении с обычным пеностеклом, то есть о благоприятном воздействии кристаллической фазы на устойчивость к воздействию плесневых грибов.

Проведенные испытания свидетельствуют об устойчивости ПСКМ к биологической коррозии, что продлевает сроки безопасной эксплуатации этого материала.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Каравайко Г.И. Микробная деструкция силикатных минералов // Тр. Ин-та микробиологии им. С.Н. Виноградского. – М.: Наука, 2004. – Вып. XII. – С. 172 –196.
2. Билай В.И., Коваль Э.З. Грибы, вызывающие коррозию // Биологические повреждения строительных и промышленных материалов. – Киев, 1978. – С. 19 – 21.
3. Каневская И.Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. – Л.: Наука, 1984. – 230 с.
4. Фельдман М.С., Смирнов В.Ф., Веселов А.П. К вопросу об идентификации микромицетов-технофилов // Выделение, идентификация и хранение микромицетов и других организмом. – Вильнюс, 1990. – С. 36 -40.

ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ НИТРИДА ТИТАНА И ИХ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОТ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Евдокимов А.А., Герасимов Д.Ю., Усиков А.И.
Научный руководитель: Сивков А.А.., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kraamis@gmail.com

В работе [1] показана возможность динамического синтеза и получения ультрадисперсного порошка (УДП) высокотвердого и термостойкого кристаллического нитрида титана в гиперскоростной струе электроразрядной плазмы.

Основной рабочий материал (титан) – нарабатывается электроэрозионным путем с поверхности ускорительного канала (УК) титанового ствола коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ). Устройство и принцип действия описаны в [1].

Наработанный материал захватывается сильноточным (порядка 10^5 А) дуговым разрядом типа Z-пинч, который ускоряется в коаксиальной системе до гиперскоростей (1-10 км/с). За срезом УК КМПУ формируется гиперскоростная плазменная струя, истекающая в камеру реактор, заполненную газообразным азотом. Синтез TiN происходит во фронте головной ударной волны с последующим распылением, кристаллизацией и формированием частиц сверхтвердого материала [2-4].

Размер получаемых в данном процессе структурных единиц лежит в довольно широком диапазоне. От отдельных частиц размером несколько десятков нанометров до крупных агломерационных структур субмикронного и микронного размера.

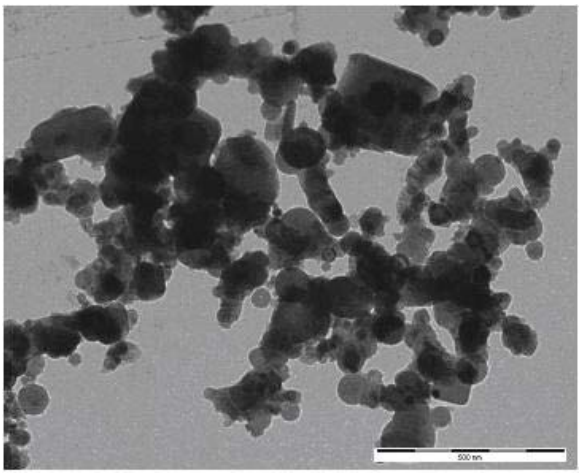


Рис. 1. Светлопольный снимок локального скопления частиц, полученный на электронном просвечивающем микроскопе СМ-12.

Из-за небольшого размера отдельных частиц ультрадисперсные порошки (УДП) обладают очень высокой удельной поверхностью, и вследствие этого высокой высокой склонностью к агломерации в силу ван-дер-ваальсового взаимодействия. Ранее нами была отмечена тенденция роста размеров агломератов с уменьшением размеров частиц УДП

Одним из факторов позволяющих повысить содержание основной фазы cTiN, а также, возможно, оказывающим влияние на дисперсность УДП, является давление P0 газообразной (азотной) атмосферы в камере-реакторе.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния величины давления азотной атмосферы P0 на дисперсность порошкообразного продукта динамического синтеза Давление менялось от 0,5 атм. до 3,0 атм. Электропитание КМПУ осуществлялось от емкостного накопителя энергии при C=28,8 мФ и Uзар=3.5 кВ. Длина титанового УК $\ell_{ук}$=230 мм, диаметр $d_{ук}$=21 мм, внешняя среда – технический азот.

Анализ продукта плазмодинамического синтеза проводился методами просвечивающей электронной микроскопии (TEM) на микроскопе Phillips CM-12, рентгеновской дифрактометрии (XRD) на дифрактометре Shimadzu XRD 6000 и лазерной дифракции на анализаторе размеров частиц Shimadzu SALD-7101.

На рис. 1 приведен светлопольный TEM-снимок скопления наночастиц УДП, полученных при P0=1,0 атм. Видно, что частицы имеют в основном округлую, но не сферическую, форму. В порошках присутствует небольшое количество частиц примесей, отличающихся по морфологии, количество которых уменьшается при увеличении P0. Статистическая обработка таких TEM-снимков позволила построить кривые распределения по размерам УДП полученных при разных давлениях, которые приведены на рис. 2. На рис.3 приведены кривые распределения, полученные на лазерном дифракционном анализаторе. Несмотря на ультразвуковую обработку суспензии, образованной в результате получения анализов, получены кривые абсолютно отличающиеся диапазоном размеров от данных TEM-анализов. На основании этого можно утверждать, что данные SALD-распределения соответствуют размерам агломератов.

Сравнение семейств кривых распределения, полученных двумя методами позволяет констатировать, что наименьший средний размер частиц имеют порошки синтезированные при P0=1,0 атм., а наибольший при P0=0,5 атм. Кроме того приведенные данные подтверждают высказанное предположение, показывая, что уменьшение размеров частиц сопровождается увеличением размеров агломератов.

Табл. 1. Статистические параметры распределения частиц.

P, атм	ОКР, нм	Математическое ожидание размеров частиц, нм		Диапазон распределения, нм	
		$D_{ПРОСВ}$	D_{SALD}	$\Delta D_{ПРОСВ}$	ΔD_{SALD}
0,5	51,44	50	1000	10-100	200-3000
1,0	38,72	30	1500	10-100	300-3000
2,0	—	30	—	10-200	—
3,0	44,80	40	1600	10-100	300-3000

Известно, что размер частиц кристаллических материалов, формирующихся из жидкой фазы как в рассматриваемом способе, определяется временем кристаллизации и закалки. Чем меньше это время, тем меньше размер кристаллитов. При распылении жидкой фазы синтезированного материала со свободной границы высокоскоростной струи время закалки определяется двумя противоборствующими факторами, скоростью разлета зародышей-капель и плотностью окружающей среды (при одинаковой температуре). Повышение плотности за счет увеличения P0 приводит к снижению скорости разлета. В данных условиях проведения процесса оптимальными в отношении минимизации размеров частиц по-видимому являются условия при P0=1,0-2,0 атм.

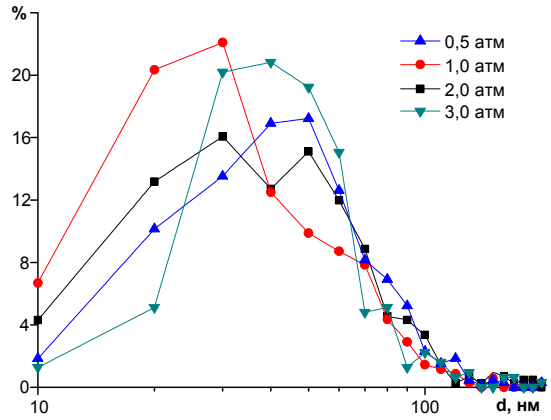


Рис. 2. Кривые распределения частиц по размерам, полученные при анализе ТЕМ-снимков

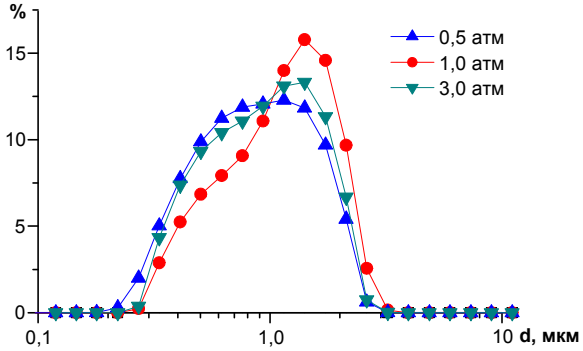


Рис. 3. Кривые распределения агломерационных структур по размерам, полученные при анализе продукта на лазерном дифракционном анализаторе.

Исследования методами XRD, данные которых представлены в таблице 1 показали, что с увеличением P0 азотной атмосферы содержание кристаллического cTiN вырастает практически до 99%. При этом минимальное значение среднего области когерентного рассеяния (ОКР) имеет место при P0=1,0-2,0 атм., что однозначно соответствует вышеприведенным данным

Таким образом экспериментально установлено, что в рассматриваемых условиях минимальные размеры частиц в УДП плазмодинамического синтеза имеют место при давлении азотной атмосферы 1,0 -2,0 атм. Содержание кубического нитрида титана достигает ~99% при P0=3,0 атм. при среднем размере частиц около 45 нм. Полученные данные подтверждают предположение о росте размеров агломератов с уменьшением размеров наночастиц порошка cTiN.

Литература:

1. Сивков А.А., Найден Е.П., Герасимов Д.Ю. Прямой динамический синтез нанодисперсного нитрида титана в высокоскоростной импульсной струе электроразрядной плазмы // Сверхтвердые материалы. – 2008. – №5. – С. 33-39.
2. А.А. Евдокимов, А.Я. Пак, Д.Ю. Герасимов. Получение порошкообразного нитрида титана в гиперскоростной плазменной струе // Труды Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи «Новые материалы. Создание, структура, свойства –2009». Томск, 8-11 сентября 2009 г. с. 272-275.
3. Сивков А.А., Найден Е.П., Герасимов Д.Ю. Прямой динамический синтез нанодисперсного нитрида титана в высокоскоростной импульсной струе электроразрядной плазмы // Сверхтвердые материалы. – 2008. – №5. – С. 33-39.
4. Сивков А.А., Герасимов Д.Ю., Цыбина А.С. Электроэрозионная наработка материала в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе для нанесения покрытий // Электротехника. – 2005. – №6. – С. 25-33.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (номер 14.740.11.1237), с использованием оборудования центра ТПУ «Наноматериалы и нанотехнологии».

ПРОТИВОПОЖАРНОЕ СВЕТОПРОЗРАЧНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ

Епифанцева А.В.
Научный руководитель: Казьмина О.В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: thebestgirl91@inbox.ru

Современное строительство стремительно меняет облик городов и среду обитания человека. В настоящее время архитектурный дизайн зданий и сооружений предусматривает более чем на 60-80 % остекления. В значительном объеме возводятся объекты, характеризующиеся повышенной интенсивностью использования: высотные жилые здания, административные здания, офисные и бизнес центры, торговые центры, рынки, аэропорты, авто и железнодорожные, речные и морские вокзалы и др.

Вследствие возрастания угрозы террористических актов, актов вандализма, техногенных катастроф и природных катаклизмов, все больше внимания приходится уделять вопросам безопасности жизни и здоровья людей на объектах различного назначения. Пожары до сих пор остаются одним из самых страшных бедствий, угрожающих жизни и здоровью людей, уничтожающих или непоправимо повреждающих материальные ценности.

Противопожарная безопасность является одной из важнейших задач, которую необходимо решать ещё перед вводом здания в эксплуатацию, с учетом всех требований к огнестойким продуктам из стекла. Поэтому вопрос применения в строительстве и архитектуре противопожарных конструкций является особенно актуальным.

В настоящее время существует четыре основных вида огнестойких стекол [1]:

- армированное стекло;
- закаленное листовое стекло, изготовленное по специальной технологии;
- многослойные стекла;
- стеклопакеты.

Каждый из этих видов стекол имеет свои достоинства и недостатки, свою область применения. В данной работе в качестве объекта исследования выбрано многослойное стекло. Такая конструкция включает несколько листов стекла, между которыми расположены слои из терморазбухающего материала.

Цель работы – разработать состав прозрачной терморазбухающей смеси, являющейся основой в композиции огнестойкого стекла.

Огнезащитное остекление различается в зависимости от используемых конструкционных материалов, которыми могут быть: бетон, сталь или дерево. По этой причине оно должно рассматриваться как единый элемент, состоящий из рамы, стекла, изолирующих материалов и методов монтажа.

В США и в странах Западной Европы нашли приемлемое решение проблемы снижения травматизма и ущерба от осколков стекла. Оно состоит в применении специальных самоклеящихся оконных полимерных пленок, которые препятствуют разлету осколков, образовавшихся при взрыве или пожаре. Под воздействием воздушной ударной волны большой энергии стекло неминуемо растрескается, однако его фрагменты оказываются крепко приклеенными к пленке. Толщина пленки 0,2-0,3 мм, однако испытания показали, что этого недостаточно, чтобы обычное стекло толщиной 4 мм при взрыве 100 кг тротила на расстоянии около 40 м от здания не нанесло практически никакого вреда здоровью и имуществу человека [2].

Однако, применение только оконной пленки для создания безопасного остекления недостаточно. Это происходит, например, когда на остекление воздействует воздушная ударная волна большой (более 5 мкс) длительности, что реализуется при террористических взрывах большой мощности. Слабыми местами остекления с пленкой являются области примыкания стекла в створке, створки к раме, рамы в проеме. При установке пленки между ее краем и рамой неизбежно остается небольшой зазор, от 2 до 5 мм.

Светопрозрачная огнестойкая конструкция является сравнительно новым для нашей страны видом продукции. В России выпуском таких изделий занимается несколько фирм такие как «НПО ГлассПром» г. Москва, «Метробор» и «Антер» г. Санкт-Петербург, остальные производители огнестойких конструкций используют импортное огнестойкое стекло. В связи с чем, продукция имеет относительно высокую цену, что сдерживает широкое применение.

Анализ литературных источников показал, что одним из наиболее часто используемых компонентов является раствор жидкого стекла с дополнительно введенными компонентами. Рассмотренные отечественные и зарубежные патенты показали большое разнообразие составов терморазбухающих смесей с использованием жидкого стекла. В качестве примера в табл. 1 приведены три основных состава, выбранных для дальнейших исследований.

В настоящее время противопожарные стекла производятся по многослойной технологии. Между стеклами специального состава располагаются прослойки на основе жидкого стекла. Когда такие стекла подвергаются воздействию огня, то промежуточный слой вспучивается и расширяется, образуя пену. Пена помогает дольше сохранить структурную целостность стекла, тем самым создавая барьер для распространения огня. Пена также является изолирующим материалом, снижающим количество тепла, тем самым препятствующим загоранию воспламеняющегося материала на охваченной горением территории.

Таблица 1. Составы прозрачных терморазбухающих смесей

Компонент смеси	Содержание компонента (%) в смеси под номером		
	1	2	3
Раствор силиката натрия	5,82-11,47	28,9	остальное
Гидроксид тетраметиламмония	-	31,3	-
Желатин	-	-	4,0

Поливиниловый спирт	-	-	6,0 – 10,0
Коллоидный кремнезем	22,11 -28,68	-	-
Глицерин	-	15,6	1,0
Гидратированный сульфат металла	-	-	2,0-5,0

Изготовление огнестойкого стекла включает следующие основные технологические стадии. Предварительно необходимое число листов стекла склеивают по периметру специальной двусторонней липкой лентой. Толщина ленты задает расстояние между стеклами, которое обычно составляет 0,8 – 1,5 мм. Далее приготавливают светопрозрачную композицию и заполняют ею полости между листами стекла. В стадию приготовления композиции обязательно входит ее дегазация, с тем, чтобы при последующей эксплуатации изделия в заполнителе не образовывались пузыри воздуха, портящие внешний вид и снижающие оптические свойства огнестойкого остекления. После заполнения каркаса композицией изделие герметизируют и подвергают тепловой обработке при тщательно контролируемой температуре и влажности для ускорения процесса гелеобразования и получения светлой, прозрачной прослойки, свободной от пузырьков и других оптических недостатков.

Толщина высушенной прослойки обычно составляет 0,5-2,0 мм. Бортик по краю по завершении стадии сушки обычно удаляют, получая стеклянное полотно, имеющее на своей поверхности высушенный промежуточный слой. Пленки, полученные подобным образом, могут быть наложены на поверхность стеклянного полотна и обрезаны до нужного размера.

При тепловых воздействиях вследствие физических и химических процессов происходит образование вспененного слоя, представляющего собой закоксовавшийся расплав негорючих веществ. Эти пенистые угольные слои обладают теплоизолирующими свойствами и обеспечивают эффективную защиту материалов от огня [3].

Для оценки особых противопожарных свойств огнестойких стекол Европейским стандартом pr EN 357-1 введены следующие критерии, обозначенные буквами E, W, I:

- E – механическая прочность, способность обеспечивать физический барьер против проникновения пламени, дыма и продуктов горения;
- W – герметичность, т.е непроницаемость для пламени, дыма и продуктов горения, обеспечивающая более надежные пути эвакуации людей;
- I – изоляция, т.е. защита от высокой температуры, образующейся в процессе горения, способность ограничивать повышение температуры поверхности стекла со стороны, не подверженной воздействию огня.

В таблице 2 представлена классификация противопожарных стекол с учетом данных критериев.

Таблица 2. Классификация противопожарных стекол

Класс	Время огнеустойчивости, мин			
	30	60	90	120
E	∨			
E	∨			
E	∨	∨	∨	
EW	∨	∨	∨	
EW	∨	∨	∨	∨
EI	∨	∨		
EI	∨	∨	∨	∨

Очевидно, что преимуществом продуктов с прослойкой является обеспечение более высокого уровня контроля над тепловым потоком.

Помимо защиты от огня и дыма в чрезвычайной ситуации, огнестойкое стекло, установленное в общественных местах, выполняет повседневные функции.

Проведенные испытания свидетельствуют об огнестойкости экспериментальных образцов – время сохранения целостности, определенное по специальной методике [4], имитирующей пожар, составило 30 минут.

Индустрия производства огнестойких стекол тратит огромное количество времени и средств на совершенствование продуктов, чтобы в итоге предлагать мультифункциональные системы для интерьеров, фасадов с использованием различных рамных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Борулько В.И., Борулько П.В., Маричев А.В., Попович С.А., Иванин А.А. Стекло и защита от огня // Окна. Двери. Витражи. – 2005. – № 3. – С. 17 –23.
2. «Стекло мира». проф. журн. – 2011.-№7.-М. 56-59
3. В.И.Корнеев., В.В.Данилов. Жидкое и растворимое стекло. - С: Стройиздат.-1996.-216с.
4. Временная методика испытаний на огнестойкость светопрозрачных конструкций. Москва. ВНИИПО МВД России, 1996.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ НАПЛАВКА ПОКРЫТИЙ ИЗ ХРОМОВАНАДИЕВЫХ ЧУГУНОВ: СТРУКТУРА И СВОЙСТВА

Еремина Л.В., Толстокулаков А.М.
Научный руководитель: Дампилон Б.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dampilon@ispms.tsc.ru

Нанесение покрытий с использованием концентрированных потоков энергий все шире применяется в инженерии поверхности. Одной из перспективных для нанесения покрытий на тяжелонагруженные детали является вакуумная электронно-лучевая наплавка. Основные рабочие параметры тяжелонагруженных деталей определяются свойствами поверхностного слоя материала. Поэтому использование дорогостоящих конструкционных материалов для изготовления всего объема деталей нецелесообразно. Экономически себя оправдывают детали с наплавленными покрытиями, обеспечивающими нужный комплекс свойств. Рабочая поверхность детали защищается от износа покрытием, а прочность и вязкость детали в целом обеспечивается стальной основой.

В настоящей работе представлены результаты исследования структуры и некоторых свойств покрытий из хромованадиевых чугунов, полученных электронно-лучевой наплавкой и влияния последующей термической обработки на их свойства.

Материалы и методы эксперимента.

Покрытия были нанесены методом электронно-лучевой наплавки в вакууме. Наплавочный материал - белый хромованадиевый чугун эвтектического и заэвтектического составов. Структуру покрытий исследовали на оптическом микроскопе «AXIOVERT 25 CA». Структурно-фазовые исследования проводили с использованием микрорентгеноспектрального анализа (МРСА) и рентгенофазового анализа. Испытания покрытий на стойкость к абразивному изнашиванию проводили согласно ГОСТ 23.208-79 (эталон ст.45). Испытания покрытий на ударную вязкость проводили на установке КМ-5.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ микроструктуры наплавленных покрытий (рис.1) показал, что в эвтектическом чугуне карбидная фаза имеет более мелкодисперсное строение, чем в заэвтектическом. Основной объем покрытий из эвтектического чугуна характеризуется наличием пространственно разветвленного каркаса эвтектических карбидов и отсутствием грубых первичных карбидов шестигранной формы характерных заэвтектическим хромованадиевым (рис.1б) и хромистым [1] чугунам.

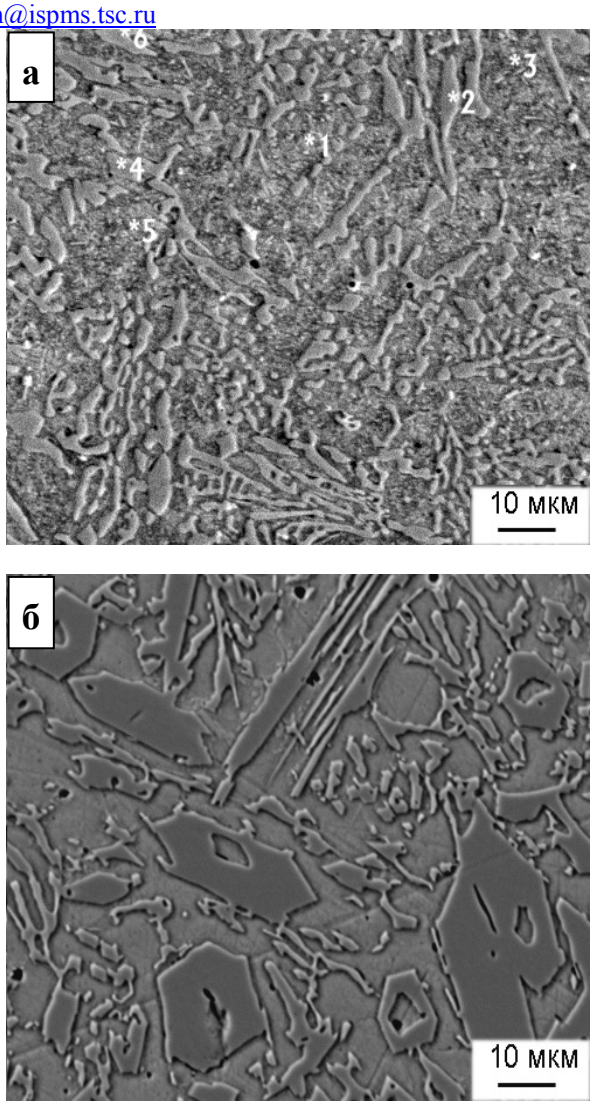


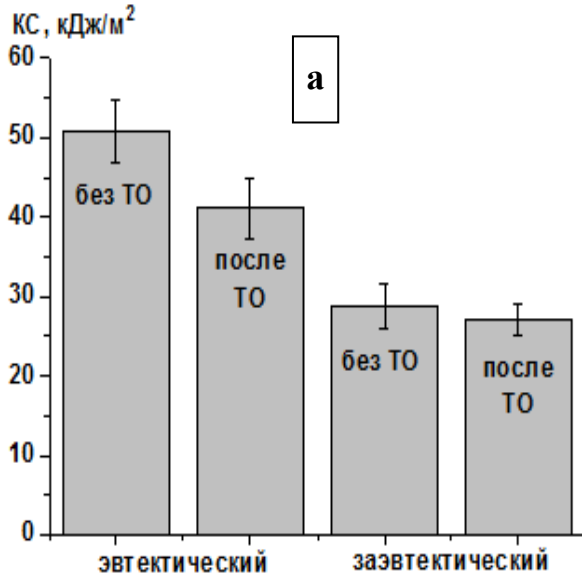
Рис.1 Микроструктура покрытий из хромованадиевого чугуна: (а) эвтектического и (б) заэвтектического составов.

Согласно данным рентгеноструктурного и микрорентгеноспектрального анализов матрица наплавленных покрытий как эвтектического, так и заэвтектического составов представлена преимущественно аустенитом, а карбидная подсистема представлена комплексными карбидами M_7C_3. Ванадий в покрытиях находится как в составе аустенитной матрицы, так и в карбидах. В результате последующей термической обработки матрица покрытий претерпевает $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение и состоит преимущественно из мартенсита. Объемная доля карбидной подсистемы после термической обработки в покрытиях увеличивается за счет выделения из аустенитной матрицы ультрадисперсных комплексных карбидов M_7C_3 и VC.

Наплавленные покрытия из эвтектического хромованадиевого чугуна имеют более высокую ударную вязкость и сравнительно низкую абразивную износостойкость, чем у покрытий из заэвтектического чугуна (рис.2). Последующая термическая обработка покрытий несколько снижает ударную вязкость у обоих составов покрытий, но приводит к большему повышению абразивной износостойкости эвтектического состава по сравнению с заэвтектическим.

Высокая ударная вязкость у покрытий из эвтектического чугуна по сравнению с заэвтектическим чугуном является следствием более низкого содержания карбидной фазы, большего количества аустенитной матрицы и более высокой дисперсности карбидов [2, 3].

Снижение ударной вязкости у обоих составов покрытий в результате последующей термической обработки вызвано γ→α превращением в матрице и выделением ультрадисперсных вторичных карбидов из метастабильной аустенитной матрицы. Материал покрытий в результате дисперсионного твердения и γ→α превращения в матрице становиться более стойким к абразивному истиранию, но хуже противостоит ударным нагрузкам. Оптимальным сочетанием абразивной износостойкости и ударной вязкости обладают покрытия из эвтектического хромованадиевого чугуна после термической обработки.



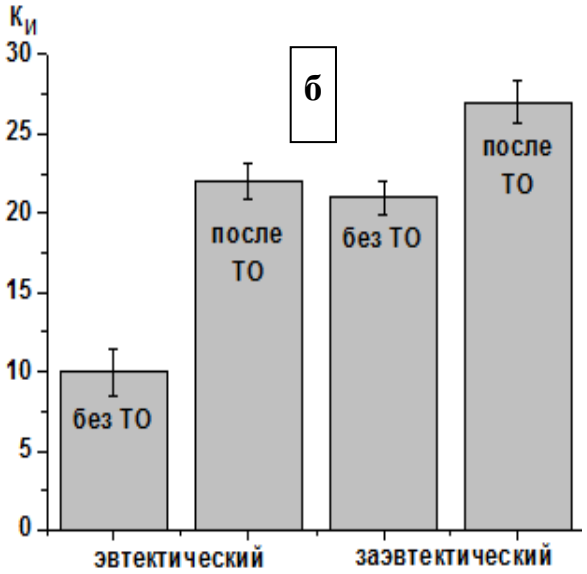


Рис.2. Ударная вязкость (а) и коэффициент относительной абразивной износостойкости (б) покрытий из эвтектического и заэвтектического хромованадиевого чугуна до и после термической обработки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства. М.: Металлургия, 1983, 176 с.
2. Дампилон Б.В., Дураков В.Г. Особенности структурообразования покрытий из эвтектического хромованадиевого чугуна, полученных электронно-лучевой наплавкой // Перспективные материалы. 2012. №1. С.87-91.
3. Дураков В.Г., Дампилон Б.В., Гнюсов С.Ф. Роль мелкодисперсных выделений карбида ванадия в повышении износостойкости покрытий из хромистого чугуна // Упрочняющие технологии и покрытия. 2009. №5. С.10-14.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ СИСТЕМ TI-SI, TI-AL-SI И ОДНОЭЛЕМЕНТНОГО МНОГОСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ TIN

Ермошкин А.А.
Научный руководитель: Лавро В.Н., доцент; Тетюева Т.В., к.т.н.
Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: nerev89@yandex.ru

На более чем 60 процентах нефтедобывающих скважин для производства изначально определенных извлекаемых запасов необходимо применение той или иной технологии механизированной добычи. Механизированные способы добычи являются неотъемлемой частью эксплуатации скважин, в особенности на месторождениях поздней стадии разработки, где продуктивные пласты не обладают достаточным давлением для подъема нефти на устье. Наиболее практичным методом увеличения добычи является установка насоса с большой производительностью. Одним из приемлемых вариантов является погружной насос с электроприводом. Из всех систем механизированной добычи **электрические центробежные насосы (ЭЦН)** обеспечивают наибольшую отдачу на наиболее глубоких скважинах, но вместе с тем их применение требует более частых ремонтов и соответствующего увеличения затрат.

В большинстве случаев, причиной выхода из строя ЭЦН является износ или разрушение рабочих органов. Целью данной работы является поиск метода повышения долговечности рабочих органов ЭЦН, в частности рабочих колес. Разрушение данного элемента происходит в нескольких случаях: механический или усталостный износ/разрушение; вследствие коррозии, в химически активной среде. Наиболее часто используемый материал для изготовления является серый чугун, так как имеет хорошие литниковые свойства и недорого в производстве.

Существует несколько путей увеличения долговечности. Первый и наиболее очевидный – замена исходного материала для производства рабочих колес ЭЦН. Но существует ряд ограничений, в традиционной металлургии только чугун обладает данными характеристиками. Для увеличения износостойкости, возможна замена серого чугуна на высокопрочный чугун. Методами порошковой металлургии возможно получение композиционного материала, который превосходит по коррозонно- и износостойкости чугуны, но производство рабочих колес данным методом очень дорогостоящий.

В данной работе будет рассматриваться возможность использования сложных ионно-плазменных покрытий для повышения механических и коррозионных характеристик чугунных рабочих колес ЭЦН.

Покрытия наносились на вакуумно-дуговой установке «Юнион» с использованием СВС-прессованных катодов системы Ti-Si и Ti-Al-Si. Технологические параметры напыления приведены в таблице 1, где $I_д$ – ток дуги, $I_ф$ – ток фокусирующих катушек, $U_{оп}$ – опорное напряжение, $P_{ост}$ – давление реакционного газа азота, T – температура подложки, τ – время напыления. Свойства покрытий, полученных с использованием СВС-прессованных катодов, сравнивались с классическим одноэлементным многослойным покрытием TiN. Покрытие TiN наносили при использовании катода, изготовленного из титана марки ВТ1-00.

Таблица 1 - Технологические параметры нанесения покрытий

Состав рабочего слоя катодов	Состав покрытий	Технологические параметры нанесения покрытий
ВТ1-00	TiN	$I_д$=85 А $P_{ост}$=6,7*10^{-1}Па $I_ф$=2,5 А T=500 °С $U_{оп}$=100 В τ=70 мин
$TiC_{0,5}$+50Ti_5Si_3+ +10Ti	(TiSi)N	$I_д$= 110 А $P_{ост}$=6.7*10^{-1}Па $I_ф$= 0,5 А $U_{оп}$= 100 В τ= 30 мин
$TiC_{0,5}$+25(Al+20Si)	(TiAlSi)N	$I_д$= 140 А $P_{ост}$= 6.7*10^{-1}Па $I_ф$= 0,4 А T= 350-400 °С $U_{оп}$= 100 В τ= 30 мин

В качестве подложки использовался высокопрочный чугун с шаровидным графитом размерами 40х10х4 мм и шероховатостью 0,32. При визуальном осмотре этих покрытий было выявлено, что цвет покрытий, полученных из катодов с рабочим слоем системы Ti-Si и Ti-Si-Al, отличается от золотистого цвета классического покрытия нитрида титана и имеет темно-серый цвет. На Рисунках 1-4 показаны фотографии с оптического микроскопа Union при увеличении 100 крат. На Рисунке 1 представлен внешний вид образца ЧШГ, представленная поверхность имеет высокую рельефность, места выхода шаровидного графита. На Рисунке 2 представлено многослойное покрытие TiN, характеризуется капельной фазой, видно, что рельефность сохранилась. На Рисунках 3 и 4 представлены покрытия (TiSi)N и (TiAlSi)N соответственно, видно, что рельефность сохраняется, но в большей степени, чем у покрытия TiN, так же за-

метны участки, где покрытие не закрепилось на подложке.

Необходимым условием оптимизации и успешного внедрения в широкую производственную практику вакуумно-плазменной технологии является разработка оперативной высокоинформативной диагностики качества покрытий.

Метод АПИД (анодно - поляризационное инициирование дефектов) осуществляется с помощью прибора ПККП. Этот прибор предназначен для сравнительной экспрессной оценки качества износостойкости покрытий в лабораторных и производственных условиях. Показателем качества служит интегральный параметр качества К. Он отражает совокупность физико-химических свойств покрытий, определяющих уровень износостойкости режущего инструмента с покрытием; количественно характеризует сопротивление разрушению химически инертных покрытий при анодной поляризации участка покрытия в электролитах, содержащие агрессивные анионы.

Для количественной интегральной оценки качества покрытия используется интегральный параметр качества К:

$$K= (Q_o-Q_1)/Q_o ,$$

где Q_o- количество электричества прошедшее через электролитическую ячейку при поляризации поверхности образца без покрытия;

Q_1 - количество электричества, прошедшее через электролитическую ячейку при поляризации поверхности образца с покрытием.

Параметр К является безразмерным и нормированным. Высшее качество покрытия соответствует значению К = 1, а низшее качество покрытия соответствует значению К = 0.

Таблица 2 – Оценка качества покрытия

Материал	$Q_{o.cp}$	$Q_{1.cp}$	К
TiN	725,7	263	0,638
(TiSi)N	725,7	670	0,077
(TiAlSi)N	725,7	677,3	0,067

Анализ показал, что многослойное покрытие TiN имеет высокое значение параметра К, в отличии от экспериментальных покрытий систем Ti-Si и Ti-Al-Si (Таблица 2). Две последние системы ранее не были исследованы на разрушение под действием агрессивных сред. Причиной низкого качества может являться низкая продолжительность нанесения покрытия по времени, отсутствие промежуточного слоя между подложкой и основным покрытием

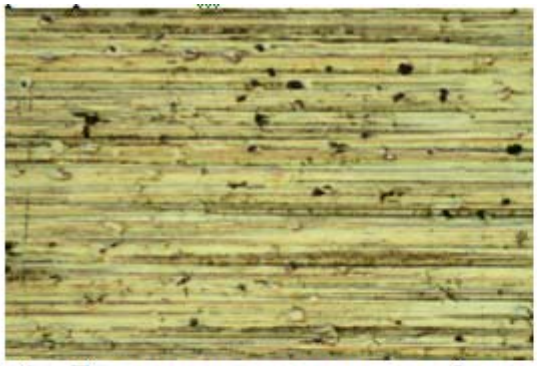


Рис 1. Поверхность исследуемого образца ЧШГ. Без покрытия.

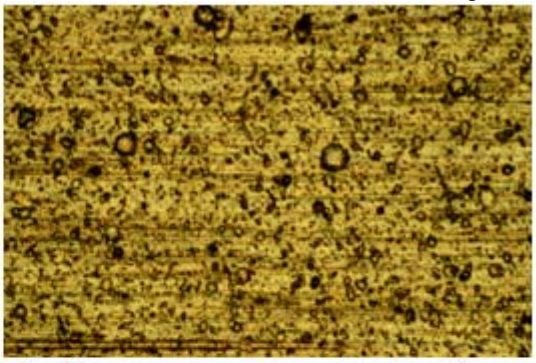


Рис 2. Поверхность исследуемого образца ЧШГ. Покрытие TiN.

Рис 3. Поверхность исследуемого образца ЧШГ. Покрытие (TiSi)N

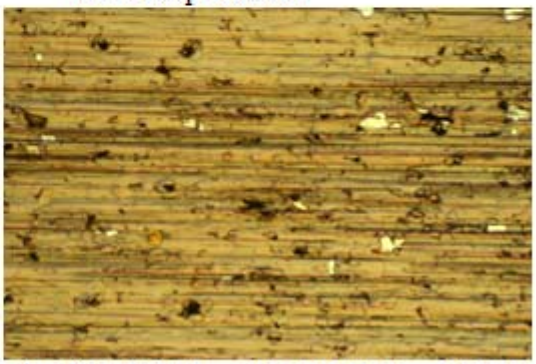


Рис 4. Поверхность исследуемого образца ЧШГ. Покрытие (TiAlSi)N.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ КРИСТАЛЛОВ ФТОРИСТОГО ЛИТИЯ

Есильбаев Д.Б, Касымканова Р.Н.
Научный руководитель Лисицына Л.А. д.ф.-м. н.
Томский политехнический университет, Томск, Россия,
e-mail: said_ed@inbox.ru

В связи с широким использованием в кристаллах LiF в качестве дозиметров и сцинтилляторов (например [1, 2]) информация о модификации в процессе облучения ионизирующей радиацией присутствующей кислородсодержащей примеси необходима при разработке технологии роста кристаллов.

В настоящей работе представлены результаты исследований кристаллов LiF-O и кристаллов LiF-OH, активированных окислами различными поливалентных примесей: W, Ti или Fe. Содержание катионного соактиватора определялось химическим методом. Исследовались спектры поглощения в области (4000 - 1000 $см^{-1}$) при 300К на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 5700 со спектральным разрешением 2 $см^{-1}$ и импульсная катодолюминесценция (ИКЛ) в области 3.5 - 1.6 эВ кристаллов, предварительно облученных серией импульсов электронов (ИЭ) в диапазоне интегральных поглощенных доз 10^2 – 10^5 Гр. ИКЛ возбуждалась ИЭ со следующими параметрами: длительность импульса - 10нс, средняя энергия электронов в импульсе – 250 кэВ. Временное и спектральное разрешения измерительного тракта 30 нс и 2 нм соответственно.

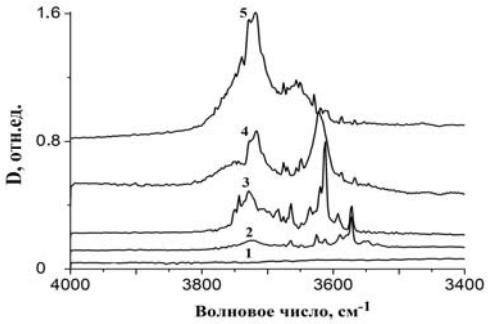


Рис.1 Фрагмент спектров поглощения необлученных кристаллов LiF-O - (1), LiF-OH –(2), LiF-OH(Fe) - (3), LiF-OH(W) - (4) и LiF-OH(Ti) - (5) при 300К

По данным, приведенным на рис.1, исследуемые кристаллы LiF были либо прозрачны в исследованном спектральном диапазоне 4000-1000 $см^{-1}$ (LiF-O), либо содержали ряд полос поглощения (LiF-OH, LiF-OH(W) и LiF-OH(Ti) и LiF-OH(Fe)).

Дублет в области 3730 $см^{-1}$ в спектрах кристаллов второй группы обусловлен валентными колебаниями свободных гидроксильных ионов [3, 4]; полосы в области 3600$см^{-1}$ обусловлены комплексами Me-OH^-: Ti - OH^- (3650 $см^{-1}$), Fe - OH^- (3612 $см^{-1}$), W - OH^- (3620$см^{-1}$), а в кристаллах LiF-OH - комплексами Me-OH^- (3500 – 3650 $см^{-1}$), где Me-неконтролируемая примесь ([3, 5]).

Исследование воздействия при 300К серии импульсов электронов на оптические свойства кристаллов, как содержащих, так и не содержащих ионы гидроксила в решетке дало своим результатом следующее.

В кристаллах LiF-O воздействие радиации не приводит к изменению ИК спектра поглощения, а сопровождается образованием и накоплением F_3^+ и F_2 электронных центров окраски (полосы на 2.33 и 1.95 эВ в спектрах ИКЛ соответственно).

Во всех кристаллах, содержащих гидроксильные ионы, воздействие радиации по сравнению с кристаллом LiF-O, приводит к изменению как ИК спектра поглощения, так и спектра ИКЛ.

Во - первых, появляется широкая полоса на 2100$см^{-1}$ (рис.2), интенсивность которой в кристаллах, содержащий поливалентный активатор, линейно растет в интервале 10^2- 2.10^5 Гр (рис3), а в кристалле LiF-OH - насыщается в области 10^4 Гр. В области малых доз (<10^4 Гр) поглощение в области 2100 $см^{-1}$ во всех кристаллах состоит из пяти эквидистантных полос с расстоянием между полосами 50$см^{-1}$, полушириной каждой полосы около 50$см^{-1}$ и с соотношением между полосами, зависящим от типа катионного соактиватора и дозы облучения (рис.2).

Рис.2. Фрагмент ИК спектров поглощения облученных потоком электронов кристаллов LiF-OH(W) (1), LiF-OH (2а,2б), LiF-OH(Fe) (3) при D=2.10^4 (1, 2а) и 8.10^4 Гр (2б, 3). Т=300К.

приводит к уменьшению интенсивности полосы на 3730 $см^{-1}$ в спектрах всех исследованных кристаллов. На рис. 3 приведены, для примера, дозные зависимости изменения показателя поглощения в полосе на 3730 и 2100 $см^{-1}$ в спектре кристалла LiF-OH(Ti). Такой же характер зависимостей наблюдается и в кристаллах LiF-OH(Fe) и LiF-

OH(W). Однако в кристаллах LiF - OH наблюдается полное разрушение полосы на 3730см$^{-1}$ при D=10^4 Гр.

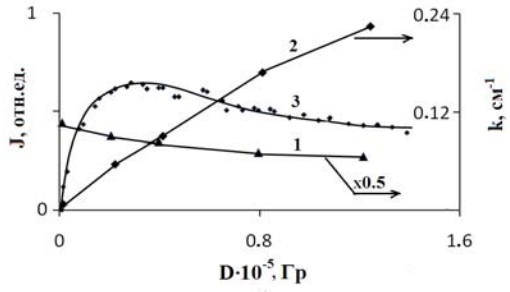


Рис.3 Дозная зависимость показателя поглощения на 3730 (1), 2100 см$^{-1}$ (2) и интенсивности полосы ЭКС на 2.98 эВ в кристалле LiF-OH(Ti) при 300К.

В третьих, облучение электронами при 300К приводит к появлению в спектре ИКЛ всех кристаллов, за исключением LiF-O, электронно - колебательного спектра (ЭКС), состоящего из эквидистантных восьми полос с расстоянием между полосами 0.15 эВ с положением максимума огибающей на 2.55-2.6 эВ и полушириной огибающей, равной 0.6 эВ (рис.4).

Характер дозной зависимости интенсивности полос ЭКС при 300К независимо от типа катионного соактиватора, как и при его отсутствии, имеет одинаковый вид: линейный рост, насыщение и медленное уменьшение в интервале 10^4-2.10^5 Гр, как это показано на рис.3 для одной из восьми полос ЭКС в кристалле LiF-OH(Ti).

Таким образом, спектры ИКЛ кристаллов LiF-OH, не зависимо от типа введенного соактиватора, представляют собой наложение двух типов спектров: ЭКС и спектра, принадлежащего F_3^+ и F_2 центрам окраски.

Полученные результаты позволяют сделать следующие заключения.

Присутствие гидроксильных ионов в кристаллической решетке понижает радиационную стойкость материала из-за имеющего место радиационного преобразования этой примеси. Результатом такого преобразования являются появление ЭКС, полосы поглощения на 2100 см$^{-1}$ и уменьшение интенсивности полосы валентных колебаний гидроксильных ионов (3730 см$^{-1}$).

По совокупности свойств ЭКС в исследуемых нами кристаллах LiF принадлежат

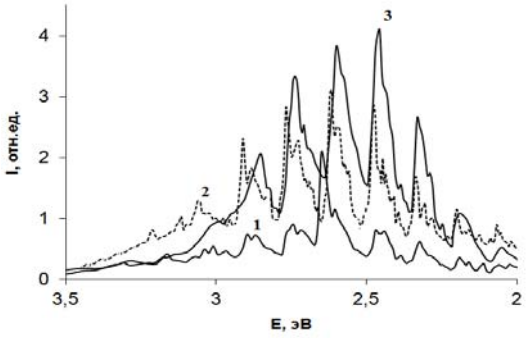


Рис. 4. ЭКС облученных при 300К кристаллов LiF-OH (1), LiF-OH(Ti) -(2) и LiF-OH(W) - (3). (D=5.10^3 Гр).

электронно - колебательным излучательным переходам молекулярного иона O_2^-, как и в других ЩГК [6]. Однако, совокупность полученных нами результатов свидетельствует о том, что их создание под действием радиации не может быть результатом радиационной диссоциации OH^- ионов по [7] из-за отсутствия корреляции между закономерностями изменении концентрации этих центров под действием радиации (рис.3). (В [8] доказано, что дозная зависимость интенсивности ЭКС отражает закономерность накопления O_2^- центров в кристалле под действием радиации).

Мы предполагаем, что образование O_2^- ионов имеет место в процессе локализации электрона на присутствующих в кристаллах молекулах O_2 .

Появление полосы на 2100 см$^{-1}$, как свидетельство присутствия в кристаллах еще одного кислородного радиационного дефекта, по – видимому, обусловлено молекулярными комплексами с водородной связью при локализации H - центров в окрестности гидроксильных ионов, как впервые было предположено в [9].

Список литературы:

1.Mayhugh M. .// J.Appl. Phys. 41, 4776 (1970).
2. Nowotny R. //Phys. Med. Biol. 49, 2599 (2004).
3. 7. Stoebe T.G.// J. Phys. Chem. Solids. 31, 1291 (1970).
4. Wedding B, Klein M. // Phys. Rev. 177, 1274 (1969).
5. Freytag E. // Z. Phys. 177, 206 (1964).
6. Ребане К.К. Элементарная теория колебательной структуры спектров примесных центров кристаллов М.: Наука, 1968. 231 с.
7.Akhvlediani Z.G., Berg K.J., Berg G. // Crystal Latt. Deffects .8, 167 (1980).
8.Л. А. Лисицына, В. И. Корепанов, А. А. Абдрахметова, Н. Н. Тимошенко, А. К. Даулетбекова. // Опт. спектр. 112, 200 (2012).
9. Алексеев П.Д., Баранов Г.И. //ФТТ, 22, 1213 (1980).

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСКРЕТНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ В ВАКУУМЕ

Забугин А.В., Гавриленко А.С.
Научный руководитель: Гончаренко И.М., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, Институт физики высоких технологий
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: alex-zab@bk.ru

Основное предназначение износостойкого покрытия - это увеличение производительности и эксплуатационного ресурса работы инструмента за счет повышения поверхностной твердости, жаростойкости, теплопроводности, снижения коэффициента трения, защиты от коррозии и другие. Для получения покрытий применяются различные методы физического осаждения (PVD) с использованием как раздельных, так и многокомпонентных катодов. Анализ литературных данных показывает, что введение в состав TiN дополнительных элементов приводит к значительному уменьшению размера зерна основной кристаллической фазы с формированием наноструктур, обладающих рядом уникальных характеристик [1-3]. Несмотря на многочисленные исследования по возможности управления физико-механическими свойствами многокомпонентных покрытий за счет изменения составами распыляемых мишеней и параметрами осаждения (температура подложки, энергия плазменного потока, давление реакционного газа и др.), как правило, эти работы сосредоточены на изучении структуры и ее влиянии на твердость и модуль упругости тонкой пленки. Но увеличение твердости и сопротивляемости к абразивному изнашиванию приводит к снижению эксплуатационной надежности из-за большей склонности к хрупкому разрушению. Повышенная хрупкость объясняется тем, что свойства износостойкого покрытия и материала подложки, как правило, различны.
Износостойкое покрытие наносят обычно при повышенных температурах. Основа и покрытие нагреты и свободны от внутренних напряжений. При охлаждении обязательно происходит усадка материалов и различие в значениях коэффициентов термического расширения основы и покрытия непременно приводит в пограничном слое между ними к возникновению напряжений, достигающих в некоторых случаях опасной величины чреватой зарождением трещин.

Хорошая адгезия между основой и покрытием – важнейшее требование, так как покрытие не сможет работать, если его не закрепить на формообразующем материале.

Повысить адгезионно-когезионную прочность можно путем нанесения многослойных покрытий, в которых каждый слой выполняет собственную функцию, а их расположение обеспечивает плавный переход физико-механических свойств покрытия от поверхности к подложке, а также за счет создания многокомпонентных покрытий переменного состава по толщине.

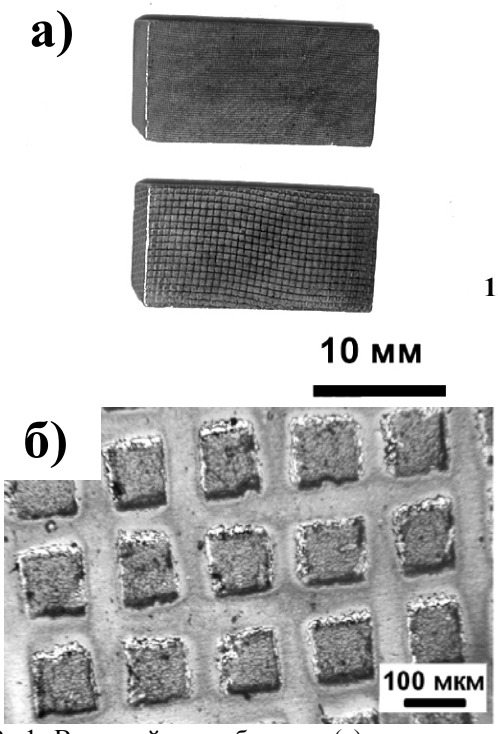
В настоящее время большинство вакуумно-плазменных методов поверхностного упрочнения формируют именно сплошные слои. Однако, кинетика зарождения и осаждения покрытий в вакууме и характер их разрушения при растяжении обуславливают еще один путь повышения адгезионно-когезионной прочности износостойких покрытий.

Известно, что начальной стадией формирования покрытия в вакууме является «островковая» структура, которая затем преобразуется в пленочную в результате коалесценции (срастания) «островков», вызванной увеличением их размеров, миграцией в плоскости контакта «покрытие–подложка» и появлением вторичных «островков» на свободной от кондесата поверхности, что подобно слиянию капель. При определенной деформации растяжения покрытие растрескивается и частично отслаивается, зато оставшиеся «островки» выдерживают гораздо большие деформации без адгезионно-когезионного разрушения [4].

Заменив традиционный сплошной слой покрытия на прерывистый с мозаично-дискретной структурой, можно преодолеть хрупкость – основной недостаток сверхтвердых поверхностных пленочных структур. Дискретная структура защитной пленки должна ограничить рост напряжений и процесс трещинообразования, что многкратно повысит прочность и долговечность покрытий, полностью исключив их когезионное растрескивание и адгезионное отслоение. Такой подход позволяет обеспечить необходимые физико-механические свойства защитного слоя, реализовать оптимальные условия трения, а также минимизировать износ режущего инструмента.

В настоящей работе как сплошные, так и несплошные нанокристаллические покрытия одинаковой толщины (~ 2 мкм) наносили методом вакуумно-дугового распыления композиционных электродов в среде азота. Установка была укомплектована системой формирования криволинейного потока сепарированной эрозионной плазмы вакуумной дуги, источником газоразрядной плазмы для ионизации рабочего газа и импульсным источником питания отрицательного смещения, подаваемого на вращающийся стол с образцами. В качестве катодов испарителя использовали композиционные материалы TiCu, полученные по технологии вакуумного высокотемпературного спекания

спрессованной порошковой массы (дисперсностью менее 100 мкм). Пористость электродов дугового испарителя не превышала 8%. Давление азота в рабочей камере во всех экспериментах оставалось неизменным – на уровне 0,4 Па. Покрытия осаждались на полированные образцы - подложки из твердого сплава ВК8 (H = 17-18 ГПа, E = 610 ГПа) с низкой шероховатостью поверхности (Ra~0,02). Формирование несплошных покрытий из единичных участков в виде правильных усеченных четырехгранных пирамид осуществляли с помощью сеточного сепаратора двух типов размеров ячеи: 0,1×0,1 мм и 0,4×0,4 мм.



Ри.1. Внешний вид образцов (а) и увеличенного изображения поверхности (б) с несплошным износостойким нанокристаллическим покрытием TiN толщиной 2 мкм на пластинах из ВК8.

Следует отметить, что из-за эффекта «подпыления» в плазме дугового разряда единичные участки при сохранении заданной формы не имеют острых ребер и плавно сопрягаются с поверхностью подложки. Таким образом, внешняя форма единичного участка имеет сглаженный размытый характер, способствующий снижению в нем остаточных напряжений, возникающих при конденсации покрытия.

Предположения о снижении остаточных напряжений подтвердили измерения динамической твердости. Значения модуля Юнга E снизились с 430 ГПа для пленочного покрытия до значений 365 ГПа для дискретного покрытия, при сохранении величины твердости H на уровне 35-37 ГПа. Способность материала сопротивляться пластической деформации обычно оценивают соотношением H^3/E^2. Благодаря этому параметру можно спрогнозировать уровень сопротивления материала пластической деформации, который тем выше, чем больше значение отношения H^3/E^2.

Согласно результатам исследований на трещиностойкость по методу Палмквиста, единичный участок разрушается только когезионно. Отслоения фрагментов покрытия от материала основы не было зафиксировано. Исследования по оценке износостойкости упрочненных покрытиями поверхностей в условиях трения скольжения без смазки проводили на установке ИП-3 по схеме «ротор - плоский образец». В качестве пары трения для трибологических испытаний выбрали ротор из закаленной стали ШХ15. Результаты триботехнических исследований показали, что преимущество пары трения с дискретным покрытием перед парой трения со сплошными пленочными возрастает по мере увеличения удельных нагрузок и линейной скорости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что несплошное нанокристаллическое покрытие TiN с твердостью ~35 ГПа обладает рядом преимуществ по сравнению с пленочным сплошным покрытием одного и того же состава, при нанесении их на одинаковый по свойствам материал, и может быть рекомендовано для применения на режущем инструменте и различных деталях основного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Martin P.J., Bendavid A., Cairney J.M., Hoffman M. Nanocomposite Ti–Si–N, Zr–Si–N, Ti–Al–Si–N, Ti–Al–V–Si–N thin film coatings deposited by vacuum arc deposition. // Surf. Coat. Technol. 2005, v.200, p.2228−2235.
2. Hörling A., Hultman L., Oden M., Sjölen J., Karlsson L. Mechanical properties and machining performance of $Ti_{1-x}Al_xN$-coated cutting tools // Surf. Coat. Technol. 2005, v.191, p.384−392.
3. Li Z.G., Mori M., Miyake S., Kumagai M., Saito H., Muramatsu Y. Structure and properties of Ti–Si–N films prepared by ICP assisted magnetron sputtering // Surf. Coat. Technol. 2005, v.193, p.345−349.
4. Матвеев Н.В. Параметры несплошных износостойких покрытий, получаемых в вакууме // Сварочное производство, №4, 2003, С. 15-21

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМОВ УПРОЧНЕНИЯ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ 06МБФ ПРИ РАВНОКАНАЛЬНОМ УГЛОВОМ ПРЕССОВАНИИ

Захарова Г.Г., Тукеева М.С.
Научный руководитель: Астафурова Е.Г, к.ф.-м.н, доцент
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск
E-mail: galinazg@yandex.ru

Введение

Методы интенсивной пластической деформации (ИПД) широко используются в современном материаловедении как эффективный способ управления физическими и механическими свойствами материалов. Наибольшее количество работ направлено на изучение субмикрокристаллической (СМК) и нанокристаллической (НК) структуры в чистых металлах Al, Cu, Ti и Ni и армко-железе [1-4]. Работ посвященных ИПД сталей немного, это связано со сложностями сохранения оснастки при деформировании сталей и интерпретации полученных результатов.

В данной работе исследовали влияние ИПД равноканальным угловым прессованием (РКУП) на механические свойства и структуру низкоуглеродистой стали 06МБФ. На основе экспериментальных данных проведены анализ и количественная оценка упрочнения стали при РКУП.

Методика эксперимента

Сталь 06МБФ (Fe-1Mo-0,1V-0,1Nb-0,06C, мас.%) в исходно ферритном (закалка от 920°C-30мин. в воду и отпуск 670°C-1ч.) состоянии подвергали РКУП по режиму B_C, Ф=120°, 6 проходов при T=300°C. Для изучения микроструктуры использовали просвечивающий электронный микроскоп Philips CM200. Металлографические исследования проводили на оптическом микроскопе Olympus GX-71. Образцы для механических испытаний на растяжение вырезали в продольном сечении заготовок после РКУП в форме двойных лопаток с размером рабочей части 2.6×0.5×10 мм^3. Испытания на растяжение выполняли на электромеханической установке Instron 3369 со скоростью 3.5*10^{-3}с$^{-1}$. Микротвердость измеряли на микротвердомере Duramin-5 при нагрузке на индентор 200 гр.

Результаты эксперимента

Исходная структура стали состояла из смеси глобулярного феррита с размером зерна 2.4 мкм и феррита пластинчатой морфологии с толщиной пластин ~ 0.4 мкм. В структуре стали обнаружены карбиды округлой формы Fe_3C, M_6C (~90 нм), расположенные преимущественно на границах зерен и мартенситных ламелей и карбиды Fe_3C (~15-20 нм) - внутри зерен. Скалярная плотность дислокаций, определенная по ПЭМ изображениям в пластинах, выше, чем в глобулярном феррите (3.7×10^{10} см$^{-2}$ в пластинах и до 1.4×10^{10} см$^{-2}$ в глобулах), также наблюдали округлые зерна свободные от дислокаций.

Методом просвечивающей электронной микроскопии обнаружено, что после РКУП стали 06МБФ формируется преимущественно субмикрокристаллическая (СМК) структура со средним размером элементов – 325 нм. РКУП приводит к измельчению карбидной подсистемы, обнаружены мелкие и крупные частицы Fe_3C (~ 2-3 нм), Fe_3C, V_8C_7 (~ 70 нм), расположенные более равномерно в сравнении с состоянием до РКУП. В ходе деформации происходит измельчение глобулярного и пластинчатого феррита, плотность дислокаций возрастает до 9.6×10^{10} см$^{-2}$.

Исследование механических свойств стали после РКУП показало, что РКУП ведет к существенному повышению прочностных свойств. До РКУП сталь 06МБФ имела низкий предел текучести $\sigma_{0.2}$=480 МПа и хорошую пластичность ~ 13 % (рис. 1, кривая 1). После РКУП предел текучести и прочности возрастают

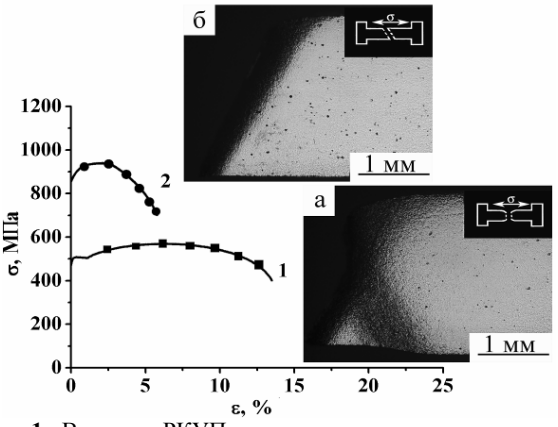


Рис.1. Влияние РКУП на кривые течения и характер излома ферритной стали 06МБФ в исходном состоянии (кривая 1, фото а) и после РКУП (кривая 2, фото б)

до 815 и 960 МПа, а пластичность резко падает, деформация локализована в полосах (рис. 1, кривая 2). РКУП приводит к росту микротвердости стали от 2.1 до 3.3 ГПа.

Обсуждение результатов

Основным механизмом упрочнения в СМК и НК материалах является зернограничное упрочнение, которое описывают с использованием соотношения Холла-Петча [1, 2]:

$$\sigma_y = \sigma_0 + k_y d^{-1/2}, \qquad (1)$$

где σ_y – предел текучести материала, σ_0 – сопротивление деформации в монокристаллах, d – размер зерна, k – коэффициент Холла-Петча.

Значения коэффициента k для различных структурных состояний низкоуглеродистых сталей

варьируется в интервале значений $13 < k < 19$ ГПа·нм$^{1/2}$ [2, 4]. В данной работе принимали k=16 ГПа·нм$^{1/2}$. В предположении, что все границы имеют большеугловой характер, измельчение зерна от 2400 нм (исходное состояние) до 325 нм (после РКУП) приведет к увеличению предела текучести на $\Delta\sigma$=560 МПа.

Использование выражения (1) корректно только для случая истинно зеренной структуры. В состоянии после РКУП структура стали – зеренно-субзеренная. В этом случае необходимо учитывать субструктурное упрочнение от блоков или ячеек [2, 5]:

$$\sigma_{\delta} = k_1 D^{-1}, \qquad (2)$$

где k_1 - параметр междислокационного взаимодействия $(0.13 \div 0.15)\cdot 10^6$ МПа·нм [2], D – размеры ячеек, блоков, фрагментов. В этом случае вклад субструктурного упрочнения при РКУП составляет $\Delta\sigma$=105 МПа.

Вклад от дислокаций, распределенных в структуре сталей, определяется соотношением [5]:

$$\sigma_{\rho} = \alpha M G b \rho^{1/2}, \qquad (3)$$

где b – вектор Бюргерса, G=81 ГПа – модуль сдвига [6], ρ – плотность дислокаций, M=2.75 [6], α=0.1÷0.3 – константа, зависящая от характера распределения дислокаций. Используя экспериментальные значения по изменению плотности дислокаций при РКУП, приращение $\Delta\sigma_{\rho}$ составляет 160 МПа.

В стали 06МБФ, согласно данным рентгеноструктурного анализа, параметр решеток близок к значению для α-Fe. Атомы легирующих элементов находятся, в основном, в карбидах, поэтому вклад от твердорастворного упрочнения пренебрежимо мал.

Принимая, что все частицы в структуре стали 06МБФ некогерентные, дисперсионное упрочнение можно рассчитать с помощью модифицированного для α-Fe уравнения Орована [6]:

$$\sigma_{\partial m} = 13\times 10^3 \frac{f^{1/2}}{D_{cp}} \ln\left(1.5\frac{D_{cp}}{f^{1/2}}\right), \qquad (4)$$

где f – объемная доля частиц; D_{cp} – их средний диаметр.

В соответствии с экспериментальными данными, после РКУП размер мелких частиц уменьшается от 15-20 нм до 2-3 нм, обеспечивая вклад в упрочнение около 115 МПа. Крупные частицы оказывают слабый упрочняющий эффект (~10-20 МПа).

Приращение значения предела текучести при РКУП стали 06МБФ с учетом выражения (1) составляет ~ 840 МПа, а с учетом выражения (2) ~ 385 МПа. Экспериментальное значение составляет $\Delta\sigma = (\sigma_{РКУП} - \sigma_{исх})$=435 МПа. Сопоставление рассчитанных и экспериментальных данных для предела текучести показывает, что после РКУП упрочнение описывается лучше с учетом соотношения (2). Это свидетельствует в пользу того, что РКУП ферритной стали 06МБФ приводит к формированию развитой зеренно-субзеренной структуры в ней.

Заключение

РКУП приводит к формированию СМК структуры со средним размером структурных элементов d=325 нм и системой крупных (~70 нм) и мелких карбидов (<5 нм). После РКУП сталь 06МБФ обладает высокими прочностными свойствами (предел текучести $\sigma_{0.2}$= 815 МПа).

На основе анализа экспериментально определенных параметров структуры стали 06МБФ (размера структурных элементов, объемной доли и размера частиц, плотности дислокаций) проведена оценка влияния РКУП на значения предела текучести. Показано, что РКУП приводит к формированию преимущественно зеренно-субзеренной структуры. Основной вклад в упрочнение вносят измельчение зерна при РКУП, повышение плотности дислокаций и дисперсная карбидная фаза.

Авторы работы выражают благодарность за сотрудничество своим коллегам профессору Добаткину С.В. и к.ф.-м.н. Найденкину Е.В.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ (МК-43.2011.8).

Литература:

1.Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. – М.: ИКЦ Академкнига, 2007. –397с.

2.Weng Y. Ultra-fine grained steels. – Berlin: Metallurgical Industry Press, Beijing and Springer-Verlag GmbH, 2009. – P.588.

3.Носкова Н.И., Мулюков Р.Р. Субмикрокристаллические и нанокристаллические металлы и сплавы. – Екатеринбург:УрО РАН, 2003.–279с.

4.Ramesh K.T. Nanomaterials. Mechanics and Mechanisms.// Springer, Berlin. – 2009–P.353.

5.Захарова Г.Г., Астафурова Е.Г., Тукеева М.С., Найденкин Е.В., Рааб Г.И., Добаткин С.В. Механические свойства феррито-перлитной и мартенситной стали 10Г2ФТ после равноканального углового прессования и высокотемпературных отжигов // Известия ВУЗов. Физика.–2011 –№4–С. 23-28.

6.Гольдштейн М.И., Литвинов В.С., Бронфин Б.М. Металлофизика высокопрочных сплавов. – М: Металлургия, 1986. – с.311.

ОСОБЕННОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ УЕДИНЕННОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ ВОЛНЫ ГРАНИЦЫ БИМЕТАЛЛА NI-AL В МОДЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКЕ

Захаров П.В.[1], Медведев Н. Н.[2], Старостенков М. Д.[1]
Научные руководители: Старостенков М. Д., д. ф.-м. н., профессор; Медведев Н. Н. к. ф.-м. н., доцент.
[1]Алтайский государственный технический университет, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46.
[2]Алтайская государственная академия образования, 659333, г. Бийск, ул. Короленко, 53.
zakharovpvl@rambler.ru

В работах [1, 2] была показана возможность возбуждения уединенной поперечной волны (УПВ) в модельной решетке Ni. При этом данная волна приводила к направленному дрейфу агрегатов точечных дефектов: комплексов вакансий и межузельных атомов.

В данной работе изучается взаимодействие подобных волн с границей биметалла Ni-Al. Метод возбуждения поперечной волны соответствует описанному методу в [1], и представляет собой рекомбинацию пар Френкеля. Однако имеются ряд отличий в условиях эксперимента от [1, 2].

В первую очередь различия состоят в граничных условиях, налагаемых на модельную ячейку, если там рассматривается ячейка с периодическими граничными условиями по всем направлениям, то в данном случае вдоль оси X выбираются так же периодические условия, а вдоль оси Y – свободные (рис. 1). Выбор таких граничных условий обусловлен необходимостью релаксации структуры при формировании границы биметалла Ni-Al.

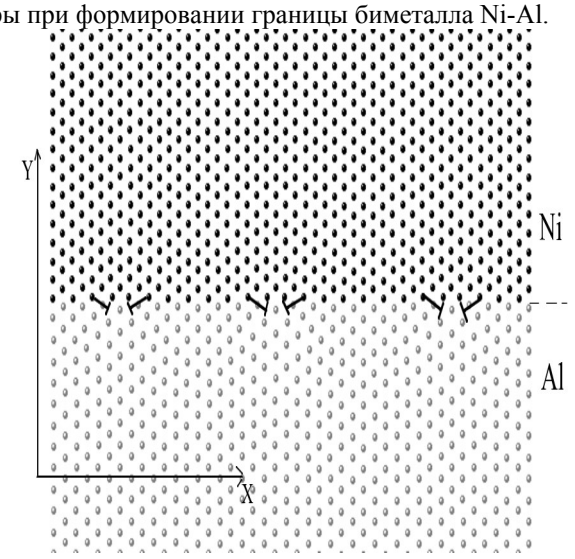


Рис.1. Граница биметалла Ni-Al после первоначальной релаксации. Направление оси X соответствует направлению <112>, ось Y – <110>. Символом ⊥ обозначены экстраплоскости дислокаций несоответствия.

Так же обратим внимание на то, что оси соответствуют следующим направлениям: ось X – <112>, ось Y – <110>. Только при данной конфигурации биметаллического сплава имеется возможность возбудить поперечную волну, движущуюся в строну границы Ni–Al.

Кроме этого, при первоначальной релаксации модельной ячейки формируется граница биметалл с дислокациями несоответствия (рис. 1), которая имеется свое поле напряжений [3]. Изучение взаимодействия поперечных волн и данного поля напряжений представляет особый интерес, с точки зрения дальнейшей релаксации структуры модельной ячейки.

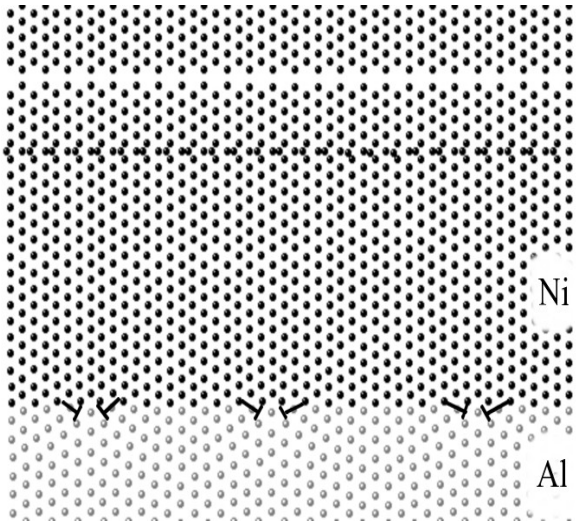


Рис.2. Граница биметалла Ni-Al и начальная конфигурации пар Френкеля. Символом ⊥ обозначены экстраплоскости дислокаций несоответствия.

Исследуемая модель представляла собой прямоугольную ячейку 40 на 60 атомов. Атомы ячейки взаимодействовали посредством парного потенциала Морзе [4]. Граница раздела металлов Ni-Al проходила через середину данной ячейки (рис. 1).

Внедрение пар Френкеля осуществлялось на стороне Ni. Рассматривался случай симметричного расположения межузельных атомов (МА) и вакансий, так как именно это условие позволяет породить поперечную волну [1]. Вакансии располагались в 10 межатомных расстояниях от верхней границы ячейки, межузельные атомы – в 15. Таким образом, расстояние между МА и вакансией составляла 5 межатомных расстояний (рис.2).

После создания данной конфигурации дефектов производилась дальнейшая релаксация структуры с включенным охлаждением ячейки, чтобы избежать смещений атомов, вызванных повышением температуры. Через 0,5 пс охлаждение отключалось, в результате чего происходила рекомбинация пар Френкеля, порождая поперечную волну (рис. 3).

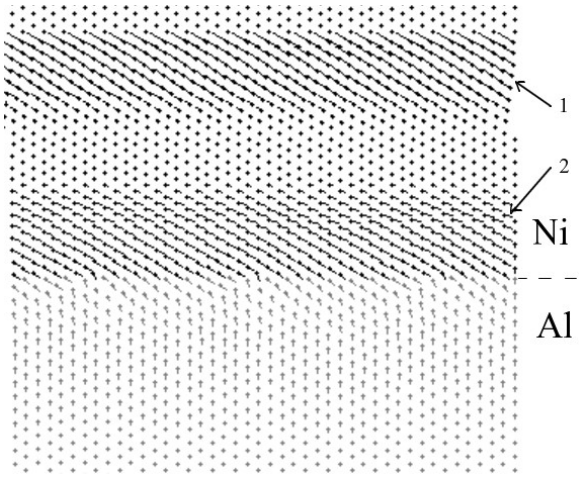


Рис.3.Расчетная ячейка. 1 – место рекомбинации пар Френкеля. 2 – уединенная поперечная волна, порожденная рекомбинацией пар Френкеля.

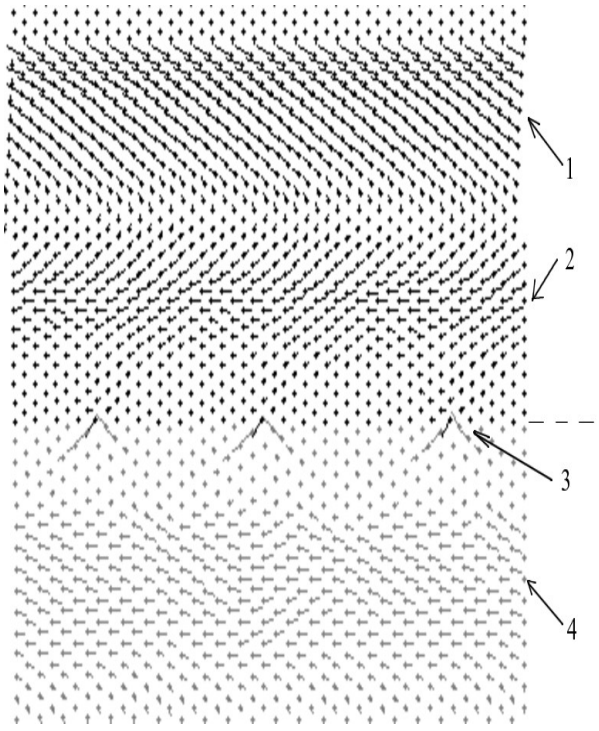


Рис.4.Расчетная ячейка. 1 – место рекомбинации пар Френкеля. 2 – поперечная волна, отраженная от границы Ni-Al, 3 – атомные смещения, вызванные УПВ, 4 – УПВ, пошедшая границу биметалла Ni-Al.

Скорость распространения подобной волны составила порядка 3000 – 3200 м/с. При достижении границы биметалла волна взаимодействует с упругим полем напряжений, образовавшимся при формировании границы Ni-Al. При этом частично отражаясь, а частично проходя через границу биметалл, поперечная волна вызывает структурные трансформации, связанные с движением дислокаций несоответствия на границе биметалла (рис. 4). Движения дислокаций несоответствия имеет, как диссипативный, так и консервативный характер.

Объяснить движение дислокаций можно тем, что при формировании границы биметалла имеется остаточное напряжение, которое при прохождении поперечной волны приводит к смещению атомов. После прохождения УПВ происходит переползание одной из пары дислокаций несоответствия на одно межатомное расстояние вглубь Al вдоль плотноупакованного ряда, при этом один атом Al смещается вглубь Ni. Вторая дислокация в результате подобного рода кооперативных атомных смещений перемещается в плоскости скольжения на одно межатомное расстояние, сохраняя первоначальное расстояние до дислокации, подвергшейся диссипативному движению.

После прохождения УПВ всей расчетной ячейки, в течение 0,5 – 1 пс в ней остаются остаточные возмущения, обусловленные свободными граничными условиями. Установлено, что данные возмущения не оказывают влияние при дальнейшей релаксации на структуру рассматриваемой модели.

Такими образом, установлено, что УПВ проходя через границу биметаллического соединения Ni-Al, в указанной выше конфигурации, может являться причиной структурных трансформаций границы биметаллического соединения, связанных с движением дислокаций.

Список литературы:

1) Медведев Н.Н., Старостенков М.Д., Маркидонов А.В., Захаров П.В. Волны, возникающие при рекомбинации пар Френкеля в двумерных модельных решетках металлов и их влияние на дрейф агрегатов точечных дефектов // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2009. т.6. №2. С.8-14.

2) Старостенков М.Д., Медведев Н.Н., Захаров П.В., Еремин А.М., Дрейф точечных дефектов при взаимодействии с волнами солитонного типа. Фундаментальные науки и образование: материалы всероссийской научно-практической конференции (Бийск, 31 января - 3 февраля 2010 г.) - Бийск : БПГУ имени В. М. Шукшина, 2010. С. 93-98. ISBN 978-5-85127-580-7.

3) Полетаев Г.М. Исследование процессов взаимной диффузии в двумерной системе Ni-Al: Дис. канд. физ.- мат. наук: 01.04.07. - Барнаул, 2002. 186 с.

4) Полетаев, Г.М. Моделирование методом молекулярной динамики структурно-энергетических превращений в двумерных металлах и сплавах (MD2) / РОСПАТЕНТ свидетельство № 2008610486 от 25 января 2008.

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Зиганшин А.И., Кондратюк А.А.
Научный руководитель: Кондратюк А.А.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050,Россия, г. Томск, пр. Ленина. 30
E-mail: drumsticks@sibmail.com

Полимерные материалы благодаря своим особым свойствам находят широкое применение в качестве конструкционных материалов. В ряде случаев они с успехом заменяют металлические материалы за счёт меньшей удельной плотности, высокой коррозионной и износостойкости, а также возможности их использования в особых условиях (при низких температурах, в вакууме, повышенном радиационном уровне). К данному классу материалов можно отнести сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), отличающийся от других видов полиэтиленов более высокой молекулярной массой (свыше $1*10^6$ММ), что придаёт ему особые свойства[1].

В качестве объекта исследований авторами были выбраны композиционные составы с фиксированным содержанием наполнителя (мелкодисперсная медь) в количествах 3,7,10 и 13 процентов весовых. В роли матрицы – основы выступал порошок СВМПЭ производства ТНХК (Россия). Вышеприведенные составы предварительно подвергались тщательному смешиванию с последующим формованием методом ГП (горячее прессование) на специально созданной установке[2]. Технологические режимы ГП определены авторами экспериментально. Общий вид модельных заготовок приведён на рисунке 1.

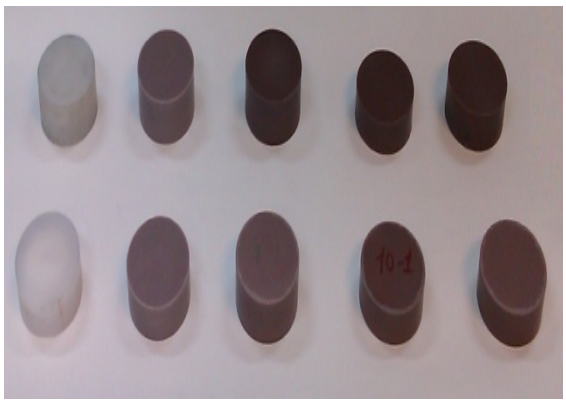


Рис.1 Общий вид модельных заготовок с различным содержанием наполнителя

У образцов полимерных композиций на основе СВМПЭ с разным содержанием наполнителя (приведённых на рисунке 1) была рассчитана плотность и результаты представлены в виде графика на рисунке 2.

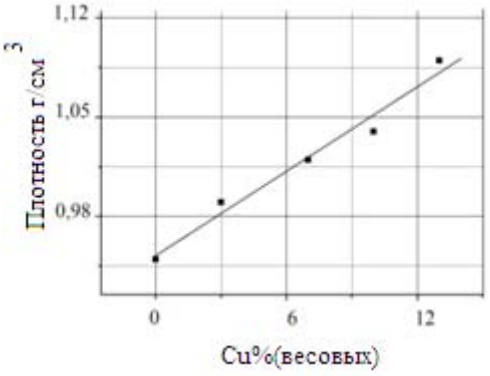


Рис. 2 Влияние количества наполнителя на плотность композиций

Из модельных заготовок, представленных на рисунке 1, были изготовлены стандартные образцы для исследования прочностных характеристик композиций. Исследования осуществлялись на установке “Instron” Образцы исследовались при растяжении, предельные характеристики измерялись в момент разрушения. Результаты испытаний представлены в виде графиков, приведенных на рисунке 3.

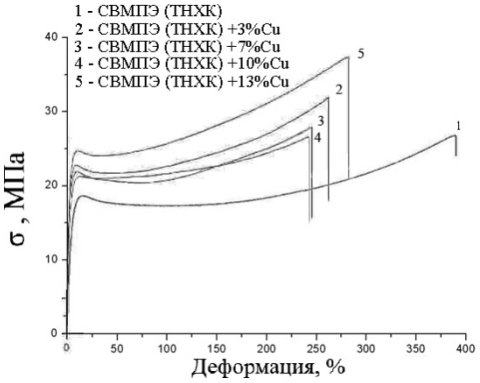
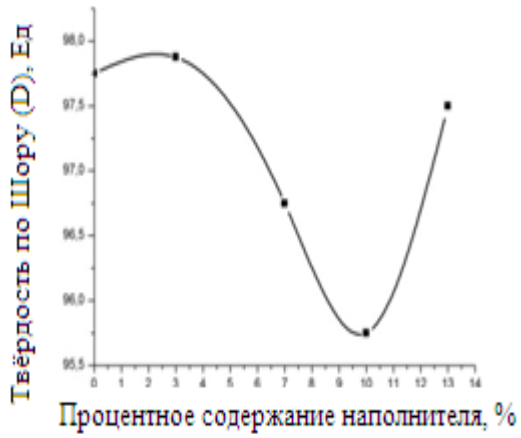


Рис.3 График зависимости деформации от напряжения для образцов с различным содержанием модификатора (1-чистый СВМПЭ, 2 – 3% Cu, 3 - 7% Cu, 4 - 10% Cu, 5 - 13% Cu(весовым))

Рис.4 Общий вид установки «Импульс-1Р»

Измерение твёрдости композитов всех четырёх модификаций проводилось с использованием установки “Импульс-1Р”, приведённой на рисунке 4. Результаты измерений в единицах твёрдости по Шору(D) приведены на рисунке 5. Аналогичные измерения в единицах IRHD (International Rubber Hardness Degrees) представлены в виде графика на рисунке



6.

Рис.5 График зависимости твердости по Шору от процентного содержания наполнителя в композициях

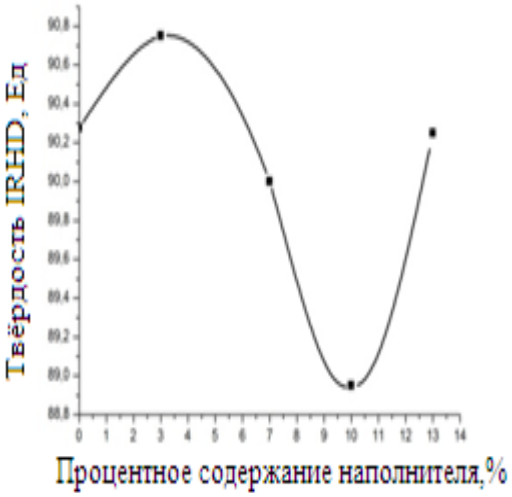


Рис.6 График зависимости твердости в единицах IRHD от процентного содержания наполнителя в композициях

На рисунке 7 приведены результаты измерения твёрдости методом Бринелля вышеупомянутых композиционных материалов с использованием прибора “ТШ-2”.

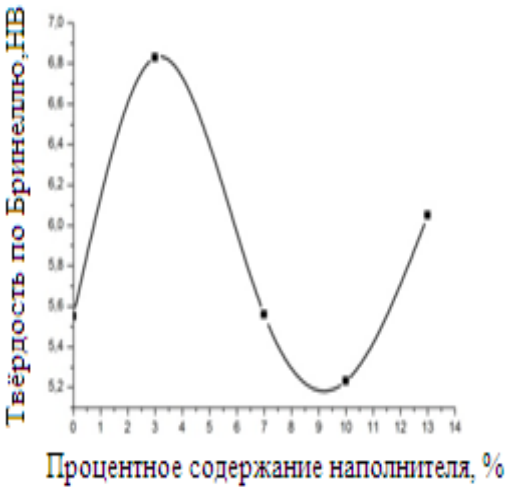


Рис.7 График зависимости твердости по Бринеллю от процентного содержания наполнителя в композициях

Выводы:

Рассматривая вышеприведённые экспериментальные данные можно сделать вывод, что существует определённая взаимосвязь между исходной твёрдостью образцов из композиционного материала на основе СВМПЭ и его прочностными характеристиками. Так, снижение предельной прочности при количестве наполнителя 7% и 10%, сопровождается снижением твёрдости у этих композиций, измеренной по методам Бринелля, Шора и IRHD.

Анализируя полученные результаты измерений по трём методикам, можно отметить качественную идентичность графиков изменения твёрдости. Исходя из вышеизложенного, предлагается использовать процесс индентирования в качестве экспресс-метода оценки механических свойств изготавливаемых изделий на операциях ОТК.

Список литературы:

1. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности./ И.Н. Андреева, Е.В. Веселовская, Е. И. Наливайко и др.- Л.: Химия, 1982.-80 с., ил.
2. Полимерные композиционные материалы: Научное издание / Баженов С.Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В.Г.- Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010.-352 с.

РОЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ ПРИ НАНЕСЕНИИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Зундан М.С.[1], Зенин Б.С.[1]
Научный руководитель: Зенин Б.С.[1]
[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kapidastra@rambler.ru

Одними из наиболее универсальных и высокоэффективных средств изменения свойств поверхности являются методы напыления покрытий. Это объясняется широтой выбора наносимых материалов, их структурным многообразием, возможностью создания многокомпонентных композиций и большой номенклатурой материала подложек.

Использование многослойных покрытий открывает новые перспективы, связанные с получением новых композитных структур, обладающих высокими эксплуатационными свойствами и сохранением на необходимом уровне износостойкости и долговечности изделий.

Покрытия, состоящие из нескольких слоев, применяются для изделий, которые работают при циклических напряжениях или температурах, например режущие инструменты, лопатки газотурбинных двигателей, трубы для транспортировки и добычи полезных ископаемых и в нефтегазовой отрасли.

Для повышения качества покрытий иногда прибегают к напылению подслоев. Необходимость в этом возникает при неудовлетворительной совместимости материала покрытия с напыляемым изделием. Особенно часто несовместимость проявляется в низкой адгезионной прочности, большого различия в температурных коэффициентах линейного расширения материала покрытия и изделия [1]. Обычно при выборе материала подслоя стремятся к тому, чтобы его температурный коэффициент линейного расширения занимал промежуточное значение в композиции покрытие – изделие. Часто для напыления промежуточных слоев применяют термореагирующие порошки системы Al – Ni, а также порошки тугоплавких металлов молибдена, вольфрама и д.р. [2,3]. Другой фактор, определяющий работоспособность напыленного покрытия – формирование адгезионных связей на границе покрытие-основа. Данный процесс протекает за короткий промежуток времени и конечный результат (величина адгезионной связи частица-подложка) определяется величиной контактной температуры и временем, в течение которого завершается процесс кристаллизации напыленной частицы, т.е. параметрами термического цикла на границе [4, 5].

По практическому назначению газотермические покрытия могут быть разделены на несколько групп. В работе рассмотрены теплофизические условия на примере покрытия с применение промежуточного слоя для защиты от износа (износостойкие покрытия) и покрытия для защиты от разрушения при высоких температурах (термобарьерные покрытия).

Покрытие для защиты от износа.

Для изучения такого вида покрытия (Модель 1) выбраны следующие модельные материалы: материал основы сталь, как основной материал в машиностроении; в качестве промежуточного слоя молибден, обеспечивающий хорошую адгезионную прочность с основным металлом [3]; рабочий материал никель, являющийся основой многих покрытий, обеспечивающих защиту от износа [1].

Покрытие для защиты от разрушения при высоких температурах.

Теплоизоляционные свойства покрытий, прежде всего, определяются теплопроводностью самого напыляемого материала, т.е. его химическим составом и структурой (пористостью) получаемого покрытия. Типичными материалами, широко используемыми для напыления теплоизоляционных покрытий, являются керамика и керметы [3].

Первые покрытия ТВС на основе двуокиси циркония содержали от 12 до 20 % оксида иттрия, который добавлялся, чтобы полностью стабилизировать кубическую фазу. Позже, было доказано, что лучших рабочих характеристик можно достигнуть, понижая уровень окиси иттрия до 6 и 8 %. Исследования по ТВС, в общем, теперь поддерживают представление, что ZrO_2/ (6-8%)Y_20_3 превосходит ZrO_2/ (12-20%)Y_20_3 для усовершенствованных газовых турбин, а эти ТВС в свою очередь превосходят системы на основе оксида циркония, предложенные ранее.

Для создания модельного термобарьерного покрытия (Модель 2) в работе рассматривались следующие материалы: материал основы сталь; рабочее покрытие, обеспечивающее защиту от высоких температур – керамика Al_2O_3; материал для создания подслоя, обеспечивающий прочность сцепления покрытия с подложкой – Ni [2].

Расчеты

Известно, что основным механизмом формирования газотермического покрытия является последовательное наложение друг на друга напыляемых частиц, адгезионное взаимодействие между которыми определяется температурными условиями на границе или параметрами термического цикла. Для проведения качественного сравнительного анализа адгезии многослойных газотермических покрытий проведены расчеты параметров термического цикла (контактная температура - $T_к$ и время полной кристаллизации частицы - t_0) на границе основа – промежуточный слой, промежуточный слой – рабочее покрытие. Все расчеты выпол-

нены с помощью компьютерной программы КП CRISTALL [5] для заданных условий напыления: диаметр напыляемых частиц d=100 мкм, скорость частиц в момент столкновения с подложкой v=100 м/с, частица расплавлена и ее температура равна температуре плавления, температура подложки T_o=300К. Результаты расчета параметров термического цикла для выбранных материалов, представлены на рисунках 1 и 2.

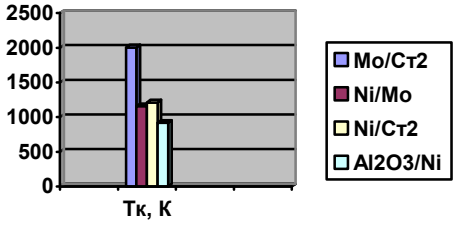


Рис.1 Температура в контакте для различных пар материалов покрытия и подложки.

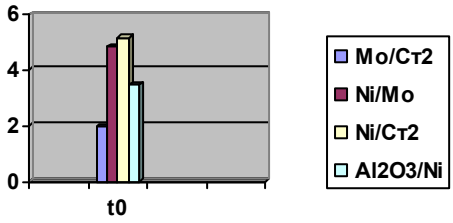


Рис. 2 - Время кристаллизации напыляемой частицы для различных пар материалов покрытия и подложки.

Для более полного анализа формирования адгезионных связей на границе частица-подложка, необходимо учитывать не только параметры термического цикла, но и энергию активации образования прочного сцепления частицы с подложкой (рисунок 3), величина которой находится в некотором соответствии с энергией связи атомов в материале подложки [4].

Совместный анализ параметров термического цикла (рисунки 1,2) и энергии активации межатомного соединения для Модели 1 (износостойкое покрытие), показывает что, адгезионные связи между покрытием и подложкой (Ст2) в системе Ni/Mo/Ст2 выше, чем в системе Ni/Ст2, что подтверждает возможность использования промежуточного слоя Mo для повышения адгезионной прочности покрытия. Однако, при этом для получения хорошей адгезионной связи на границе Ni/Mo, поверхность напыленного слоя молибдена необходимо дополнительно активировать.

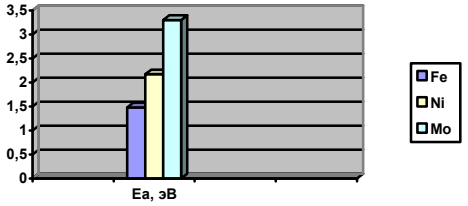


Рис. 3 Энергия межатомных связей для различных материалов подложки.

Комплексный анализ термических условий на границе частица – подложка и энергии активации образования прочного соединения для Модели 2 (термобарьерное покрытие) показывает что адгезионная прочность на границе Ni/Ст2 выше, чем в системе Al_2O_3/Ст2 из-за более высоких $T_к$ и t_0. Однако, на границе Al_2O_3/ Ni низкая $T_к$ и высокая энергия активации атомов Ni, необходимая для образования прочного соединения частиц с подложкой, не обеспечивают требуемый уровень адгезии. Таким образом, применение Ni в качестве промежуточного слоя в Модели 2 не оправдано.

Вывод

Полученные в данной работе результаты, показывают, что выбор промежуточного слоя является сложной задачей, т.к. необходимо учитывать большое количество факторов, обеспечивающих высокую адгезионную прочность на границе слоев.

На примере Модели 1 показано, что в ряде случаев необходима дополнительная обработка напыляемой поверхности.

Пример Модели 2 показывает неудачный выбор материала промежуточного слоя.

Список литературы:

1. Митин Б.С., Анциферов В.Н. и др. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов. - М.: Металлургия, 1987.-792 с.
2. Борисов Ю.С., Борисова А.Л. Плазменные порошковые покрытия.-К.:Техника,1986.-223 с., ил.
3. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление/Пер. с яп. В.Н.Попова; Под. ред. В.С.Степина, Н.Г.Шестеркина. – М.: Машиностроение, 1985.-240 с., ил.
4. Кудинов В.В., Пузанов А.А., Замбржицкий А.П.Оптика плазменных покрытий. – М.: Наука, 1981. -326 с.
5. Капацкая М.А., Зенин Б.С. «Анализ условий взаимодействия напыляемой частицы с преградой с учетом фазового перехода». Труды III МНТК «Современные проблемы машиностроения». Томск. ТПУ. 2006. С. 102-105.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ОСАЖДЕННЫХ ИЗ ПЛАЗМЫ ВЧ-МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА

Иванова А.А., Сурменева М.А., Сурменев Р.А.
Научный руководитель: Сурменев Р.А., к.ф. - м.н., старший научный сотрудник
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: metallurg_annet@mail.ru

Поверхностные свойства медицинских имплантатов определяют успех их взаимодействия с живым организмом. В настоящее время материалы на основе фосфатов кальция занимают ведущее место по применению в костной и дентальной хирургии [1]. Эти материалы по своим составам близки к свойствам костной ткани и индуцируют биологические реакции, вызывающие ее ремоделирование. Металлические имплантаты с кальций-фосфатным покрытием объединяют в себе высокие механические свойства подложки и биосовместимость керамики.

Магнетронное распыление – один из наиболее применяемых методов формирования функциональных покрытий [2]. Он позволяет с высокой эффективностью использовать материал катода и, управляя параметрами процесса, напылять покрытия с заданными свойствами [3]. Морфология и структура пленок, возникающих в процессе их формирования, в значительной мере определяет многие эксплуатационные характеристики и представляет значительный интерес для физики твердого тела и материаловедения.

Целью настоящей работы являлось изучение закономерностей роста тонких кальций-фосфатных покрытий, получаемых методом высокочастотного (ВЧ) магнетронного распыления.

Материалы и методы

Для напыления покрытий в плазме ВЧ-магнетронного разряда (13,56 МГц) использовалась модифицированная промышленная установка 08РКНО-100Т-005 с ионным источником (энергией до 10 кэВ) для предварительной активации поверхности подложек.

Мишень для распыления (∅ 220 мм, толщина 10 мм) была приготовлена из механосинтезированного порошка кремнийзамещенного гидроксилапатита (Si-ГА) по керамической технологии: прессование порошка при давлении 70 МПа, затем отжиг полученной заготовки при температуре 1100°С на воздухе в течение 1 часа.

В качестве подложек использовались технически чистый титан ВТ1-0 (99,58 вес.% Ti; 0,1 вес.% O; 0,15 вес.% Fe; 0,05 вес.% C; 0,04 вес.% N; 0,08 вес.%) и кремний.

Рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ проводился с помощью дифрактометра Siemens D500. Для интерпретации рентгенограмм использовалась база данных ICDD (International Center for Diffraction Data): номер карточки для синтетического ГА (09-432); технически чистого титана (44-1294). Морфологию поверхности и элементный состав покрытий исследовали на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) ESEM Quanta 400 FEG from FEI, со встроенным EDX-анализатором (EDS analysis system Genesis 4000, S-UTW-Si(Li)detector). Для выявления химических связей фосфатной и замещающей групп применялся метод ИК-спектроскопии. Спектры оптического поглощения получены на приборе Bruker Vertex 70 FTIR в диапазоне 400 – 4000 $см^{-1}$.

Результаты и обсуждение

Данные электронно-микроскопических исследований покрытий, полученных при заземленном подложкодержателе (ЗП) и разном времени напыления, позволили выявить общую закономерность формирования растущей пленки. Поверхность покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления, является однородной, плотной, не содержит видимых дефектов, трещин и сколов. Установлена тенденция увеличения размера зерна в зависимости от времени напыления. Средний размер зерна покрытия на титане после 30 мин напыления при мощность 290 Вт равен 70 нм, и составляет 520 нм после 180 мин.

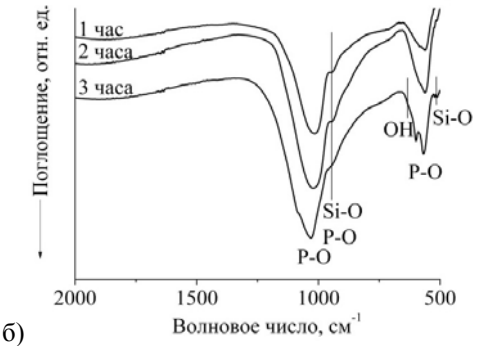
Методы РФА и ИК-спектроскопии демонстрируют изменение структуры выращенной Si-ГА пленки при мощности 290 Вт в зависимости от времени напыления. На рис.1. представлены результаты для покрытий, сформированных в интервале 60 – 180 минут, на рентгенограммах покрытий, сформированных в течение 30 минут, рефлексы Si-ГА неразрешимы.

В полученных ИК-спектрах покрытий присутствуют полосы поглощения в области 1100 – 960 и 602 – 560 $см^{-1}$, характерные для валентных и деформационных колебаний P–O – групп в структуре ГА. Полоса поглощения колебания Si–O-связей при 945 $см^{-1}$ перекрывается с полосой поглощения фосфатной группы при 962 $см^{-1}$. Присутствует полоса поглощения колебания связей силикатной группы при 511 $см^{-1}$, обусловленная деформационными колебаниями связей Si-O. Характер ИК-спектров указывает на аморфную и/или нанокристаллическую структуру покрытия. Для покрытий, сформированных в течение 3 часов, наблюдается расщепление полосы в области 568 $см^{-1}$ и сдвиг полосы колебаний при 1021 $см^{-1}$ на (10 – 15) $см^{-1}$ в область более высоких частот, что сопровождается появлением на её фоне плеча ~ 1084 $см^{-1}$. Данные изменения спектральной картины в области частот (1200 – 400) $см^{-1}$ свидетельствуют о структурных преобразованиях, вероятно, связанных с упорядочением P–O-ионов в элементарной ячейке.

Рентгеноструктурные исследования выявили, что фазовый состав покрытий, сформированных в интервале 60 – 180 мин, соответствует кристаллическому ГА. Анализ интенсивности дифракцион-

ных линий указывает на наличие определенной текстуры покрытия в направлении (002) кристаллографической ориентации (рис.1б).

а)



б)

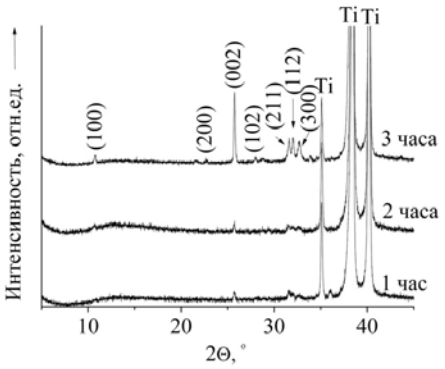
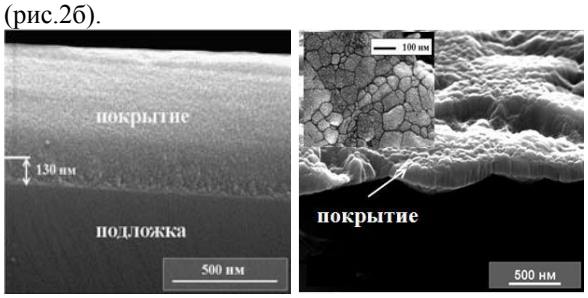


Рис.1. ИК-спектры (а) и рентгенограммы (б) Si-ГА покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления в течение 1 – 3 часов

СЭМ-изображение поперечного сечения покрытия, сформированного в течение 180 минут, демонстрирует наличие градиентной структуры (рис.2а). У межфазной границы с подложкой просматривается структура, состоящая из доменов размером 30 – 50 нм. Толщина этого слоя составляет 120 – 140 нм. При травлении покрытия в слабом растворе HCl (pH=3) данная доменная структура вытравливается, что позволяет описывать ее, как аморфно-нанокристаллическую структуру (рис.2б).



а) б)

Рис.2. СЭМ-изображение скола (а), протравленной границы (б) покрытия, сформированного в течение 3 часов при ЗП на Si-подложке

Более того, в результате измерения температуры подложкодержателя в процессе напыления, было установлено, что указанная выше доменная структура формируется при низкой температуре (36 – 110) °С. Далее, при температуре (120 – 200) °С покрытие уплотняется и переходит в сплошной слой, обладающий столбчатой структурой. Рис.3 а,б. свидетельствует о том, что рост пленки происходит путем срастания отдельных островков в результате коалесценции.

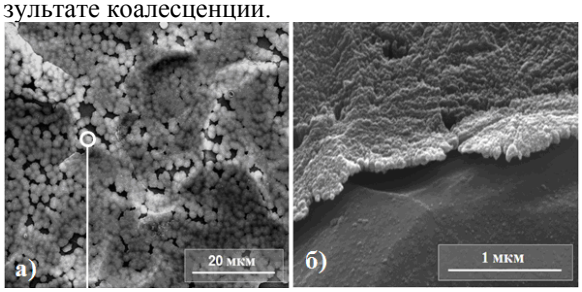


Рис. 3. СЭМ-изображение разного увеличения а) ×4000; б) ×100000 протравленного в растворе 1 Моль HCl покрытия, полученного при ЗП

Таким образом, полученные данные позволили выявить общую динамику формирования покрытия – образование на поверхности подложки тонкого квазиаморфного слоя и последующее нарастание на нем слоя, имеющего выраженную столбчатую структуру.

Литература

1. Эппле М. Биоматериалы и биоминерализация. Томск: Изд-во Ветер.– 2007.– С.165.
2. Surmenev R.A., A review of plasma-assisted methods for calcium phosphate-based coatings fabrication // Surface and Coatings Technology. – 2012.–V.206.– 2035–2056
3. Сурменев Р.А., Сурменева М.А., Евдокимов К.Е., Пичугин В.Ф., Эппле М. Зависимость свойств магнетронных Са-Р покрытий, сформированных из плазмы ВЧ-разряда, от параметров напыления // Ж.: Физика и химия обработки материалов.– 2010.– № 4.–С. 57–65.

ПОВЕДЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПУАССОНА КРИСТАЛЛА SmB_6 В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 4,2…350 К

Соболева Э. Г., Ивкин А.Н., Галеева А. А.
Научный руководитель: Беломестных В.Н.
Юргинский технологический институт Томского политехнического университета,
652000, Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
e-mail: sobolevaeno@mail.ru

Соединения редкоземельного элемента самария демонстрируют ряд уникальных свойств, связанных, в основном, с флуктуациями валентности иона самария в интервале от +2 до +3. Так, например, в моносульфиде самария SmS при критическом давлении $p_c \approx 6{,}5$ кбар (комнатная температура) наблюдается весьма редкое для твердого состояния явление – изоморфное (типа NaCl → NaCl) фазовое превращение 1-го рода [1]. Моносульфиды самария и иттрия образуют непрерывный ряд твердых растворов $Sm_{1-x}Y_xS$ ($0 \le x \le 1$), в которых по мере роста концентрации ионов Y^{3+} при критической концентрации $x_c=0{,}15$ происходит электронный фазовый переход полупроводник – металл 1-го рода [2]. При этом, также как и в чистом SmS под давлением p_c, скачком изменяются многие физико-химические и физико-механические свойства твердого раствора $Sm_{0,85}Y_{0,15}S$, в том числе и коэффициенты Пуассона, которые со стороны металлической фазы становятся отрицательными [3].

Постоянные жесткости c_{ij} монокристалла SmB_6 измерены в интервале 4,2…350 К и одной из особенностей полученных данных является отрицательное значение недиагональной компоненты c_{12} тензора упругости гексаборида [4]. Последнее указывает на то, что SmB_6 является носителем определенной меры ауксетичных свойств. Ранее полный набор коэффициентов Пуассона и упругих модулей (модулей Юнга и сдвига) гексаборида самария не исследовался.

В настоящем сообщении показаны безразмерные (коэффициенты Пуассона) и размерные (упругие модули) упругие характеристики моно- и поликристалла SmB_6 в температурном интервале изучения постоянных c_{ij} этого соединения [4].

Кубический гексаборид самария имеет структуру типа CsCl [5]. На рис. 1 продемонстрирована элементарная ячейка SmB_6, которая центрирована октаэдром из шести атомов бора. Такая структура характерна для гексаборидов всех редкоземельных элементов, но только в SmB_6 ионы самария сосуществуют в двух различных валентных состояниях, статистически распределенных в кристаллографически эквивалентных положениях решетки соединения. Об этом свидетельствует структура рентгеновского спектра поглощения в SmB_6 с дополнительной полосой, смещенной относительно главного максимума в длинноволновую область [5].

Анизотропные упругие свойства кубических кристаллов характеризуются четырьмя независимыми коэффициентами Пуассона $\sigma_{\langle 100,001\rangle}$, $\sigma_{\langle 110,001\rangle}$, $\sigma_{\langle 110,1\bar{1}0\rangle}$, $\sigma_{\langle 111,111\rangle}$ и тремя модуля Юнга ($E_{<100>}$, $E_{<110>}$, $E_{<111>}$), модулями сдвига ($G_{<100>}$, $G_{<110>}$, $G_{<111>}$), рассчитанные по известным соотношениям теории упругости.

Упругие характеристики изотропного SmB_6 (поликристалла) находили через его модули всестороннего сжатия (B) и сдвига (G). Модуль Юнга (E) и коэффициент Пуассона (σ) выражаются через B и G следующим образом:

$$E = \frac{9BG}{3B+G}, \qquad \sigma = \frac{3B-2G}{2(3B+G)}, \tag{1}$$

где $B = 1/3(c_{11} + 2c_{12})$.

Модули сдвига поликристалла определяли по методу трех приближений – Фойгт-Ройс-Хилла (ФРХ, $G_{ФРХ}$), G. Peresada (G_{Per}) и К.С. Александрова ($G_{Ал}$) [6].

Абсолютные значения постоянных жесткости монокристалла SmB_6 при T = 300 К по данным [4] получены с погрешностями: c_{11} и c_{44} (± 5) %, c_{12} (± 63) %. Погрешности относительных изменений c_{ij}, в данном случае по температуре, в ультразвуковых экспериментах из-за их высокой чувствительности к регистрации малых колебаний значений скоростей распространения упругих волн, как правило, на порядок ниже [6].

Температурные изменения анизотропных коэффициентов Пуассона монокристалла SmB_6 представлены на рис. 2. Все $\sigma_{<hk\ell>}(T)$ линейны, температурные коэффициенты $d\sigma_{\langle hk\ell\rangle}/dT$ положительные и в единицах (10^{-5} K^{-1}) составляют: для $\sigma_{\langle 100,001\rangle}$ – 5,7, $\sigma_{\langle 110,001\rangle}$ – 3,1, $\sigma_{\langle 110,1\bar{1}0\rangle}$ – 4,9, $\sigma_{\langle 111,111\rangle}$ – 3,7. Два анизотропных коэффициента Пуассона отрицательные ($\sigma_{\langle 100,001\rangle}$, $\sigma_{\langle 110,001\rangle}$), два других положительные ($\sigma_{\langle 110,1\bar{1}0\rangle}$, $\sigma_{\langle 111,111\rangle}$). Минимальным значением обладает $\sigma_{\langle 110,001\rangle}$ при T = 4,2 К (-0,213), максимальным $\sigma_{\langle 110,1\bar{1}0\rangle}$ при T = 220 К (+0,358).

Коэффициент Пуассона поликристалла SmB_6 также может быть представлен линейной функцией температуры, хотя при более тщательном рассмотрении обнаруживается слабый намек на максимум при T = 220 К: σ (4,2 К) = 0,043, σ (220 К) = 0,060, σ (350 К) = 0,058. Таким образом, результаты рис. 2 показывают, что SmB_6 принадлежит к редким среди кристалличе-

ских ауксетиков соединениям с $\sigma_{\langle 110,001\rangle} < 0$ (аксиальным ауксетикам [7]), а стержни из поликристалла гексаборида самария практически не должны изменять поперечные размеры при продольном растяжении/сжатии ($\sigma \to 0$). Среди известных веществ только алмаз ($\sigma = 0{,}070$) и бериллий ($\sigma = 0{,}046$) имеет сравнимые с σ гексаборида самария значения [8].

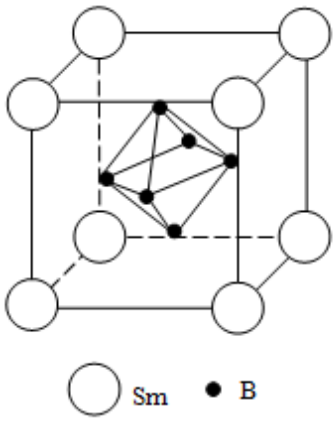


Рис. 1. Элементарная ячейка SmB_6

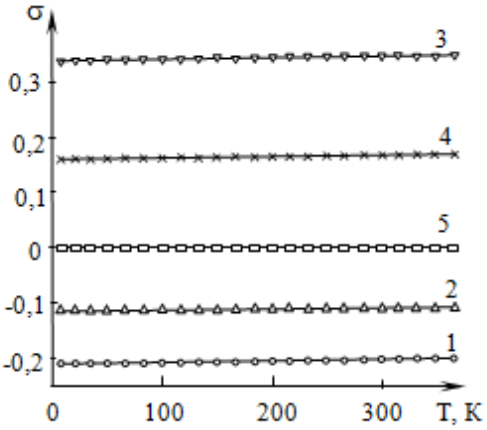


Рис. 2. Температурные изменения коэффициентов Пуассона моно- (1, 2, 3, 4) и поликристалла (5) SmB_6
1 - $\sigma_{\langle 100,001\rangle}$, 2 - $\sigma_{\langle 110,001\rangle}$, 3 - $\sigma_{\langle 110,1\bar{1}0\rangle}$, 4 - $\sigma_{\langle 111,111\rangle}$, 5 - σ

Таблица 1

Упругие модули (всестороннего сжатия B, Юнга E, сдвига G) моно- и поликристалла SmB_6 (ГПа)

T, K	B	$E_{<100>}$	$E_{<110>}$	$E_{<111>}$	E	$G_{<100>}$	$G_{<110>}$	$G_{<111>}$	G
4,2	90,6	387,6	211,7	183,8	256,7	79,1	119,8	144,5	124,9
100	91,7	388,7	210,9	182,9	256,3	78,4	118,7	143,3	123,9
200	94,3	392,9	212,1	183,8	258,0	78,2	118,5	142,9	123,6
300	93,6	390,2	211	182,9	256,5	77,9	117,9	142,2	122,9

Для более полного значения об упругих свойствах SmB_6 в табл. 1 представлены сведения по размерным упругим характеристикам (упругим модулям) моно- и поликристаллов этого соединения в дискретных температурных точках.

Список литературы:

1. Тонков Е. Ю., Аптекарь И. Л. Критическая точка на кривой изоморфного превращения SmS // ФТТ. 1974. Т. 16. №5. С. 1507 – 1508.
2. Смирнов И. А., Оскотский В. С. Фазовый переход полупроводник – металл в редкоземельных полупроводниках (монохалько-гениды самария) // УФН. 1978. Т. 124. №2. С. 241 – 279.
3. Беломестных В. Н., Соболева Э. Г. Упругость сплава с валентным переходом $Sm_{1-x}Y_xS$ по данным ультразвуковых измерений // Фундам. проблемы соврем. материаловедения. 2011. Т. 8. №4. С. 31 – 36.
4. Tamaki A., Goto T., Kunii S., Kasaya M., Suzuki T., Fujimura T., Kasuya T. Elastic properties of SmB_6 and Sm_3Se_4 // J. Magn. Magn. Mater. 1985. V. 47 – 48. P. 469 – 471.
5. Вайнштейн Э. Е., Блохин С. М., Падерно Ю. Б. Рентгеноспектральное исследование гексаборида самария // ФТТ. 1964. Т. 6. №10. С. 2909 – 2912.
6. Беломестных В. Н., Соболева Э.Г. Акустические, упругие и неупругие свойства кристаллов галогенатов натрия. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2009. 276 с.
7. Конёк Д. А., Войцеховски К. В., Плескачевский Ю. М., Шилько С. В. Материалы с отрицательным коэффициентом Пуассона. (Обзор) // Механика композитных материалов и конструкций. 2004. Т. 10. №1. С. 35 – 69.
8. Мэзон У. Физическая акустика. Т. III. Часть Б. Динамика решетки / Пер. с англ. Под ред. И. Л. Фабелинского. М.: Мир, 1968. 392 с.

ПЕРСПЕКТИВА СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С АСИММЕТРИЕЙ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Ильясов Б.Р.
Научный руководитель: Симакин М.В., к.ф.-м.н.
Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова,
Республика Казахстан, 020000, г. Кокшетау, ул. Абая, 76
E-mail: baurdinho@mail.ru

Как известно, диод — это такое устройство, которое позволяет электрическому току течь только в одном направлении. В обратную сторону диод практический не пропускает электрический ток, если не превысить допустимое обратное напряжение. Благодаря этому свойству диоды наряду с транзисторами в настоящее время составляют основу современной электроники.

Однако многие физики уже давно задумались о необходимости разработки устройства диодного типа, которое могло бы обеспечивать одностороннюю проводимость не только электронного потока, но и потока тепла, звука и света. Тем не менее, до последнего времени эту задачу не удавалось решить даже на теоретическом уровне, не говоря уже о том, чтобы воплотить данную разработку на практике.

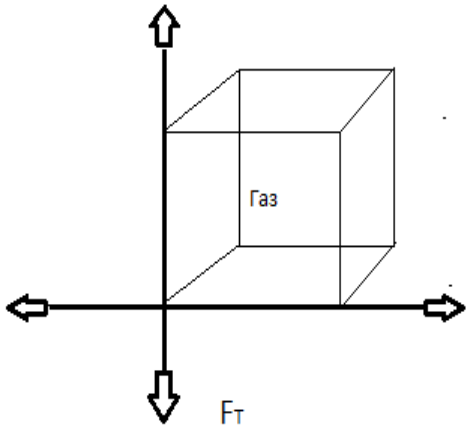


Рис. 1. Схема простейшего теплового диода;

На самом деле тепловые диоды есть, и они уже используются [1]. Жидкости и газы не одинаково проводят тепло в зависимости от направления, известно что теплопередача в газах и жидкостей в большей степени обусловлена конвекцией, нежели теплопроводностью. Если рассмотреть жидкость или газ в емкости формы параллелепипеда (рис.1), то легко определить, что тепло распространяется намного быстрее в направлении прямо противоположном вектору силы тяжести, за счет конвекции, в направлении перпендикулярном вектору силы тяжести тепло распространяется только за счет теплопроводности газа или жидкости, а хуже всего тепло распространяется вниз по направлению вектора силы тяжести. По сути, жидкости или газы и есть тепловой диод, в котором сила тяжести обеспечивает требуемую асимметрию процессов переноса тепла, но у него есть серьезный недостаток, асимметрия процессов переноса тепла будет только вдоль направления силы тяжести.

Основное применение тепловые диоды найдут в устройствах по отводу тепла и здесь, конечно же, желательно использовать твердотельный диод. Но процессы переноса тепла в твердых телах (кристаллах) имеют иную природу, и конвекции в твердых телах нет. Известно что, тепло переносится в твердых телах за счет колебаний атомов (ионов) и движением свободных электронов. В монокристаллах также наблюдается анизотропия физических свойств в зависимости от направления, но анизотропия свойств не является асимметрией вдоль одного направления, поэтому монокристаллы не подходят для создания теплового диода.

Первые успехи в данном направлении исследований принадлежат американским физикам [2]. О создании первого в мире твердотельного термического выпрямителя (Solid-State Thermal Rectifier), или термического диода, сообщили в журнале Science профессор Алекс Зеттл (Alex Zettl) из университета Калифорнии в Беркли (University of California, Berkeley) и его соавторы. По их теории, тепловой выпрямитель можно было бы создать следующим способом: построить одномерную проводящую систему, у которой на одном конце сосредоточено больше массы, чем на другом (рис.2). Зеттл и коллеги обратили своё внимание на нанотрубки: ведь из-за огромного соотношения между длиной и диаметром их практически можно считать одномерными объектами. Для тепловых потоков, во всяком случае. Для опыта использовались нанотрубки двух видов — из углерода и из нитрида бора, диаметром 10 и 40 нанометров. Но как создать разницу в распределении массы?

Рис.2. Упрощённая схема теплового диода. Решётку нанотрубки с одного конца закрывает конус из аморфного композита [2];

Нанотрубки покрывали неравномерным слоем специально подобранного аморфного материала ($C_9H_{16}Pt$), толщина слоя плавно уменьшалась от

одного конца трубки к другому. Данную нанотрубку закрепляли между электродами на основе кремния и платины — они служили попеременно то нагревательным элементом (на одном конце трубки), то термодатчиком (на другом). В процессе эксперимента измерялась теплопроводность системы при пропускании тепла сначала от одного конца нанотрубки к другому, а потом — в противоположном направлении. Было установлено, что при передаче тепла от конца с большей массой к более лёгкому краю этого устройства значения теплопроводности на 7% превышали теплопроводность в противоположном направлении.

Ватару Кобаяши (Wataru Kobayashi) из Университета Васеды (Waseda University) в Японии и несколько его коллег создали выпрямитель с распространением тепла в нём только в одном направлении [3]. Первоначально предполагалось, что тепловые выпрямители возможны с появлением соединений, тепловая проводимость которых изменялась бы вместе с температурой. Поэтому задача заключалась в том, чтобы найти материал с высоким значением этого параметра при низких температурах и наоборот – слабой тепловой проводимостью при высоких, а затем объединить с материалом, обладающим в точности противоположными свойствами.

Кобаяши обнаружил искомые характеристики в двух типах оксида кобальта с перовскитовой структурой (LaCoO3 и La0.7Sr0.3CoO3). Объединённые вместе, они формируют похожее на диод устройство, которое пропускает тепло только в одном направлении (рис.3). Впервые было продемонстрировано тепловое выпрямление в относительно крупном твёрдом теле.

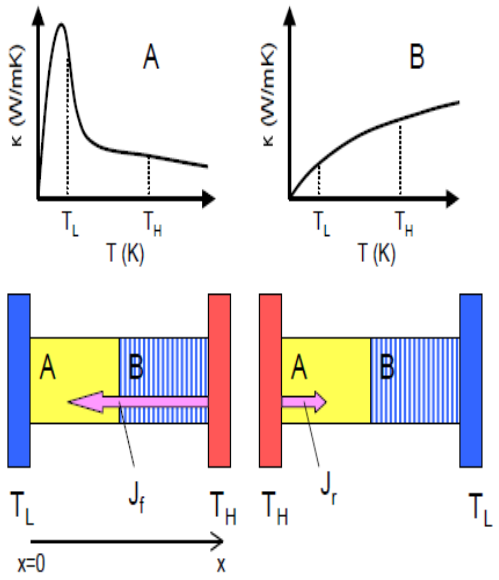


Рис.3. Схема работы теплового диода [3];

Одно из очевидных применений новой разработки заключается в борьбе с нагревом микросхем. Но Кобаяши прогнозирует также, что применяемый для контроля теплового потока выпрямитель может быть полезен для будущей реализации тепловых транзисторов, логических вентилей и памяти. Данная разработка может применяться для создания охлаждающих систем компьютерных процессоров, а также в гипотетических термокомпьютерах — вычислительных системах, где переносчиком информации будет выступать не электричество, как в обычных машинах, а тепловая энергия. Единственное, что пока мешает широкому выходу перовскитовых теплодиодов на массовый рынок — это высокая стоимость сырья, то есть перовскита. Ведь этот минерал до сих пор не получен искусственно, а в земной коре он чрезвычайно редок.

Список литературы:

1. Дан П. Д., Рэй Д. А. Тепловые трубы. М.: Энергия, 1979.
2. http://www.sciencemag.org «Solid-State Thermal Rectifier»
3. http://arxiv.org « An oxide thermal rectifier».

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ПАН ЖГУТОВ В ПЕЧИ ВУЛОН

Исаев А.С.
Научный руководитель: Сборщиков Г.С., д.т.н., профессор
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119049, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 4
E-mail: andi_llimelb@mail.ru

Первую стадию получения УВ из полиакрилонитрильных волокон (ПАН волокон) называют «окислением», исходя из того, что при проведении этой стадии происходит термообработка исходных ПАН волокон при их обдуве горячим воздухом, в процессе которой осуществляется взаимодействие полимера волокон с кислородом. Основные проблемы при этом связаны с взрывным выделением большого количества энергии, возникающим при нагреве ПАН жгута в интервале температур 200–270 °С. Это явление принято называть экзоэффектом. В результате этого происходит пережог волокна, и оно становится непригодным для дальнейшей обработки. Характер экзоэффекта при линейном возрастании температуры показан на рис. 1 [1].

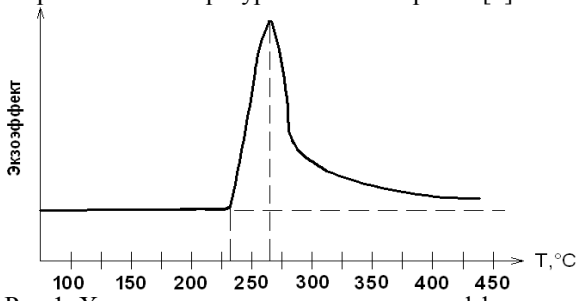


Рис.1. Характер выделения энергии экзоэффекта при линейном нарастании температуры

Экспериментально установлено, что, применяя специально подобранный режим ступенчатого нагрева воздуха, обдувающего ПАН волокно, можно подавить бурное тепловыделение.

Таким образом, возникает задача разработки оптимального режима термостабилизации ПАН волокна. Такой режим должен зависеть от параметров обрабатываемого волокна и от конструкции конкретной печи. При этом необходимо выбрать критерий оптимальности режима. В качестве такого критерия Л.И. Волкова [2] рекомендует использовать долю выделившейся теплоты в каждый момент времени относительно суммарного теплового эффекта всех преобразований:

$$Q_{\Sigma} = \sum_{1}^{N} q_i ,$$

где q_i – тепловыделение единицы массы в единицу времени в каждой из реакций, протекающих при термостабилизации (массовая плотность мощности внутреннего источника теплоты, Вт/кг); N – число реакций, протекающих в волокне.

Тепловыделение в ходе каждой реакции определяется по формуле:

$$q_i = Q_i (1 - h_i) \cdot k_i e^{-\frac{E_i}{RT_{ж}}} ,$$

где Q_i – тепловой эффект каждой реакции, Дж/кг; h_i - доля вещества, прореагировавшего в каждой реакции, дол. ед.; k_i – предэкспоненциальный множитель для каждой из реакций, c^{-1}; E_i – энергия активации для каждой из реакций, Дж/моль; $T_{ж}$ – температура в рассматриваемой точке жгута, К; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К).

Скорость расходования вещества рассчитывается по формуле:

$$-\frac{dh_i}{dt} = (1 - h_i) k_i e^{-\frac{E_i}{RT_{ж}}} ,$$

где t - время, с.

Институтом НИИГрафит разработаны основанная на принципе ступенчатого нагрева технология и печь термостабилизации ПАН жгутов в непрерывном режиме ВУЛОН, в которой предусмотрено непрерывное продвижение обрабатываемого жгута через рабочее пространство печи, состоящее из расположенных друг над другом девяти каналов прямоугольного сечения, соединенных последовательно по движению жгута. Нагрев жгутов в каждом канале производится с помощью шести пар электронагревателей и горячего воздуха, который проходит предварительный подогрев до минимально необходимой температуры перед попаданием в печь и далее нагревается электронагревателями, расположенными в каналах печи.

Целью настоящей работы являлось исследование тепловой работы печи ВУЛОН для выработки безаварийного режима нагрева волокна. Для этого была разработана математическая модель процесса.

Канал печи представляет собой параллелепипед, ширина и высота которого более чем в 10 раз меньше длины. Жгуты нагреваемого волокна движутся по оси канала и делят его на верхнюю и нижнюю части. Жгуты образуют сплошную плоскую ленту толщиной равной толщине жгута, а шириной – максимальной ширине раскладки, эффективная плотность которой определяется с учетом зазоров между жгутами. На своде и поде канала установлены электронагреватели, образующие отдельные секции. В первом приближении принимаем, что нагреватели каждой секции канала обра-

зуют сплошную плоскую поверхность. Напряжение подается на каждую секцию отдельно. Обрабатываемый жгут протягивается по каналу со скоростью от 20 до 100 м/ч. Воздух в канале движется со скоростью не более 5 м/с.

При построении математической модели приняты следующие допущения:

- не учитываются потери теплоты через боковые поверхности каналов;
- верхняя и нижняя поверхность канала считаются адиабатными;
- переносом теплоты теплопроводностью вдоль жгута можно пренебречь;
- теплофизические характеристики воздуха в канале постоянны;
- плотность жгутов остается постоянной в процессе термостабилизации.

Таким образом, решению подлежала сопряженная задача теплообмена, включающая в себя стационарную двумерную задачу теплопроводности при наличии внутренних источников теплоты в движущемся жгуте и задачу радиационно-конвективного теплообмена внутри канала.

Уравнение теплопроводности для жгута, записанное в неподвижной системе координат с учетом принятых допущений, имеет вид

$$\rho_{ж} c_{ж} u_{ж} \frac{\partial T_{ж}}{\partial x} = \lambda_{ж} \frac{\partial^2 T_{ж}}{\partial y^2} + \rho_{ж} \sum q_i ,$$

где $\rho_{ж}$ – плотность материала жгута, кг/м^3; $c_{ж}$ – удельная теплоемкость материала жгута, Дж/(кг·К); $u_{ж}$ – скорость движения жгута, м/с; $T_{ж} = T_{ж}(x, y)$ – температура жгута, К; $\lambda_{ж}$ – коэффициент теплопроводности жгута (в поперечном направлении), Вт/(м·К); x, y – соответственно, продольная и поперечная координаты, м; q_i – массовая плотность теплового эффекта i-ой реакции, Вт/кг.

Значения плотностей потоков результирующего излучения находятся из решения задачи радиационного теплообмена в системе «поверхность жгута – нагреватели – кладка печи». В рамках резольвентного зонального метода зоны на поверхности жгута рассматриваются, как зоны первого рода, зоны на поверхности кладки и замыкающие боковые поверхности – как зоны второго рода, а зоны нагревателей, в зависимости от постановки задачи и сделанных допущений, можно рассматривать либо как зоны первого рода, либо как зоны второго рода [3].

Коэффициенты конвективной теплоотдачи на поверхности жгута и нагревателей рассчитываются по критериальным формулам для движения воздуха вдоль плоской пластины:

Замыкание системы обеспечивается уравнением теплового баланса для воздуха, температурное поле которого рассматривается как одномерное и стационарное $T_{в} = T_{в}(x)$:

$$c_{в} \dot{V}_{в} \, dT_{в} = \sum \alpha_{W} (T_{W} - T_{в}) F_{W} ,$$

где $c_{в}$ – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(м^3·К); $\dot{V}_{в}$ – расход воздуха, м^3/с; $T_{в} = T_{в}(x)$ – температура воздуха, К.

На рис.2 показаны графически расчетные данные по расходованию массы реагирующих компонентов и изменению интенсивности экзоэффекта по мере продвижения жгута вдоль печи.

Рис. 2. Расчетное изменение концентрации реагента в жгутах и интенсивности экзоэффекта

Численные исследования показывают принципиальную возможность безаварийного осуществления процесса термостабилизации ПАН жгута в печи ВУЛОН при автоматическом регулировании температурного режима нагрева. При этом ведущую роль должен играть нагрев жгутов с помощью электронагревателей, так как только электронагреватели позволяют осуществлять тонкое регулирование температурного поля в любом интервале температур по всей длине каналов и поддерживать, а также многократно воспроизводить стационарный температурный режим. Роль воздуха в данном случае сводится к источнику кислорода и агенту, отбирающему от жгута избыточную теплоту. Это позволяет отказаться от необходимости подогрева воздуха, что значительно сократит энергозатраты на процесс термостабилизации жгута.

Список литературы:

1.Подкопаев С.А. Структура, свойства и технология получения углеродных волокон: сб. науч. статей. – Челябинск: Челяб. гос. ун-т, 2006. С. 95.

2.Волкова Л.И. Расчет процесса термостабилизации полимерных волокон при производстве углеродного волокна // Формаш. Новости машиностроения. – 1995. – С. 52.

3.Арутюнов В.А., Бухмиров В.В., Крупенников С.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей . – М: Металлургия, 1990. – 239 с.

ТГ/ДСК АНАЛИЗ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА $LiFe_5O_8$ ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОЙ СМЕСИ Li_2CO_3-Fe_2O_3

Казаковская О.Г., Лысенко Е.Н., Суржиков А.П.
Научный руководитель: Суржиков А.П., д.ф-м.н, зам.директора
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kog@tpu.ru

Введение

В последнее время литиевый феррит $LiFe_5O_8$ привлек значительный интерес из-за своих возможных технологических применений, например, в качестве катодного материала в перезаряжаемых литиевых батареях, вследствие его более низкой токсичности и стоимости [1], для замещения более дорогих гранатов в микроволновой технике [2], в качестве сенсорных элементов в газовых датчиках из-за высокой температурной и химической устойчивости [3].

В большинстве случаев вышеперечисленных практических применений требуется получить наноструктурированный $LiFe_5O_8$, что исключает использование традиционного высокотемпературного твердофазного синтеза, для которого характерно получение крупнодисперсных порошков. В связи с этим, многочисленные работы направлены на создание низкотемпературных методов синтеза, которым является метод механоактивации исходных реагентов, заключающийся в высокоэнергетическом помоле исходных смесей в шаровых и планетарных мельницах. В литературе имеется весьма мало информации по получению литиевого феррита механохимическим методом. В связи с этим, в данной работе были проведены исследования процесса ферритообразования $LiFe_5O_8$ из смеси механоактивированных исходных реагентов Li_2CO_3 и α-Fe_2O_3.

Методика эксперимента

В качестве исходных реагентов служили оксид железа Fe_2O_3 (марки ЧДА) и карбонат лития Li_2CO_3 (марки ХЧ). Соотношение исходных компонентов в реакционной смеси рассчитывали по уравнению:

$$Li_2CO_3 + 5Fe_2O_3 \rightarrow 2LiFe_5O_8 + CO_2\uparrow$$

Механоактивация части смеси исходных реагентов проводилась на планетарной мельнице АГО-2С [4] с использованием стальных размольных стаканов и шаров. Механическое измельчение смеси порошков проводилось в течение 60, 120 и 180 минут. Для сравнения, часть смеси механоактивации не подвергалась.

Ферритизующий обжиг реакционных смесей осуществлялся в неизотермическом режиме в процессе измерения зависимостей ТГ/ДСК в температурном диапазоне (20-900) °С. Скорость нагрева составляла 5 град/мин. В отдельных экспериментах скорость нагрева повышалась до 50 град/мин.

Термогравиметрические и калориметрические ТГ/ДСК измерения механоактивированных и немеханоактивированных реагентов осуществлялись с помощью термического анализатора STA 449C Jupiter фирмы Netzsch (Германия) с чувствительностью весов 0.1 мкг. Для контроля за магнитным состоянием образцов с внешней стороны измерительной ячейки в режиме охлаждения прикладывалось поле постоянных магнитов (Н~5 Э).

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Эффекты механоактивации оценивались путем сравнения концентрации фазы $LiFe_5O_8$, полученной в результате синтеза механоактивированных и немеханоактивированных смесей исходных реагентов при одинаковых температурах и длительностях обжига. Оценка содержания пентаферритовой фазы осуществлялась с помощью методов РФА и ТГ/ДСК. Выбор ТГ/ДСК метода связан с его эффективностью при изучении твердофазного синтеза ферритов [5,6]. Содержание фазы $LiFe_5O_8$ контролировалось по эндотермическому пику ДСК при ~755 °С, обусловленному переходом «порядок-беспорядок» (фазовый переход $\alpha \rightarrow \beta$), а так же по величине скачка в весовой зависимости термограммы при прохождении образцом температуры Кюри во внешнем магнитном поле. Эти данные сопоставлялись с результатами полнопрофильного анализа рентгеновских дифрактограмм.

Для механоактивированной в течение 180 минут смеси средний размер частиц составил 800 нм (по данным лазерного дифракционного анализатора размеров частиц SHIMADZU SALD-7101).

На рис. 1 приведены кривые ТГ/ДСК для немеханоактивированной и механоактивированной смеси исходных реагентов.

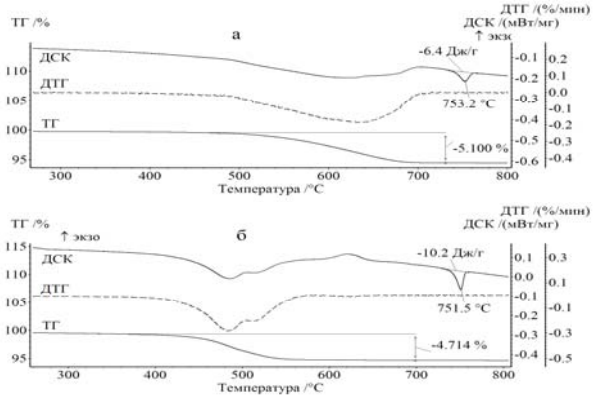


Рис.1. Кривые ТГ/ДСК для компактированных немеханоактивированных (а) и механоактивированных в течение 180 мин (б) реакционных смесей. Скорость нагрева 5 град/мин.

Независимо от способа подготовки реакционной смеси кривые ТГ обнаруживают размытый весовой спад, начинающийся с температуры ~500°С для неактивированной смеси и ~400 °С –

для активированной смеси. Этим весовым спадам соответствуют эндотермические пики на кривых ДСК, которые хорошо коррелируют с зависимостями ДТГ. Указанные весовые изменения обусловлены взаимодействием оксида железа и карбоната лития, сопровождающимся выделением углекислого газа с соответствующей потерей массы. Поскольку температура плавления карбоната лития равна 730 °С, то это взаимодействие имеет диффузионный характер. Следует отметить, что сокращение длительности диффузионного взаимодействия (за счет повышения скорости нагрева смеси) приводит к двухстадийному весовому спаду, причем вторая стадия наблюдается при температуре плавления карбоната лития.

Важным представляется различие в площади пиков ДСК при ~750 °С. Поскольку площадь этого пика определяется энергозатратами при осуществлении полиморфного перехода $\alpha \rightarrow \beta$ в пентаферритовой фазе, то наблюдаемое различие свидетельствует о значительно более высокой концентрации α-$LiFe_5O_8$, образующейся при неизотермическом обжиге механоактивированных образцов.

Если энтальпия $\alpha \rightarrow \beta$ перехода соответствует количеству упорядоченной модификации пентаферритовой фазы, то величина весовых изменений при прохождении через температуру Кюри характеризует суммарное содержание обеих модификаций пентаферрита. Эти изменения удобно характеризовать кривыми ДТГ, являющимися производными от кривых ТГ. На рис. 2 приведены зависимости ДТГ для образцов, изготовленных из неактивированных и активированных смесей.

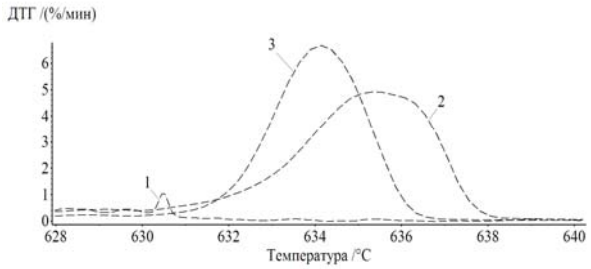


Рис. 2. Кривые ДТГ для немеханоактивированных образцов (1) и образцов механоактивированных в течении 60 мин (2) и 180 мин (3). Зависимости измерены в режиме охлаждения со скоростью 50°С.

Можно видеть, что интенсивности весовых изменений в активированных и неактивированных образцах радикально различаются. Следовательно, механоактивация смеси значительно повышает скорость образования пентаферрита лития. Из соотношения интенсивностей пиков ДТГ кратность повышения скорости ферритообразования можно оценить величинами 5 (активация 60 мин) и 7 (активация 180 мин). Эти значения превышают соотношение энтальпий $\alpha \rightarrow \beta$ переходов (рис. 1), которое составляет ~ 1.6 раз при активации 60 мин. Такое различие может быть обусловлено меньшей длительностью обжига, т.к. пики ДСК регистрируются в режиме нагрева до температуры ~ 760 °С, тогда как пики ДТГ измеряются после прогрева образцов до температуры 900 °С и обжигом при последующем охлаждении до температуры Кюри. Другой причиной может являться образование части пентаферритовой фазы в неупорядоченной β-модификации.

Выводы

В процессе механоактивации при комнатной температуре начинается образование фазы пентаферрита лития, сопровождающееся частичным улетучиванием CO_2.

В сравнении с обжигом неактивированных образцов неизотермический обжиг активированных смесей понижает температуру начала разложения карбоната лития на 100 градусов и сокращает длительность реакции его разложения.

Механическая активация смеси исходных реагентов значительно увеличивает реакционную активность твердофазной системы и делает возможным получение $LiFe_5O_8$ при более низких температурах по сравнению с традиционным термическим синтезом.

Литература:

1. Wang X., Gao l., Li L., Zheng H., Zhang Z., Yu W., Qian Y. Low temperature synthesis of metastable lithium ferrite: magnetic and electrochemical properties // Nanotechnology. – 2005. – 16. – P.2677.

2.Baba P. D., Argentina G. M., Courtney W.E.,Donne G.F., Temme D.H. Fabrication and properties of microwave lithium ferrites. // IEEE Trans. Magn. , *MAG*-8– 1972. – P.83-94.

3. Rezlescu N., Doroftei C., Rezlescu E.,Popa P.D. Lithium ferrite for gas sensing applications. // Sens. Actuators. B. – 2008. – 133. P.420-425.

4. Центробежная мельница: Патент 1584203. Рос. Федерация. № 4264434/33; Заявл. 18.06.87; Опубл. 15.11.94.

5. Berbenni V., Marini A., Matteazzi P., Ricceri R., Welham N. Solid-state formation of lithium ferrites from mechanically activated Li_2CO_3-Fe_2O_3 mixtures. // J. Eur. Ceram. Soc. – 2003. – 23. – P. 527-536.

6. Surzhikov A.P., Pritulov A.M., Lysenko E.N., Sokolovskiy A.N., Vlasov V.A., Vasendina E.A. Calorimetric investigation of radiation-thermal synthesized lithium pentaferrite //Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2010. – 101. – № 1. – P. 11-13.

СВЕРХЭЛАСТИЧНОСТЬ В ЗАКАЛЕННЫХ И СОСТАРЕННЫХ [011]-МОНОКРИСТАЛЛАХ ФЕРРОМАГНИТНОГО СПЛАВА $Co_{35}Ni_{35}Al_{30}$

Канафьева А. С.
Научные руководители: Панченко Е. Ю., к. ф.-м. н, доцент;
Чумляков Ю. И., д. ф.-м. н., профессор
Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36
E-mail: snowflake_nutik@mail.ru

На сегодняшний день важным приоритетным направлением развития технологии является исследование и разработка новых материалов и способов улучшения их конструкционных и функциональных свойств. В последнее время возрос интерес к новым ферромагнитным сплавам NiMnGa CoNiGa CoNiAl, которые испытывают термоупругие мартенситные превращения (МП) и при воздействии магнитного поля проявляют магнитный эффект памяти формы, магнитопластичность. В результате эти материалы могут быть использованы в качестве датчиков, актюаторов, генераторов [1].

Поли- и монокристаллы CoNiAl испытывают B2-$L1_0$ термоупругие МП в ферромагнитном состоянии, обладают высокой коррозионной стойкостью, высокотемпературной сверхэластичностью (СЭ) при деформации растяжением до 580 К с величиной обратимой деформации до 7 % [2,3]. Однако при высоких температурах T > 473 K B2-фаза является термически нестабильной и в результате наблюдается выделение дисперсных частиц вторичных фаз, которые оказывают значительное влияние на развитие МП. В работе [4] приведены результаты исследования микроструктуры состаренных монокристаллов CoNiAl и влияния дисперсных частиц на температуры термоупругих МП и температурный гистерезис. Показано, что на основе монокристаллов $Co_{35}Ni_{35}Al_{30}$ (ат. %) можно конструировать высокопрочные материалы за счет выделения наночастиц при старении в интервале температур 623-673 К. Старение при T > 673 K приводит к подавлению B2-$L1_0$ МП. Поэтому целью данной работы является на монокристаллах $Co_{35}Ni_{35}Al_{30}$ исследовать влияния старения в свободном состоянии при 673 К на температурный интервал СЭ, величину СЭ и устойчивость кривых СЭ к циклическим испытаниям при деформации сжатием. Монокристаллы выращивали по методу Бриджмена в атмосфере инертного газа. Образцы для испытаний сжатием имели форму параллелепипеда размером 3×3×6 мм^3. Исходные образцы отжигали в течение 8,5 часов при 1613 К и закаливали в воду. Старение проводили в свободном состоянии при 673 К, 0,5 ч.

Зависимость критических напряжений от температуры $\sigma_{0,1}(T)$ для монокристаллов $Co_{35}Ni_{35}Al_{30}$, ориентированных вдоль $[011]_{B2}$ направления, в закаленном и состаренном состояниях изучена в широком интервале температур от 190 К до 873 К (рис. 1).

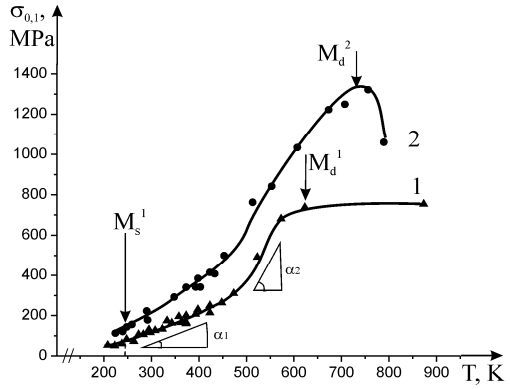


Рис. 1. Зависимость критических напряжений от температуры $\sigma_{0,1}(T)$. В закалённом состоянии (кривая 1) и состаренном при 673К, 0,5 ч без нагрузки (кривая 2).

При T > M_s (M_s - температура начала МП при охлаждении) наблюдается развитие B2→$L1_0$ МП под нагрузкой и $\sigma_{0,1}$ увеличиваются с ростом температуры до T = M_d (M_d – температура, при которой критические напряжения для образования мартенсита под нагрузкой равны пределу текучести B2-фазы) в соответствии с уравнением Клапейрона-Клаузиуса [5]:

$$d\sigma_{0,1}(T)/dT = -\Delta H/(\varepsilon_0 \cdot T_0).$$

Здесь ε_0 - деформация превращения, ΔH – изменение энтальпии при МП, T_0 - температура равновесия фаз. В температурном интервале развития МП под нагрузкой при $T_t > A_f$ в [011]-монокристаллах $Co_{35}Ni_{35}Al_{30}$ во всех структурных состояниях наблюдается СЭ – полная обратимость заданной деформации при снятии нагрузки за счет обратимых МП. Максимальная величина обратимой деформации при реализации СЭ составляет $\varepsilon_{СЭ}$=2,4(±0,3)% в закаленных кристаллах и $\varepsilon_{СЭ}$=2,1(±0,3)% после старения. Выделение частиц при старении приводит, во-первых, к более высоким критическим напряжениям для образования мартенсита под нагрузкой. Так при T=373 К критические напряжения мартенситного сдвига составляют $\sigma_{0,1}$=200(±5) МПа для закаленных кристаллов и $\sigma_{0,1}$=360(±5) МПа для состаренных кристаллов. Во-вторых, старение приводит к увеличению температурного интервала развития МП под

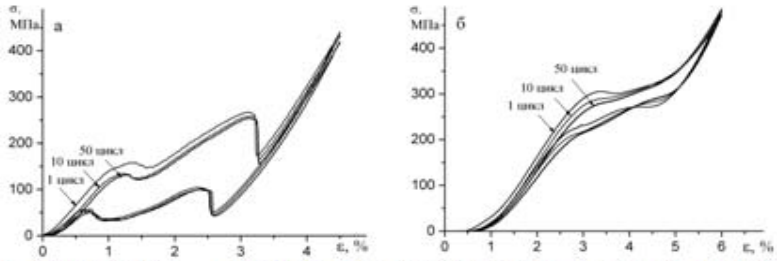


Рис. 2. Кривые «напряжение – деформация» в зависимости от числа изотермических циклов нагрузка/разгрузка при T=293 K для [011]-кристаллов $Co_{35}Ni_{35}Al_{30}$ при деформации сжатием: а – в закаленном от 1623 K состоянии, б - в состаренном без нагрузки при 673 K, 0,5 ч.

нагрузкой ($\Delta T = M_d - M_s$) и упрочнению высокотемпературной фазы: $\sigma_{0,1}(M_d)$ = 1310 МПа в состаренных кристаллах возрастают почти в 1,8 раза по сравнению с закаленным состоянием $\sigma_{0,1}(M_d)$ = 740 МПа. Значит, оптимальные условия для наблюдения высокотемпературной СЭ достигаются в состаренных монокристаллах. Экспериментально показано, что состаренные [011]-монокристаллы $Co_{35}Ni_{35}Al_{30}$ при деформации сжатием обладают совершенной высокотемпературной СЭ при температурах от 373 K до 473 K в отличие от закаленных кристаллов, в которых в этом температурном интервале СЭ сопровождается необратимой деформацией до 0,8 % за счет образования дислокаций при развитии B2-$L1_0$ мартенситных превращений под нагрузкой при $T_t > 373$ K.

На кривых $\sigma_{0,1}(T)$ (рис.1, кривая 1) для закаленных кристаллов четко различаются две стадии с разным коэффициентом $\alpha = d\sigma_{0,1}/dT$. На первой стадии критические напряжения медленно увеличиваются с ростом температуры, α_1= 1,1 МПа/К. Тогда как при $473K < T < M_d$ критические напряжения $\sigma_{0,1}$ более резко возрастает с ростом температуры и α_2 = 3,8 МПа/К за счет дислокации скольжения, которое сопровождает развитие МП под нагрузкой при $T_t > 373$ K.

Результаты циклических испытаний представлены на рисунке 2. Экспериментально установлено, что в закаленных монокристаллах на кривых $\sigma(\varepsilon)$ при T_t = 293 K наблюдается неустойчивость течения при развитии МП под нагрузкой, напряжения могут уменьшаться при увеличении степени деформации (рис. 2а). Кривая нагрузки в закаленных кристаллах имеет два характерных «зуба текучести», которые можно считать следствием «сброса напряжений». Первый «зуб текучести» возникает за счет выхода тонких прослоек мартенситной фазы на свободную поверхность образца и релаксации упругой энергии. Второй «зуб текучести» формируется за счет пересечения мартенситных вариантов. Старение приводит к измельчению кристаллов мартенсита и характерный для закаленных кристаллов «сброс напряжений» на кривых СЭ отсутствует (рис. 2б). Монокристаллы $Co_{35}Ni_{35}Al_{30}$, ориентированные вдоль [011] направления, во всех структурных состояниях при деформации сжатием демонстрируют достаточно высокую устойчивость кривых СЭ в циклах «нагрузка-разгрузка» при T_t = 293 K во всех структурных состояниях. В закаленном состоянии величина механического гистерезиса $\Delta\sigma = (138\pm3)$ МПа в 3 раза больше, чем в состаренных [011]-монокристаллах $\Delta\sigma = (47\pm 3)$МПа. Монокристаллы в закаленном состоянии с широким механическим гистерезисом $\Delta\sigma$, что характеризует высокую величину рассеяния энергии при развитии МП под нагрузкой, могут найти применение в качестве различных демпфирующих устройств, тогда как состаренные монокристаллы с малой величиной рассеяния энергией ($\Delta\sigma$) – в качестве различных датчиков и актюаторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП, госконтракты № 16.740.11.0462, 14.740.11.0258, грантом РФФИ № 10-03-00154.

Список литературы:

1. Васильев А.Н. Бучельников В.Д., Такаги Т., Ховайло В.В., Эстрин Э.И. Ферромагнетики с памятью формы // Успехи физических наук. 2003. Т.173. №6. С. 577 – 608.
2. Чумляков Ю.И., Панченко Е.Ю., Овсянников А.В. и др. Высокотемпературная сверхэластичность и эффект памяти формы в [001] монокристаллах Co-Ni-Al// ФММ. – 2009. – Т. 107. – №2. – Р. 207-218
3. Dadda, J., Maier, H. J., Karaman, I., Chumlyakov, Y. I. Cyclic deformation and austenite stabilization in $Co_{35}N_{i35}A_{l30}$ single crystalline high-temperature shape memory alloys // Acta Materialia. – 2009 – V. 57. – P. 6123-6134.
4. Панченко Е.Ю., Чумляков Ю.И., Maier H., Кириллов В А., Канафьева А.С. Особенности развития термоупругих мартенситных превращений в состаренных монокристаллах ферромагнитного сплава CoNiAl // Известие вузов. Физика. – 2011. – №6. С.96-102.
5. Ооцука К. Сплавы с эффектом памяти формы. М: Металлургия, 1990. – с.222.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: УГЛЕРОДНОЕ И БАЗАЛЬТОВОЕ ВОЛОКНО

Кобзев К.О., Баранникова О.О.
Научный руководитель: Баранникова О.О., ст. преподаватель
Донской Государственный Технический Университет,
344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
E-mail: kobzevkirill1990@mail.ru

В настоящее время атомная промышленность является одной из самых развивающихся отраслей. Атомная энергетика способствует уменьшение и замещению ГЭС, ТЭС и традиционного вида, как ветреная энергетика. Но есть большая проблема - высокая степень опасности аварии и утечки радиации. Долгое время в производстве оборудования для станции и строительстве сооружений для них применялись такие материалы, как легированные стали, обычные стали(высокоуглеродистые и низкоуглеродистые), а также композиции на их основе. Сейчас широкое применение нашли композиционные и полимерные материалы. В частности для производства ответственного оборудования на АЭС используется углеродное волокно, а при защите от радиационной опасности для окружающей среды при строительстве сооружений и зданий применяют – базальтовое волокно. Базальтопластики и базальтовое волокно близки к стеклопластикам. Различие их от стеклопластиков связано с тем, что у базальтовых пластиков высокая стойкость к щелочам и кислотам, хорошая теплоизоляционность и антирадиационная защита. Они являются высококачественными конструкционными материалами с высокими механическими свойствами, термо- и огнестойкостью, химической стойкостью. Базальтовые волокна более стойки к действию влаги и не изменяют свои диэлектрические характеристики при увлажнении, они используются также как высокотемпературные конструкционные диэлектрики. Углепластики и углеродное волокно - это композиционные материалы на основе волокон и полимерных связующих, где для армирования используются различные виды углеродных волокон и волокнистых материалов. Углеродным волокнам присуща высокая хрупкость, что требует осторожности при их переработке в углепластики: необходимо проводить прессование при высоких давлениях, а также избегать резких перегибов армирующих наполнителей. Углепластики на основе фенольных и полиимидных связующих, а также углеволокно используются в качестве высокотермостойких конструкционных изделий и покрытий. Углеродные материалы могут эксплуатироваться при высоких температурах, а в инертной среде - до 2500°С [1].

Наиболее крупным мировым потребителем угле- и базальтовых волокон является США – 44%, далее следует Европа – 26%, Азия -24%, прочие страны Американского континента – 3,4%, Россия – 1,4%, прочие страны СНГ - 1,2%. В Европе основным потребителями являются Германия – 39%, Италия – 28%, Франция – около 26% (данные 2010 год). Распределение по использованию волокон распределяется следующим образом: армирование конструкций – 35%, транспортные системы, автомашины, промышленные агрегаты – 20%, строительство – 17%, электроника и электротехника – 15%, прочее – 13%. Область применнеия данных материалов в атомной промышленности – производство газовых центрифуг и решение вопроса обеспечения безопасности. Эти материалы отвечают высоким требования прочности и легкости.

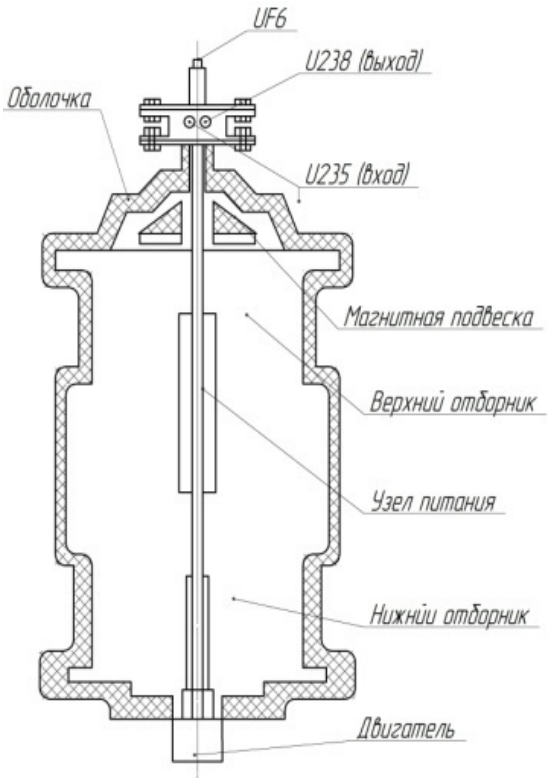


Рис.1. Схема профиля центрифуги

На рисунке 1 представлен профиль центрифуги, оболочка которой изготовлена из углеволокна с добавлением стеклопорошка и 5 % дисульфида молибдена, что способствует повышению химической и радиационной стойкости и вызывает повышение предела износостойкости [2].

При строительстве атомных станций большое внимание уделяется защитной оболочке, которая должна препятствовать выходу радиоактивных веществ за пределы станции и сопротивляться возможным экстремальным катаклизмам окружающей среды. Ведущая компания в области моделирования композиционных материалов - ESI Group. Компания моделирует различные варианты

конструкций из полимерных и композиционных волокон. На уровне микромеханики выбирает тип, параметры и размеры волокон, свойства связующего, тип плетения и свойства добавок, которые будут входить в монослой. Из монослоев складывается композиция, в которой можно контролировать, как число слоев, так и материал из которого эти слои состоят. В последствии чего, производится расчет полученной конструкции на прочность и износостойкость к внешним воздействиям. Таким образом, после подбора нескольких вариантов моделирования конструкции обеспечивается соответствие всем параметрам эксплуатации.

Базальтовые породы, из которых изготавливают базальтовое волокно для изготовления оболочки атомных станции, относятся к породам магматического происхождения, имеют высокую природную химическую и термическую стойкость. Применение базальтовых волокон осложнялось новизной промышленных технологий их производства. Технологии производства базальтовых волокон отличаются от производства стеклянных и углеродных волокон, что связано с рядом факторов: 1) различный химический состав; 2) содержат большое количество оксидов железа FeO, Fe_2O_3 и не прозрачны для теплового излучения; 3) природные расплавы, гомогенизированные по химическому составу; 4) в процессе плавления нет операций присущих при варке стекла, осветления и остужения и др. Эти особенности определяют специфику технологии производства и соответственно оборудования для производства базальтовых волокон [3].

Экономический анализ показывает, что базальтовые волокна и материалы на их основе, имеют наиболее улучшенный показатель соотношения цены и качества по сравнению со стеклянными и углеродными волокнами. В атомной промышленности – это прежде всего новейший материал, который обладает высоким комплексом теплоизоляционных свойств при строительстве конструкции, но также, он является хорошей антирадиационной защитой, используясь в защитных оболочках атомных станциях и реакторах, которые состоят на 72% и 34% соответственно из данного волокна .

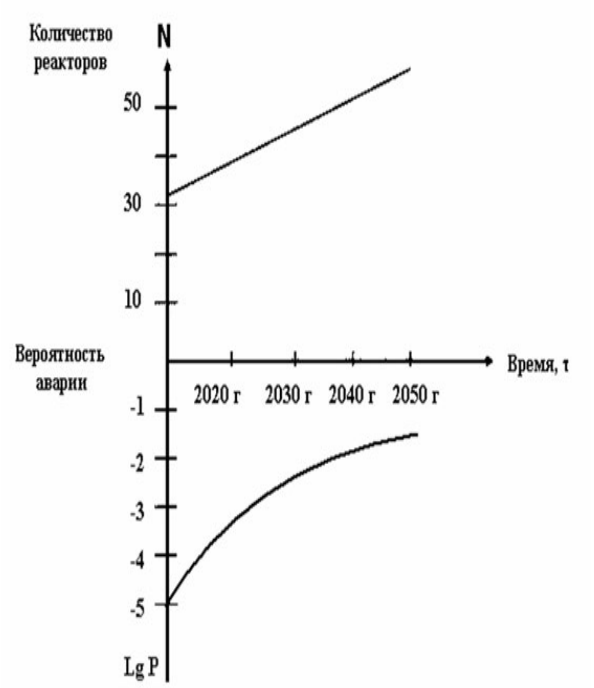


Рис.2. Зависимость роста числа строительства реакторов от аварии на них

В 2011 году после аварии в Японии на станции Фукусима-1, атомная энергетика получила новой толчок для создания и применения новых материалов, как в строительстве станции, так и в изготовлении оборудования для реакторов и систем защиты от внешних воздействий, так как показано на рисунке 2, при увеличении строительства ядерных реакторов прямопропорционально растет и зависимость вероятности аварии на станциях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михайлин Ю.А. Специальные полимерные композиционные материалы. — СПб.: Научные основы и технологии, 2009. — 660 с.;
2. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов — СПб.: Научные основы и технологии, 2011. — 416 с.;
3. Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. — СПб.: Научные основы и технологии, 2009. — 380 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ПЕНОСТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС

Кузнецова Н. А.
Научный руководитель: Казьмина О. В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kna007@sibmail.com

Пористые неорганические материалы типа пеностекла, керамзита, вспученного перлита или вермикулита широко используются в различных строительных конструкциях, в качестве теплоизоляционных блоков, засыпки, добавок и наполнителей в композиционных материалах. Одним из важных эксплуатационных свойств пористого материала, определяющим основную область его применения, является механическая прочность. Данный показатель связан со структурой материала, включая размер пор и межпоровой перегородки, плотностью и определяется составом исходной шихты и температурным режимом обработки [1].

Цель работы – сравнительный анализ механических свойств пеностекольных материалов двух типов: пеностеклокристаллических материалов, полученных на основе золошлаковых отходов ГРЭС г. Томска, а также образцов пеностекла на основе стеклобоя, полученных в промышленных и лабораторных условиях. Для анализа механических свойств и определения временного сопротивления пеноматериалов испытания проводились на универсальной испытательной машине типа «Инстрон 1185». Образцы в виде кубиков испытывали на сжатие до полного разрушения с записью диаграммы деформации (рис. 1).

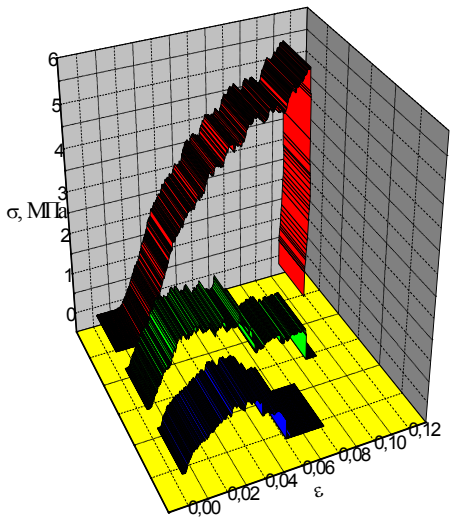


Рис. 1. Кривые испытания на сжатие пеностекольных материалов

Установлено, что деформационная кривая σ (ε) обладает не одним, а двумя участками. Первый участок – упругий, гуковский имеет больший угол наклона, а второй – более пологий отвечает за процессы пластической деформации.

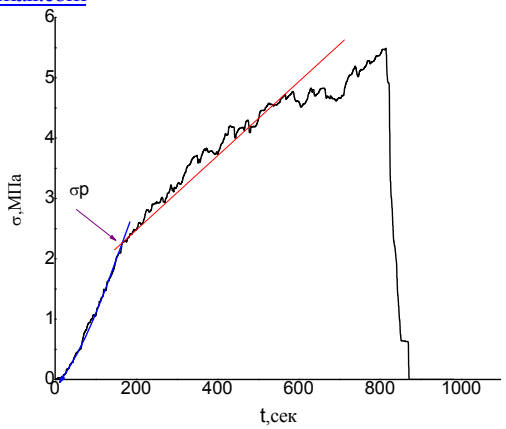


Рис.2. Деформационная кривая (по времени) пеностекольного материала

Установлено, что предел прочности при сжатии образцов пеностеклокристаллического материала значительно выше (в 2 – 3 раза) по сравнению с пеностеклом. Такое значительное различие можно объяснить структурой и составом материала, включая размер пор и межпоровой перегородки. Для исследованных образцов установлена зависимость напряжения разрушения от среднего размера пор и толщины межпоровой перегородки, являющаяся линейной. При нагрузке ячеистых изделий давление передается по стенкам пор, образующих своды. Поэтому в структуре линейно нагруженного материала всегда имеется объемное напряженное состояние. Известно, что при больших размерах свода возникают большие напряжения. Размеры же сводов в структуре ячеистых материалов находятся в прямой зависимоти с величиной пор. Отсюда вытекает вывод, что большей прочностью при равных условиях обладают ячеистые изделия с порами меньших размеров.

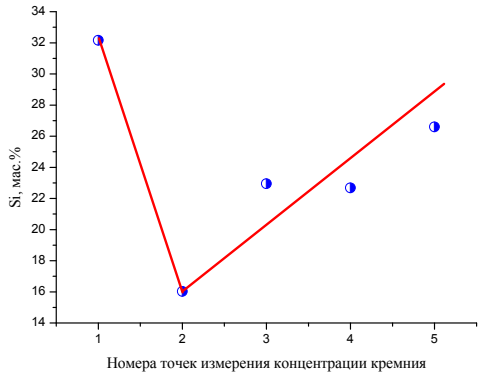
Между относительной плотностью изделия ячеистой структуры, формой пор и толщиной перегородки существует общая зависимость, согласно которой коэффициент структуры поры определяется по формуле [2]:

$$K = (1 - \frac{\rho}{\rho_o}) \cdot (1 + \frac{b}{d})^3 \cdot$$

При получении материала с наименьшей плотностью необходимо стремиться к структуре, состоящей из ячеек в форме многогранников, что соответствует коэффициенту структуры равному 1. Установлено, что поры образцов пеностеклокристаллических материалов имеют структуру близкую к гексагональной, со средним размером ячейки менее 1,5 мм и размером перегородки около 50 мкм.

С целью сравнительного анализа структуры перегородки пеностекла и образцов пеностеклокристаллического материала, полученного из стеклокристаллического материала с содержанием остаточной кристаллической фазы в пределах 19 – 22 масс. %, проведены рентгенофазовые и оптические исследования. На электронно-микроскопических снимках межпоровой перегородки пеностеклокристаллического материала установлено присутствие сферических элементов размерами от 60 до 160 нм. Такие структурные элементы не обнаруживаются в межпоровых перегородках пеностекла. Образование сфероидов можно объяснить растворением кварца в стекловидной матрице в процессе вспенивания пенообразующей шихты на основе стеклогранулята, содержащего кристаллический кварц, что подтверждается рентгеновским анализом. Регистрация дифракционных спектров α-кварца (d = 0,334 нм), которая велась в ходе нагрева образца стеклогранулята с использованием высокотемпературной камеры в области от 500 до 1000 ^{0}C, показала, что интенсивность дифракционных максимумов изменяется нелинейно и проходя через максимум при 630 ^{0}C плавно уменьшается, что свидетельствует об уменьшении доли кристаллической фазы.

Проведенный анализ содержания кремния в межпоровой перегородке с помощью энергодисперсионного микроанализатора (рис. 2) показал, что вблизи стенок межпоровой перегородки концентрация кремния наибольшая, а в центре минимальная. Такая большая концентрация кремния должна приводить к образованию кристаллических включений в пограничном слое межпоровой перегородки. Наличие кристаллической фазы способствует упрочнению межпоровых стенок, а в центре – уменьшению.



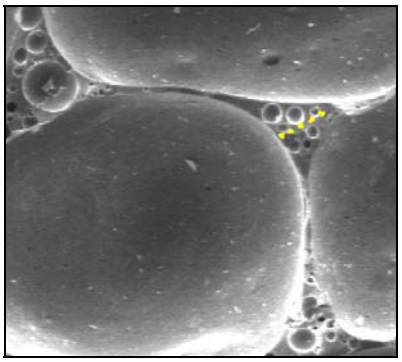


Рис. 3. Распределение содержания кремния в межпоровой перегородке пеностекольного материала

Получение пеностекольных материалов является весьма сложным процессом, протекание которого связано с многими технологическими параметрами, а так же с фазовым составом. Влияние на физико–механические характеристики пеностекольных материалов оказывают очень многие факторы: химический состав исходных шихт, фазовый состав пенообразующих шихт, вводимый газообразователь, температурно – временной режим и т.д. Для получения пеностекольных материалов небольшой плотности и достаточной прочности необходимо учитывать опытным путём и подбирать все эти факторы.

По результатам изучения процесса разрушения образцов пеностекольных материалов на основе золошлаковых отходов, установлено, что механизм разрушения пеностекольных образцов описывается моделями деформации квазивязкого (аморфного) тела. Значение прочности пеностеклокристаллического материала на основе золошлаковых отходов составило 4.3 – 4.5 МПа. Повышенные прочностные показатели позволяют расширить область применения данных материалов.

Список литературы:

1. Демидович Д.К. Производство и применение пеностекла. – М: Промстройиздат, 1953. – 80 с.
2. Казьмина О.В. Влияние компонентного состава и окислительно-восстановительных характеристик шихт на процессы вспенивания пиропластичных силикатных масс / О.В. Казьмина // Стекло и керамика. – 2010. – № 4. – С. 13 – 17.

ГИБРИДНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО УДАРА ПО ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА С УЧЕТОМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Куприянов С.Н., Моисеенко Д.Д., Панин В.Е.
Научный руководитель: Панин С.В.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
E-mail: kupr14@rambler.ru
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический 2/4

Введение

Твердое тело как многоуровневая иерархически организованная система в процессе экстремальных внешних воздействий (механических, тепловых, радиационных, и пр.) на каждом масштабном уровне претерпевает структурно-фазовые превращения, происходящие в результате действия потоков различной природы. Так, в работе [1] показано, что ранее теоретически предсказанные [2-3] и экспериментально обнаруженные [4-5] нелинейные волны локализованной пластической деформации являются не чем иным, как результатом сложной самоорганизации потоков энергии термодинамической природы в иерархии структурно-масштабных уровней.

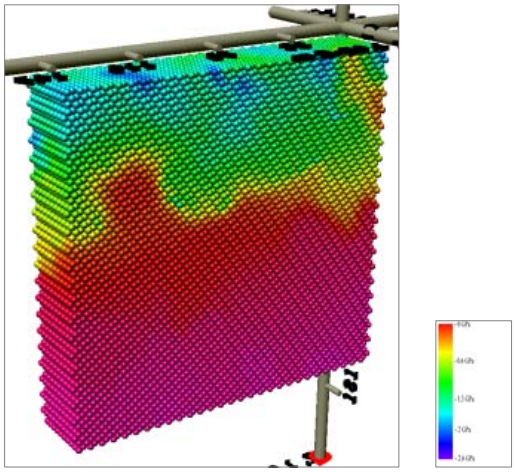
Проблема построения адекватной математической модели процесса переноса, которая учитывает иерархию масштабных уровней в структурно-фазовых превращениях — наиболее важная и актуальная задача теории твердого тела. Более двадцати лет назад зародилось новое научное направление – физическая мезомеханика деформируемого твердого тела, основанная на концепции структурных уровней деформации твердых тел и позволяющая связать между собой микро- и макромасштабный подходы [2]. В рамках данного направления любая деформация нагруженного твердого тела рассматривается как многоуровневый процесс, связанный с потерей сдвиговой устойчивости на разных масштабных уровнях. При решении задач физической мезомеханики требуется не только явно учитывать внутреннюю структуру материала путем задания различных свойств у отдельных элементов (как это традиционно делается в численных методах механики сплошных сред), но и учитывать иерархический характер взаимодействия между различными структурными элементами. Поскольку классическая механика сплошных сред не рассматривает внутреннюю структуру среды по определению, для имитации наличия структуры используются порой искусственные и зачастую крайне сложные математические приемы. Следовательно, для моделирования поведения материалов со сложной структурой, имеющей тенденцию к перестроению, наряду с классическими методами сплошных сред необходимо привлекать класс методов, позволяющих в явном виде задавать как структуру моделируемой среды, так и законы взаимодействия между структурными элементами. Это — дискретные подходы. Дискретным методом является метод клеточных автоматов.

Клеточными автоматами называются сети из элементов, меняющих свое состояние в дискретные моменты времени по определенному набору правил в зависимости от того, какими были состояния самого элемента и его ближайших соседей по сети в предыдущий дискретный момент времени. В связи с этим, крайне важным является создание гибридных многоуровневых подходов к моделированию процессов деформации и разрушения, связанных со структурными перестройками на разных масштабных уровнях.

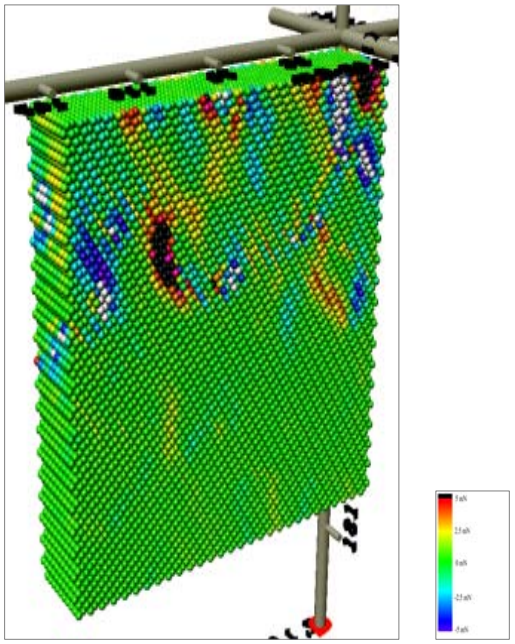
В настоящей работе предлагается гибридный метод возбудимых клеточных автоматов (SECA – Stochastic Excitable Cellular Automata) для моделирования поведения образца, подвергающегося внешнему термическому воздействию. В рамках предлагаемого гибридного подхода каждый макроскопический объем материала разбивается на сеть клеточных автоматов микромасштабного уровня, где учитываются локальные структурные или структурно-фазовые превращения. Этот подход позволяет моделировать трансформацию структуры на микро- и мезоуровнях: возникновение очагов неупругой деформации, перемещение межзеренных границ в процессе рекристаллизации, формирование зародышей пор, трещин и т.д. [6]. В данной работе SECA метод был дополнен алгоритмом построения трехмерной зеренной структуры поликристаллических материалов путем разбиения единой сети клеточных автоматов на отдельные конгломераты, характеризующиеся набором эйлеровых углов, определяющих ориентацию кристаллической решетки внутри каждого зерна. В предлагаемом подходе есть возможность создания «триплексных» и «дуплексных» структур, зерна которых состоят из различных фаз.

В данной работе была решена задача о влиянии интенсивной термической нагрузке в процессе сварочного цикла на распределение температур и механических характеристик в поликристаллическом материале. Моделируемые образцы представляли собой трехмерные поликристаллические структуры размерами 150X150X10 мкм. Тепловая нагрузка задавалась посредством придания постоянных температур (1350K) автоматам на одной из граней образца. Результаты численного эксперимента показывают, что наличие зеренной структуры материала приводит к ярко выраженным неод-

нородностям в распределении растягивающих и сжимающих напряжений (рисунок 1, а). Вдоль границ зерен формируются сильные градиенты напряжений, которые ввиду трехмерности интерфейса порождают области смены знака моментных напряжений (отличных от нуля вблизи границ раздела). Эти моментные напряжения приводят к раскрытию трещины (рисунок 1, б).



а)



б)

Рисунок 1. «Гидростатические» напряжения (а) и распределение моментов сил (б) в образце с зеренной структурой при интенсивном тепловом воздействии.

Результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ «10-01-90403-Укр_а».

Список литературы

1. Панин В. Е., Егорушкин В.Е., Панин А. В. Эффект каналирования пластических сдвигов и нелинейные волны локализованной пластической деформации и разрушения // Физическая мезомеханика. – 2010. – Т.13. – №5. – С. 7–26.

2. Panin V.E., Egorushkin V.E. and Panin A.V. Physical mesomechanics of a deformed solid as a multilevel system. I. Physical fundamentals of the multilevel approach // Physical mesomechanics, 9, No. 3–4 (2006) 9.

3. Physical mesomechanics of Heterogeneous Media and Computer-aided Design of Materials / Ed. by V.E. Panin. – Cambridge: Cambridge Interscience Publishing, 1998.

4. Панин А.В. Нелинейные волны локализованного пластического течения в наноструктурных поверхностных слоях твёрдых тел и тонких плёнках // Физ. мезомех. – 2005. – Т. 8. – № 3. – С. 5–17.

5. Зуев Л. Б. Энтропия волн локализованной пластической деформации // Письма в ЖТФ. – 2005. – Т. 31. – вып. 3. – С. 1-4.

6. Панин В. Е., Моисеенко Д. Д., Максимов П. В., Панин А. В. Физическая мезомеханика деформируемого твёрдого тела как многоуровневой системы. III. Неупругий предвестник зарождения пластического сдвига // Физическая мезомеханика. – 2006. – Т.9. – №5. – С. 5–15.

СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ПОЛИИЗОПРЕНА И ГАЛОГЕНИРОВАННОГО БУТИЛКАУЧУКА

Курбатова Ю.В., Цатова И. Н., Люсова Л.Р.
Научный руководитель: Люсова Л. Р., д.т.н., профессор
Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова
119571 Москва, проспект Вернадского, 86
E-mail: kurbatova@niiemi.com

Для изготовления ответственных изделий в нашей стране традиционно использовали натуральный каучук. Высокая эластичность, морозостойкость, прочностные свойства и хорошо известная технология переработки резиновых смесей на его основе позволила использовать натуральный каучук во многих изделиях [1]. Впоследствии с переходом производства на использование отечественного сырья он был заменен на синтетический полиизопреновый каучук (СКИ). Так же для ряда изделий на их основе предъявляются особые требования по гигиеничности – возможность применения эластомерных материалов в контакте с пищей, лекарствами, кожей человека и т.д. С развитием науки, техники и новых технологий синтеза специальных каучуков появилась возможность целенаправленного выбора полимерной основы. Для получения эластомерных материалов обладающих повышенной стойкостью, агрессивным средам газонепроницаемостью целесообразно применять бутилкаучук (БК). Однако у него есть ряд недостатков – низкая эластичность, вулканизация только ускорителями высокой активности, плохие технологические свойства. Бутилкаучук несовулканизуется с высоконепредельными каучуками. Для увеличения скорости вулканизации и улучшения совместимости с другими каучуками БК подвергают галогенированию [2]. В нашей стране ООО «Нижнекамскнефтехим» выпускается хлорированный бутилкаучук.

Целью данной работы было оценить технологические, физико-механические и санитрано-химические свойства резиновых смесей и резин на основе СКИ, ХБК и их смеси в разном соотношении.

В состав резиновых смесей входили технический углерод, активаторы вулканизации, ускорители, сера. Резиновые смеси изготавливались в лабораторном резиносмесителе. Скорость вращения роторов 50 об/мин. Время смешения 15-17 минут. Температура смешения составляла (60 - 70)°С. Сера вводилась на лабораторных вальцах на второй стадии смешения.

Вулканизационные характеристики согласно ГОСТ 12535-84 [3] определяли на безроторном реометре.

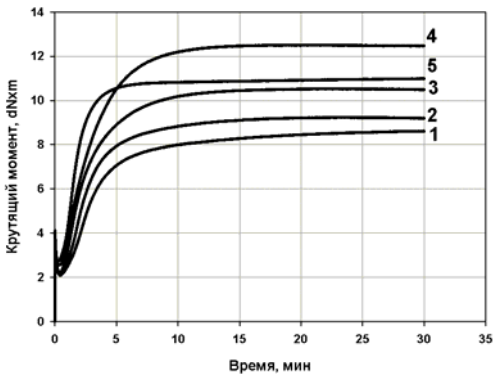


Рис.1 Реометрические кривые соотношение СКИ/ХБК: 1 – 100/0, 2 – 70/30, 3 - (50/50), 4 -30/70, 5 – 0/100.

Из полученных данных (рисунок 1) видно, что с увеличением содержания ХБК уменьшается оптимальное время от 9 до 4 минут и время подвулканизации резиновых смесей от 2 до 1 минуты. Максимальный крутящий момент так же увеличивается с увеличением содержания в полимерной матрице хлорбутилкаучука. Исключение составляет смесь с содержанием 100 масс. ч. ХБК, в которой максимальный крутящий момент ниже, чем у бинарной смеси СКИ/ХБК (30/70).

Из исследуемых резиновых смесей при оптимальном времени вулканизации были получены пластины толщиной 1 мм и определены основные физико-механические свойства согласно ГОСТ 270-75[4], твердость по ГОСТ 263-75[5] и эластичность по отскоку ГОСТ 27110-86[6] (таблица 1).

Таблица 1. Физико-механические свойства вулканизатов

Показатель	Соотношение СКИ/ХБК в резиновой смеси				
	100/0	70/30	50/50	30/70	0/100
Условное напряжение при удлинении 300%, МПа	3,6	3,7	4,7	5,7	5,1
Условная прочность при растяжении, МПа	16,9	17,2	18,8	18,3	18,7
Относительное удлинение, %	820	840	830	730	810
Твердость, по Шору А	51	57	58	63	65
Эластичность, %	37	21	15	12	8

Условное напряжение при удлинении 300 % увеличивается с увеличением содержания хлорбутилкаучука, причем наибольшее значение показали вулканизаты с содержанием СКИ/ХБК 30/70, что согласуется с данными по максимальному крутящему моменту, полученному для резиновых смесей. Незначительно увеличивается прочность вулканизатов с 17 МПа до 19 МПа при этом относительное удлинение практически не изменяется.

Наиболее чувствительными характеристиками свойств вулканизатов по отношению к составу полимерной основы оказались твердость и эластичность. При переходе от полиизопренового каучука к хлорбутилкаучуку значительно увеличивается твердость и резко снижается эластичность. Главным образом такие изменения связаны с плотной упаковкой макромолекул хлорбутилкаучука и их малой подвижностью, а также ограниченным вращением метильных групп вокруг основой цепи [7].

Санитарно-химические свойства резин по ГОСТ 52770-2007 [8] включают определение. максимальное оптической плотности (ед. О.П.) водных вытяжек из вулканизатов в УФ-диапазоне в интервале длин волн 220-360 нм. Данный показатель относится к группе интегральных показателей и указывает на общее количество низкомолекулярных веществ, мигрировавших из резины. Для получения водных вытяжек образцы помещались в дистиллированную воду, при этом площадь поверхности вулканизатов к объему дистиллированной воды составляла 1:2, и выдерживались при температуре 50 °С в течении 24 часов. Полученные спектры представлены на рисунке 2.

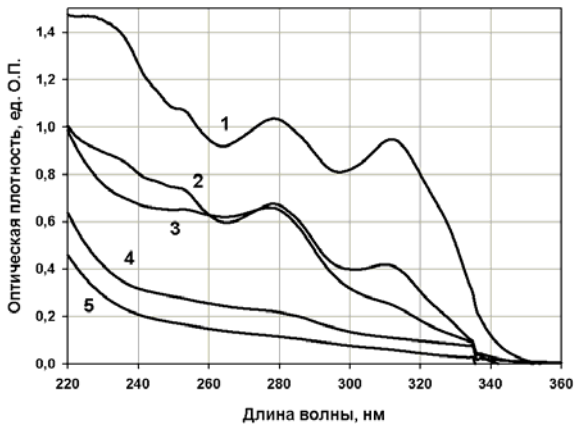


Рис.2. УФ-спектры поглощения водных вытяжек из вулканизатов с соотношением каучуков СКИ/ХБК

1 – 100/0, 2 – 70/30, 3 - 50/50, 4 -30/70, 5 – 0/100

Данный показатель не должен превышать 0,300 ед.О.П. для изделий, контактирующих с кожей. Как видно из рисунка только вулканизаты с содержанием хлорубутилкаучука более 70 масс.ч. не превышают заявленных требований. Главным образом это связано с тем, что из-за плотной упаковки макромолекул хлорбутилкаучука миграция низкомолекулярных веществ затруднена

Выводы. Резиновые смеси на основе комбинации каучуков СКИ и ХБК вулканизуются с высокой скоростью и дают высокие физико-механические свойства. Хорошие санитарно-химические свойства дают вулканизаты на основе хлорбутилкаучука и его смеси с синтетическим полиизопреновым каучуком в соотношении 70/30. Однако у этих вулканизатов низкая эластичность и высокая твердость

Список литературы

1. Корнев А. Е., Буканов А. М., Шевердяев О. Н. Технология эластомерных материалов : Учебник для вузов. - М.: НППА Истек, 2009. - 502 с.
2. Дик Дж. С. Технология резины: Рецептуростроение и испытания. - СПб: Научные основы и технологии 2010. - 620с.
3. ГОСТ 12535-84 Смеси резиновые. Метод определения вулканизационных характеристик на вулкаметре - 1984. - 16с.
4. ГОСТ 270-75 Метод определния упругопрочностных свойств при растяжении - 2003. - 21.
5. ГОСТ 263-75. Резина. Метиод определения твердости по Шору А - 1975. - 7с.
6. ГОСТ 27110-86. Резина. Метод определения эластичности по отскоку на приборе типа Шоба - 1986. - 8с.
7. Шмарлин В. С. Синтез, свойства и прменение модифицированного бутилкаучука. - М: ЦНИИТЭнефтехим, 1973. - 81.
8. ГОСТ Р 52770-2007 Изделия медицинские. Требования безопасности. Методы санитарно-химических и токсикологических испытаний, 2007. - 24с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Засухин Д. И., Кутков И. В.
Научный руководитель: Троян П.Е., д.т.н., профессор каф. ФЭ
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: fatilwut@mail.ru

Свойства тонких пленок в значительной степени определяются способом их получения, а также материалом и качеством поверхности подложки, составом распыляемой мишени, составом рабочих газов и применяемых химических реактивов.

В результате добавления углерода в состав тонких пленок SiO_2, осуществляемой путем распыления графитовых дисков в составе кремниевой мишени, в них происходят необратимые изменения структуры, приводящие к образованию пор. Наличие пор делает созданную систему принципиально новым объектом по сравнению с исходной структурой, у которой появляются такие свойства, как эффекты переключения и памяти, высокая чувствительность к различным газам [2].

На их основе можно создать новые энергонезависимые элементы памяти для запоминающих устройств ЭВМ, эффективные не накаливаемые эмиттеры электронов для вакуумных интегральных схем и других электровакуумных приборов, светоизлучающие элементы для индикаторных устройств, датчики давления, сенсоры, газоанализаторы и т.д.

В данной работе представлены результаты исследования газочувствительных свойств элементов на основе диоксида кремния, модифицированного углеродом (SiO_2+C).

Принцип действия газочувствительного элемента (ГЧЭ) основан на том, что в результате физической адсорбции молекул газа на поверхности диэлектрика, его поверхностное сопротивление изменяется пропорционально числу адсорбированных молекул (или концентрации газа в воздухе).

К основным требованиям, предъявляемым к ГЧЭ, относятся высокая чувствительность и селективность по отношению к детектируемым газам, а также стабильность параметров в процессе хранения и эксплуатации в условиях изменяющихся температуры и влажности окружающей среды. Достаточно важными являются требования низкой инерционности сигнала и по возможности малой величины потребляемой мощности [3].

По сравнению с пленками SiO_2, которые имеют гладкую поверхность, пленки SiO_2+C имеет очень развитую поверхность. Причем степень пористости и рельеф поверхности зависит от количества графита в составе мишени Si-C. Трехмерные изображения, полученные с помощью атомно-силового микроскопа, так же показали наличие достаточно крупных образований в пленке, в виде “бублика” (рис. 1).

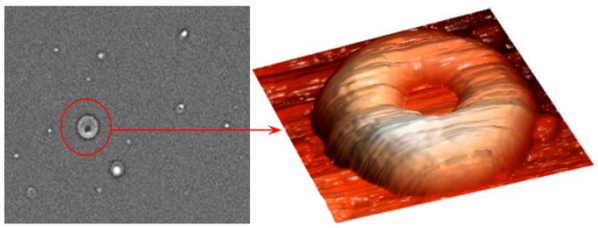


Рис.1. Крупные поры в виде «бублика»

Наличие развитой поверхности за счет пор в пористом диоксиде кремния модифицированном углеродом делают его перспективным материалом для чувствительного элемента сенсоров.

Для исследования были изготовлены образцы ГЧЭ с различными характеристиками, структура которых представлена на рисунке 2.

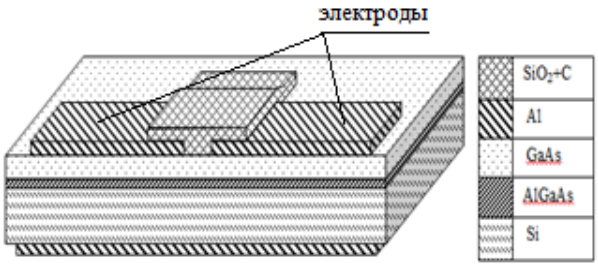


Рис.2. Структура ГЧЭ

Образцы ГЧЭ исследовались по следующим характеристикам:

1. Чувствительность ГЧЭ к парам воды и спирта

Эксперименты показали: проводимость при напуске различных газов меняется, это можно наглядно увидеть на вольт-амперных характеристиках, каждому веществу соответствует определенная кривая (рис.3).

2. Зависимость чувствительности ГЧЭ от ширины зазора между электродами и от толщины слоя диэлектрика.

Исследовались структуры с различной шириной зазора и толщиной слоя диэлектрика. Проанализировав полученные результаты, замечено, что токи, протекающие через зазор 200 мкм, больше, чем через зазор 325 мкм. Это вполне объясняется тем, что ток протекает по полупроводнику под диэлектриком в зазоре и, соответственно, чем больше зазор, тем больше сопротивление.

Также видно, что токи, протекающие через структуру тем больше, чем больше толщина диэлектрика. Опираясь на свойства SiO_2+C, который обладает пористой структурой [1], что объясняет полученные данные, так как большее число молекул газа осаждается на поверхности и в порах (объеме). Также было замечено, что чем больше

толщина диэлектрика, тем стабильнее работает датчик.

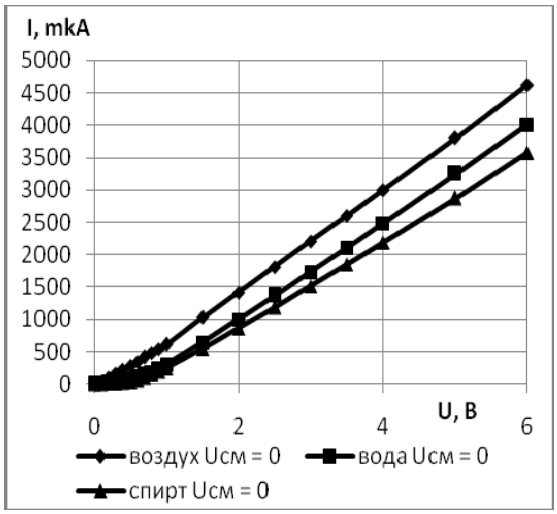


Рис.3. ВАХ ГЧЭ

3. Время адсорбционного отклика

Важным параметром является то, как ведет себя ГЧЭ с момента напуска газа. Временная диаграмма процесса адсорбции представлена на рисунке 4. Для этого при напряжении 6 В, подаваемого на структуру, снимались значения тока через каждые 20 секунд, при этом первые 300 секунд – процесс напуска газа в рабочую камеру (отчет начинался в момент начала кипения жидкости – источника паров).

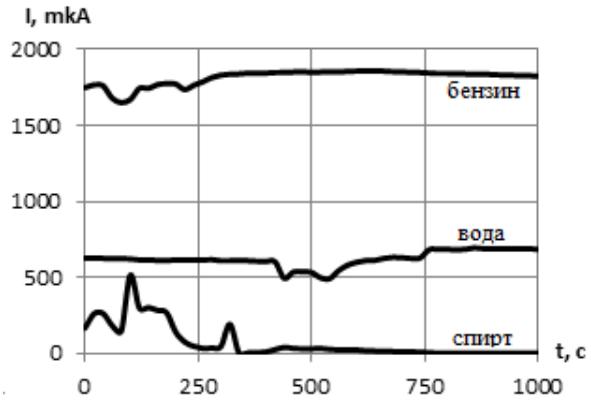
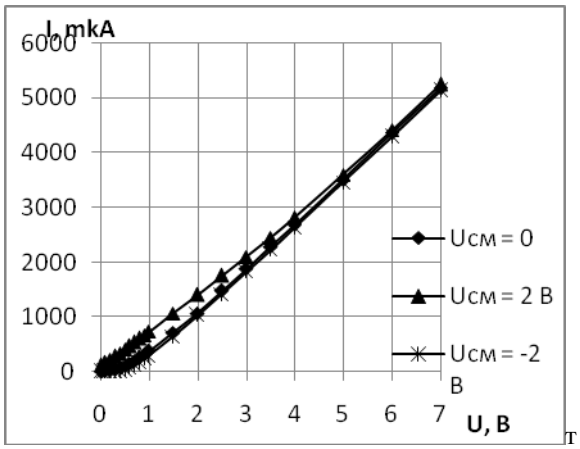


Рис.4. Временная характеристика ГЧЭ

Как видно, быстрее всех равновесие установилось с парами бензина, затем идет спирт и дольше всех вода, что, скорее всего, связано с активностью молекул вещества.

4. Влияние на чувствительность напряжения, подаваемого на подложку

При подаче положительного Uсм = 2 В относительно верхнего электрода, вольт-амперная характеристика стремится к прямой линии. При малых напряжениях при положительном смещении происходит усиление протекающего



тока, при обратном смещении происходит уменьшение тока. При достижении напряжения около 7 В значения токов выравниваются (рис.5).

Рис.5. ВАХ ГЧЭ

Как видно из зависимостей, происходит выравнивание кривой и усиление протекающего тока через структуру.

Исходя из проведенных исследований, возможно практическое применение диоксида кремния, модифицированного углеродом в качестве материала для ГЧЭ.

Список литературы:

1. Усов С. П. Исследование электрофизических свойств пористых многофункциональных пленок диоксида кремния. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Томск, ТУСУР, 2010 г. – 115с.

2. Поливанова Ю. Н. Исследование пористых многофункциональных пленок диоксида кремния модифицированного углеродом: Выпускная квалификационная работа - Томск, ТУСУР, 2011 г. – 43с.

3. Петров В. В. Технологические основы создания твердотельных сенсоров газов на основе нанокомпозитных оксидных материалов. Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. Таганрог. Технологический институт Южного федерального университета, 2011 г. – 39 с.

4. Анисимов О. В. Электрические и газочувствительные характеристики полупроводниковых сенсоров на основе тонких пленок SnO2. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Томск, ТГУ, 2007 г. – 181с.

5. Лубсанов Р. Б. Электропроводность и деградационные процессы в формованной тонкопленочной структуре металл-диэлектрик-металл на основе оксинитрида кремния. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Томск, ТИАСУР, 1986 г. – 218с.

СИНТЕЗ ТОБЕРМОРИТА НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННОГО СТЕКЛОБОЯ

Лебедева Е.Ю.
Научный руководитель: Казьмина О.В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kriolanta@mail.ru

Силикаты являются обширным классом соединений, образованных диоксидом кремния и оксидами других элементов. Многообразие силикатов связано со способностью атомов кремния соединяться между собой через атомы кислорода, образуя в зависимости от природы оксидов металлов и их соотношения с оксидом кремния кремнекислородные тетраэдры или группы различного строения. Одним из распространенных структурных типов силикатов являются цепочечные силикаты, представителем которых выступает тоберморитовая группа. Тоберморит – низкоосновный силикат кальция с общей формулой $Ca_5Si_6O_{16}(OH)_2nH_2O$ (где n колеблется от двух до восьми молекул).

Природный минерал впервые был найден в 1880 г. в Шотландии на острове Малл в Тобермори. Данный силикат является гидротермальным продуктом изменения карбонатных пород, образующийся в результате метаморфизма и метасоматоза. Обычно он имеет белый и светло-розовый оттенки, полупрозрачность и шелковистый блеск. Искусственный аналог торберморита образуется при взаимодействия портландцемента с водой и играет важную роль в процессе схватывания цемента [1].

Практический интерес к синтезу тоберморита связан с возможностью использования данного соединения в качестве ионообменного материала способного извлекать из загрязненной воды свинец, кадмий и другие токсичные металлы. Такое направление использования тоберморита обусловлено особенностями его структуры.

В 20011 году в журнале …. опубликована статья, в которой сообщается о разработке нового метода очистки воды с помощью тоберморита, синтезированного из отходов стекла, без указания исходного состава и режима синтеза. Для России вопросы утилизации вторичного стеклобоя являются особенно актуальными, также как и очистка сточных вод. Поэтому была поставлена задача синтезировать тоберморит из промышленного стеклобоя, что позволит одновременно решать экологические проблемы утилизации стеклобоя и очистки воды.

Цель данного исследования – разработать состав исходной смеси на основе вторичного стеклобоя и подобрать оптимальный для синтеза тоберморита режим ее термообработки[2]. Выделяют три структурных варианта этого минерала: $CaSiO_3{\times}0{,}5H_2O$ (риверсайдит), $CaSiO_3{\times}H_2O$ (тоберморит) и $CaSiO_3{\times}2H_2O$ (пломбьерит).

Структура тоберморита устроена следующим образом: кремнекислородные тетраэдры сочленяются в виде непрерывных обособленных цепочек, каждый тетраэдр имеет свободную валентность, с помощью которой через катионы металлов слои соединяются между собой. В образовавшихся промежутках в слоях оксида кальция располагаются молекулы воды (рис.1)[3].

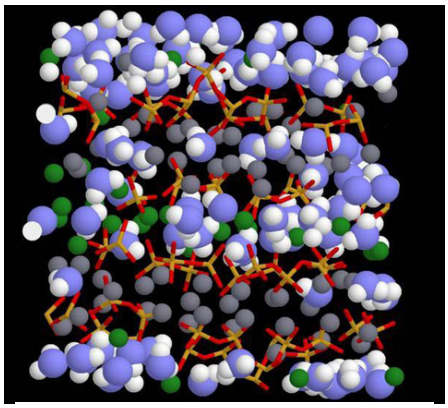


Рис. 1. Молекулярная модель C-S-H: голубым цветом показаны атомы кислорода и водорода в молекуле воды, зеленым и серым – ионы кальция, желтыми и красными палочками – атомы кремния и кислорода в тетраэдрах (иллюстрация PNAS)

Известны технологические приёмы получения низкоосновных гидросиликатов кальция в производстве вяжущих материалов, которые и были применены для синтеза тоберморита на основе стеклобоя. Так например, тоберморит образуется при твердении известково-кремнеземистых материалов в автоклавах и является следствием ряда физических, физико-химических и химических процессов, протекающих при обязательном присутствии воды в капельно-жидком состоянии[4]. При наиболее распространенном режиме автоклавной обработки (давлении 0,9 – 1,3 МПа, температуре 174 – 290 ^oC, времени 8 ч) вначале возникает гидросиликат $C_2SH(A)$, который затем переходит в CSH(B)[CSH(I)]. Увеличение длительности автоклавной обработки приводит к образованию тоберморита [2].

В технологии получения ячеистого газобетона тоберморит получается в процессе автоклавной обработки известково-кремнеземистого вяжущего за 12 часов при температуре около 190 ^oC и давлении порядка 10-12 атмосфер[5].

В качестве основных компонентов для синтеза тоберморита в данной работе использованы следующие материалы: промышленный стеклобой электровакуумного стекла марки СЛ-96, известь (ГОСТ 9179-77) и едкий натрий (ГОСТ 2263-79). Химический состав материалов приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав материалов

компонент	Содержание оксидов в мас. %						
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Fe_2O_3
стекло	72	-	6	4	16	1	-
известь	-	-	95	5	-	-	-
NaOH	-	-	-	-	98,5	-	-

Теоретические предпосылки использования данных материалов в качестве основных компонентов исходной смеси следующие. Наиболее распространенным видом вторичного стеклобоя являются силикатные стекла, в том числе и электровакуумное, с основным стеклообразующим оксидом – кремнеземом. Источником CaO, входящего в состав тоберморита, выбрана негашеная CaO и гашеная $Ca(OH)_2$ известь, являющаяся распространенным сырьем, широко применяемым в производстве различных вяжущих веществ. Гидроксид натрия относится к реагентам, которые непосредственно разрушают кремнекислородный каркас стекла[6].

Соотношение компонентов исходной смеси рассчитано с учетом химического состава ее составляющих и химической формулы тоберморита. Для наиболее полного протекания реакций в процессе автоклавной обработки необходимо, чтобы исходные материалы имели тонкодисперсную структуру, поэтому смесь предварительно измельчалась в шаровой мельнице до порошкообразного состояния с последующим прессованием образов в виде таблеток (d=30 мм). Подготовленные таким образом образцы подвергали автоклавной термообработке при давлении 0,8 МПа и 170 ^oC в присутствии водяных паров в течение 6 часов[2].

Химические процессы, происходящие в процессе автоклавной обработки, можно представить в следующем виде:

- Образование гидроксидов кальция

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

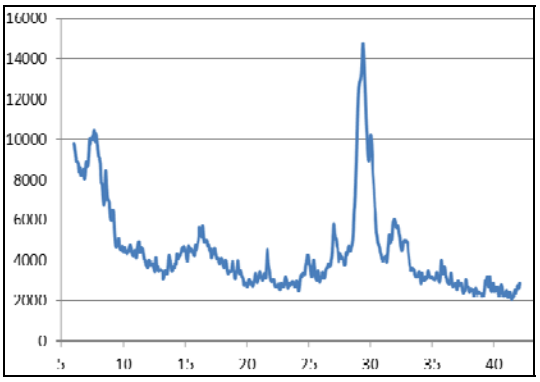
- Разрушение стеклофазы

$[–Si–O–Si–]_\infty–O–Si– + NaOH \rightarrow [–Si–O–Si–]_\infty–O–H + Na_2SiO_3$

- Образование тоберморита на стадии автоклавной обработки

$6\ SiO_2 + 5\ Ca(OH)_2 \rightarrow 5CaO{\times}6SiO_2{\times}5H_2O$

По результатам рентгенофазового анализа установлено, что из смеси исследуемого состава при выбранном режиме автоклавное термообработки синтезируется тоберморит. Это подтверждается наличием основных дифракционных пиков данного гидросиликата кальция



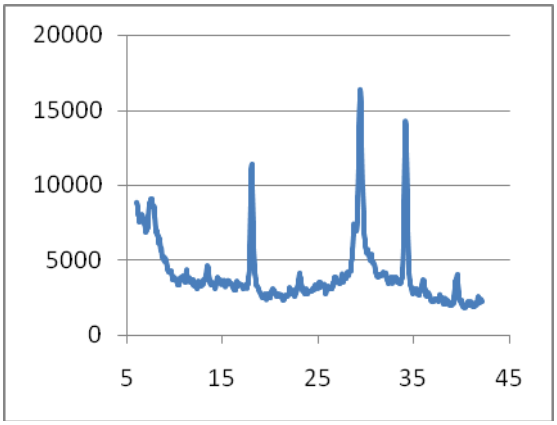


Рис. 2. Рентгенограмма продукта автоклавной термообработки смеси на основе CaO (верхний рис.) и $Ca(OH)_2$ (нижний рис.)

Причем в случае использования в исходной смеси гашеной извести относительное содержание тоберморита выше, что свидетельствует о целесообразности применения кальция в таком виде. Кроме того, на рентгенограмме присутствуют дифракционные пики, относящиеся к гидроксидам натрия и кальция. Данный факт указывает на неполноту протекающих реакций, что требует дальнейших исследований.

Таким образом, на данном этапе работы установлена принципиальная возможность синтеза тоберморита на основе промышленного стеклобоя.

Список использованной литературы:

1. Либау Ф.Структурная химия силикатов. М.:Мир,1988;
2. С.А.Антипина,В.И.Верещагин/ Термостойкий материал для литья алюминия/ Известия Томского политехнического университета. 2009. Т. 314. № 3;
3. http://www.membrana.ru
4. www.research-techart.ru;
5. http://www.sciteclibrary.ru;
6. http://www.prioritetinvest.ru.

ДЕГРАДАЦИЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ AuNi В ПРОЦЕССЕ ИЗНАШИВАНИЯ

Лязгин А.О.[1]
Научный руководитель: Шугуров А.Р.[2], к.ф.- м.н.
[1]Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
[2]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: lyazgin@list.ru

Важнейшими свойствами гальванических покрытий, применяемых для проводников коаксиальных соединителей СВЧ-диапазона, являются стабильно низкое контактное электрическое сопротивление и высокая износостойкость [1]. В процессе эксплуатации соединители часто испытывают многократные циклы соединения-рассоединения, что приводит к ухудшению электрических свойств покрытий вплоть до полной потери проводимости. В связи с этим представляет интерес выявить корреляцию между степенью износа покрытий и деградацией их электрических характеристик. Цель данной работы – исследовать изменения электрического сопротивления гальванических покрытий AuNi в процессе изнашивания.

Гальванические покрытия AuNi осаждали электролитическим способом в режиме постоянного тока (I_a = 5 мкА/мм^2) на непроводящую поликоровую подложку. С целью обеспечения электролитического осаждения покрытий, на подложку предварительно методом магнетронного распыления наносили тонкую пленку Ti толщиной 50 нм. Затем электролитически осаждали слой NiB толщиной 1,5 мкм. Наконец сверху наносили покрытие AuNi (Au-99 ат.%, Ni-1 ат.%) толщиной 3 мкм. При осаждении покрытий раствор электролита имел следующий состав: 8 г/л дицианоаурата калия $KAu(CN)_2$, 100 г/л лимонной кислоты $C_6H_8O_7$, 40 г/л КОН и 1 г/л $NiSO_4$-$7H_2O$.

Испытания на износ проводили на машине трения УМТ-1 по схеме «палец-диск» при нагрузке 1,85 Н в условиях сухого трения. В качестве контртела использовали шарики диаметром 3 мм из закаленной стали ШХ15. Длительность испытаний составляла 31000 секунд при скорости скольжения 0,5 м/с. Интенсивность изнашивания оценивали путем измерения ширины дорожки трения по оптическим изображениям, получаемым с помощью оптического микроскопа МБС-10. Профили дорожек трения гальванических покрытий получали с помощью контактного профилометра. Морфологию поверхности гальванических покрытий до и после испытаний на износ исследовали с помощью атомно-силового микроскопа РАСМ-5.

Электрическое сопротивление образцов измеряли четырехточечным потенциометрическим методом. Сверху на покрытие накладывали полированную пластину с

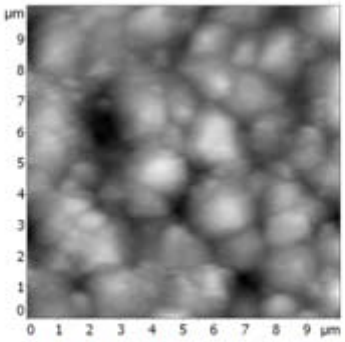


Рис. 1. АСМ-изображение поверхности покрытия AuNi на поликоровой подложке с промежуточным подслоем NiB

четырьмя фиксированными на ней электродами диаметром 0,01 мм. На токовые электроды подавали стабилизированное электропитание. С потенциальных контактов замеряли потенциал, соответствующий данному образцу. По ширине образца и расстоянию между потенциальными контактами рассчитывали электросопротивление.

С помощью атомно-силового микроскопа выявлено, что полученные гальванические покрытия AuNi характеризуются однородным рельефом со средним латеральным размером зерен 1,4 мкм (рис.1).

Трибологические испытания показали, что на стадии приработки, сопровождающейся сглаживанием исходной шероховатости поверхности покрытий AuNi, не происходит заметного изменения их электрического сопротивления (рис. 2, стадия I). При переходе к

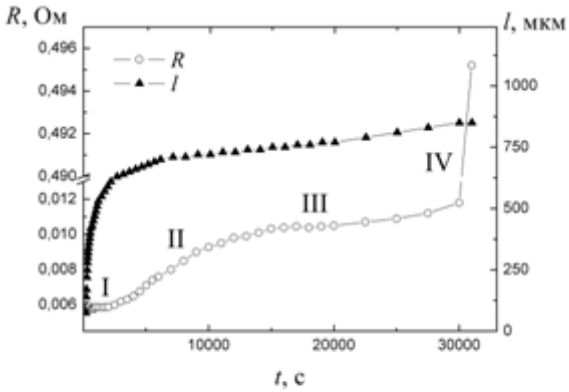


Рис. 2. Изменения электрического сопротивления R гальванических покрытий AuNi в области дорожки трения и ширины l последней в процессе испытаний на износ

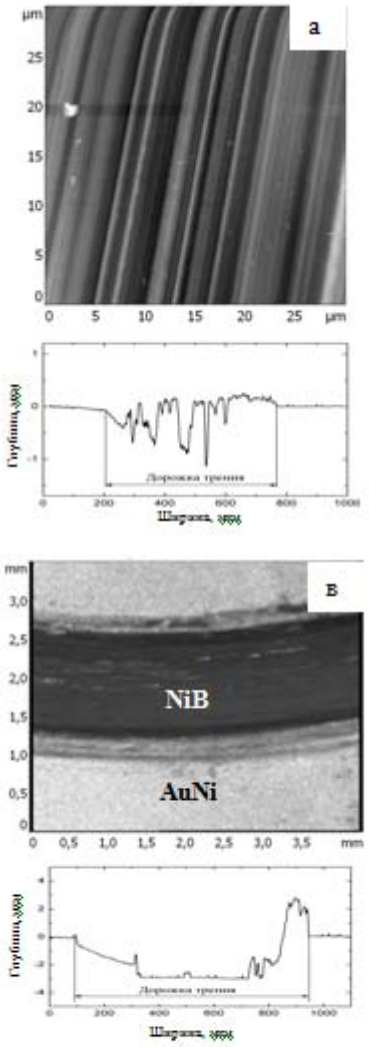


Рис. 3. АСМ-изображения (а, б) и оптическое изображение (в) поверхности гальванических покрытий AuNi, а также соответствующие им профили дорожек трения после трибологических испытаний в течение 2500 (а) и 5000 (б) 31000 с (в)

стадии установившегося износа величина электрического сопротивления начинает возрастать (рис. 2, стадия II). На этом этапе, вследствие интенсивного взаимодействия контртела с поверхностью образца, имеет место интенсивное накопление дефектов и формирование глубоких борозд в покрытии AuNi, уменьшающих его поперечное сечение. Поверхность трения характеризуется регулярным бороздчатым рельефом с незначительными вкраплениями частиц износа, который свидетельствует об абразивном характере изнашивания путем микрорезания (рис. 3,а).

При дальнейших испытаниях интенсивное пластическое деформирование разрушает структуру поверхностного слоя покрытия. Происходит смещение зерен и частичное нарушение сцепления между ними, что приводит к ослаблению и разрыхлению структуры покрытия. Фрагменты износа либо выносятся за пределы дорожки трения, либо претерпевают интенсивную пластическую деформацию и размазываются по поверхности трения, приводя к сглаживанию наиболее глубоких борозд (рис. 3,б). Подобный характер изнашивания покрытия в процессе трибологических испытаний указывает на адгезионное взаимодействие между контактирующими телами [2]. Адгезионное изнашивание покрытия сопровождается слабым ростом его электрического сопротивления (рис. 2, стадия III).

Наконец, после 30000 с испытаний адгезионное схватывание контртела с поверхностью образца приводит к постепенному отслоению и отрыву крупных фрагментов покрытия AuNi от промежуточного подслоя NiB (рис. 3,в). В результате спустя 31000 с испытаний имеет место резкий рост электрического сопротивления, которое достигает значений соответствующих сопротивлению NiB (рис. 2, стадия IV).

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить корреляцию между стадийностью изнашивания гальванических покрытий AuNi и изменениями их электрического сопротивления. Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что электрическое сопротивление может служить мерой для количественного анализа степени износа покрытий.

Список литературы:

1. Джуринский К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. – М.: Агентство «Издательский сервис», 2003 – 128 с.
2. Мышкин Н. К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 – 368 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАЛОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ЭФФЕКТ ЗАКАЛКИ СПЛАВА АК6

Машкарова О. В.[1]
Научные руководители: Герасимов С. А.[1], д. т. н., профессор, Овечкин Б.Б.[2], к. т. н., доцент
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,
105005, Россия, г. Москва, ул.2-я Бауманская, 5[1]
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30[2]
E-mail: pumav007@mail.ru

Введение

Стареющие алюминиевые сплавы имеют огромное значение в современном мире. Их широкое применение обусловлено сочетанием прочности и относительно малого веса.

Многие ученые ставили перед собой задачу – выяснить физическую природу явления старения. Особый интерес вызывает характер превращений при старении и атомно-структурный механизм этих превращений, особенно в сложных многокомпонентных сплавах. Создание новых технологий обработки, для сложно-обрабатываемых деформируемых алюминиевых сплавов типа Д16, АК6, В95 их освоение в производственных условиях открывают возможность в широком формате избежать брака на предприятиях страны. В частности эта задача актуальна для обработки деталей, изготовляемых в «КБ «ТочМаш» им. А. Э. Нудельмана.

Материалы и методики исследования

От круглого профиля отрезались цилиндрические образцы, которые впоследствии разрезались на сегменты. Затем верхнюю поверхность подвергали шлифованию, полированию и последующему травлению.

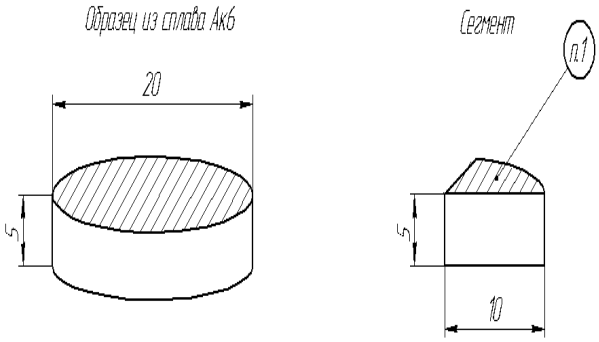


Рис.1. Внешний вид заготовок. Поверхность п.1 подвергалась шлифованию, полированию и травлению.

Основным объектом исследований являлся сплав системы Al-Cu-Mg-Si состава: (1,8…2,6)% Cu; 0,489% Mg; 0,777% Si (метод определения: магния ГОСТ 11739.11 и кремния ГОСТ 11739.7).

Цилиндрические образцы для механических испытаний изготавливали в соответствии с ГОСТ 1479-84. Деформированный слой (рис.1 поверхность п.1), возникший в результате резки, удаляли механической шлифовкой с последующим полированием перед закалкой.

Закалку осуществляли в электропечи «СНОЛ» (температура 515°С) с последующим охлаждением в воде до комнатной температуры. Деформирование проводили путём сжатия закаленных сегментов на гидравлическом прессе на 2% от первоначальной высоты (5мм) на разрывной испытательной машине INSTRON. Разрыв между операциями закалки и прессования не превышал 40 мин. После деформирования поверхность п.1 (рис.1) подвергалась химическому травлению для снятия наклепанного слоя.

Рентгеноструктурный анализ проводили на установке типа ДРОН – 4.0 при $Cu_{k\alpha}$ излучении.

Испытания на одноосное статическое растяжение цилиндрических образцов осуществляли при комнатной температуре на установке FPZ/100 со скоростью $\upsilon = 1.3\times10^{-6}$ м/с.

Результаты исследований

В работах многих авторов, существенная доля исследований была посвящена изучению явления старения [1-3]. Однако, до сих пор остаётся достаточное количество темных мест в понимании механизмов этого сложного процесса. На практике широко применяется термообработка сплава АК6, заключающаяся в закалке и последующем старении, при котором с течением времени происходит изменение механических и физических свойств. Характер изменения свойств во времени и влияние на него температуры хорошо известны и описаны в ряде руководств по материаловедению.

Поскольку все входящие в состав сплава компоненты при закалке должны находиться в твердом растворе, а при пониженных температурах должны выделяться в виде ограниченных от твердого раствора фаз, было бы логично связать явление старения с процессом выделения. Однако, способный к естественному старению сплав Д16, хорошо демонстрирует и другой механизм – диффузионное старение, что напрямую связанно с внутренней энергией системы и индивидуальными характеристиками её компонентов. Таким образом, своеобразие явлений, наблюдаемых в твердых растворах, должно иметь общей причиной то, что напряженное состояние, существующее в сплаве, является первопричиной протекания тех или иных процессов.

А что если закалка не достаточно подготавливает материал к старению? В данной работе исследовался вариант введения дополнительной меха-

нической обработки непосредственно после закалки.

При холодной деформации каждое зерно испытывает воздействие соседних зерен, заставляющее его изменять свою форму в соответствии со схемой деформации всей детали. Закономерно предположить, что даже небольшие степени деформации влекут за собой некоторое повышение внутренней энергии системы, которое должно сыграть свою роль в активизации процессов протекающих в рамках последующего старения слава.

Рентгеноструктурные исследования сплава АК6 показали, что деформация на 2 % от первоначальной высоты образца проявляется в изменении кривых (рис.2). Хорошо видно смещение линий и изменение интенсивностей, что является следствием трансформации внутреннего структурного состояния.

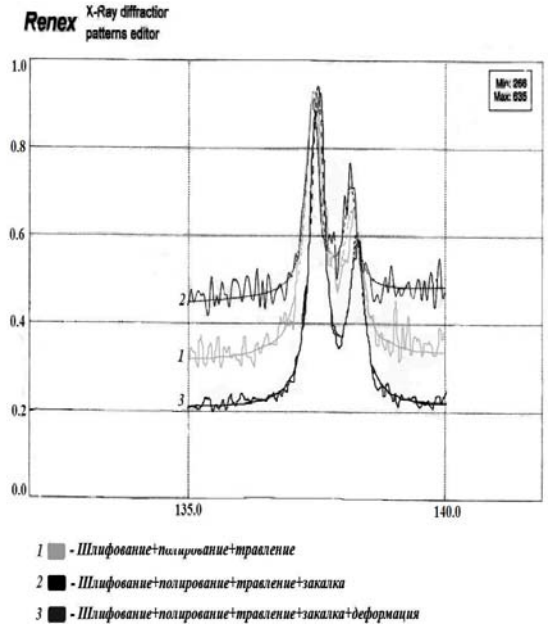


Рис.2. Рентгенограммы сплава АК 6.

Деформация сжатием обусловливает увеличение концентрации компонентов [4] и как следствие увеличение внутренних напряжений (рис.2, кривая 3), впрочем, как и неравномерность распределения уплотненных сегрегаций в объеме. Таким образом, очевидно, процесс холодного деформирования способствует протеканию при старении процессов распада и выделения наравне с облегчением диффузионных процессов.

Выводы

Процесс термомеханической обработки (ТМО), заключающийся во введении между операциями закалки и старения деформационной стабилизации посредством прессования позволяет добиться отличных результатов за счет дополнительного влияния деформирования на структуру закаленного сплава.

Создание данной технологии направлено на интенсификацию процессов, протекающих при старении. Степень перехода упрочняющих компонентов в твёрдый раствор при закалке может быть не достаточным, следовательно, данный аспект может послужить серьёзным препятствием на пути создания такой процентной доли локальных несовершенств кристаллической решетки твердого раствора, которая бы способствовала получению интересующего нас состояния материала после старения. Вызывает интерес структура, реализация связей в которой при старении приводит к появлению конфигураций атомов с ближним порядком (молекулярных комплексов). Поэтому совместное действие оптимального режима закалки и деформирования должно способствовать получению высоких физических и механических характеристик, удовлетворяющих требованиям современного машиностроения.

Список используемой литературы:

1. С.Т. Конобеевский. К теории фазовых превращений. ЖТЭФ. Издательство АН СССР, Т-13, Вып.6. - 1943. - С36-42.
2. И. Ф. Колобнев. Термическая обработка алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1966. - 394 с.
3. Ю.А. Багаряцкий. Рентгенографическое исследование старения дуралюмина. Автореферат диссертации. 1951г.
4. С.Т. Конобеевский и Я. Селисский. О расширении дебай-шерреровских линий на рентгенограммах металлов при холодной обработке и отжиге. М: ГИНЦВЕТМЕТ, 1933.- 248с.

ИЗУЧЕНИЕ ОРИЕНТАЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ, МЕХАНИЗМА ДЕФОРМАЦИИ И ПРОЦЕССОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ПРИ СЖАТИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ СТАЛИ ГАДФИЛЬДА

Е.В. Мельников[1,2]
Научный руководитель: Е.Г. Астафурова[2] с.н.с. ИФПМ СО РАН, к.ф.м.н., доцент
[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
[2]Институт физики прочности и материаловедение СО РАН,
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: melnickow-jenya@yandex.ru

Введение

Разработанная в конце 19 века английским металлургом Робертом Гадфильдом высокомарганцевая сталь, которая в последствие была названа в его честь, нашла широкое применение в промышленности (угольной, нефтяной, горной, машиностроении и др.). Это обусловлено рядом её уникальных качеств: высокой износоустойчивостью при трении с давлением и ударами, высокой вязкостью и пластичностью, склонностью к упрочнению при деформации. Свойства стали Гадфильда широко изучали на поликристаллах [1-3], но до сих пор нет однозначного обоснования механизмов ее упрочнения. При деформации поликристаллов невозможно избежать вклада в упрочнение от границ зерен. А монокристаллы позволяют в чистом виде исследовать анизотропию механических свойств и механизма деформации.

В данной работе проведены экспериментальные исследования механизма деформации и деформационного упрочнения монокристаллов аустенитной стали Гадфильда Fe-13Mn-(1.0-1.3)C (мас. %) при сжатии в условиях комнатной температуры.

Материалы и методы исследования

Образцы для механических испытаний в форме параллелепипедов с размерами 3×3×6 мм^3 вырезали из монокристаллических заготовок. После травления и механической шлифовки образцы электролитически полировали в растворе 25 мл CrO_3 + 210 мл H_3PO_4. Механические свойства изучали при сжатии со скоростью $\dot{\varepsilon}=1{,}2\times10^{-4}$ сек$^{-1}$ на электромеханической установке INSTRON 3369. Исследования эволюции рельефа на поверхности деформированных образцов проводили на оптическом микроскопе OLYMPUS GX71 и растровом электронном микроскопе Quanta 200 3D. Для обнаружения следов двойников на поверхности деформированного кристалла использовали опыты с переполировкой и травлением в растворе «царской водки»: 1 часть H_2O + 2 части HNO_3 + 3 части HCl. Дислокационную структуру исследовали на электронном микроскопе Philips CM 30 при ускоряющем напряжении 300кВ.

Результаты исследования

Металлографические и электронно-микроскопические исследования структуры <144>, <113>, <123>, <001> и <1510> монокристаллов показали, что близко к пределу текучести деформация в них реализуется за счет развития механического двойникования. То есть в этих ориентациях смена механизма деформации от скольжения к двойникованию происходит на стадии близкой к пределу текучести. Деформация проходит однородно по всему объему образца. Из анализа кривых «напряжение-деформация» и соответствующих им механизмов деформации следует, что стадийность пластического течения и скорость деформационного упрочнения монокристаллов <144>, <113>, <123>, <001>, <1510> зависит от числа действующих систем сдвига. Развитие двойникования при комнатной температуре не характерно для деформации ГЦК металлических материалов, но его наблюдали ранее при растяжении монокристаллов стали Гадфильда [4].

Экспериментальные исследования <111> монокристаллов стали Гадфильда показали, что при сжатии до ε<15% деформация в них связана преимущественно со скольжением в нескольких системах одновременно и происходит с образованием полос локализованной деформации (ПЛД) (рис.1 а). Зарождение и развитие ПЛД сопровождается срывами нагрузки. ПЛД делят весь объем кристалла на деформированные и недеформированные области. Пластическая деформация сосредоточена в полосах. Внутри ПЛД за счет переориентации кристаллической решетки после скольжения развивается механическое двойникование. При ε>15% пластическое течение <111> монокристаллов стали Гадфильда становится устойчивым, по сравнению со стадией образования полос сдвига, и происходит во всем объеме материала скольжением и двойникованием.

Таким образом, в монокристаллах стали Гадфильда при сжатии обнаружена ориентационная зависимость вида кривых течения и характера деформационного упрочнения, которая связана с ориентационной зависимостью механизма деформации.

Так как при сжатии [111] кристаллов шесть систем скольжения имеют равные факторы Шмида, их одновременное действие вызывает образование макроскопических полос сдвига. Образование таких полос в работе [5] связывали с формированием однородных границ, состоящих из барь-

еров Ломера-Коттрелла при взаимодействии дислокаций скольжения a/2<110> в пересекающихся плоскостях. Для того чтобы оценить влияние множественности сдвига на процессы локализации деформации, были подготовлены монокристаллы, имеющие отклонение от точной ориентировки [111] вдоль симметралей [111]-[001] и [111]-[011].

При отклонении от точного полюса [111] вдоль симметрали [111]-[011] на угол 8°, как и в случае сжатия вдоль точной ориентации [111], наблюдали образование ПЛД (рис.1 б), которые сопровождались срывами нагрузки на кривых «напряжение-деформация». Морфология полос несколько изменилась, они стали тоньше и не имели характерных «ответвлений», но имели, несомненно, ту же природу, что и в случае сжатия вдоль точного направления [111].

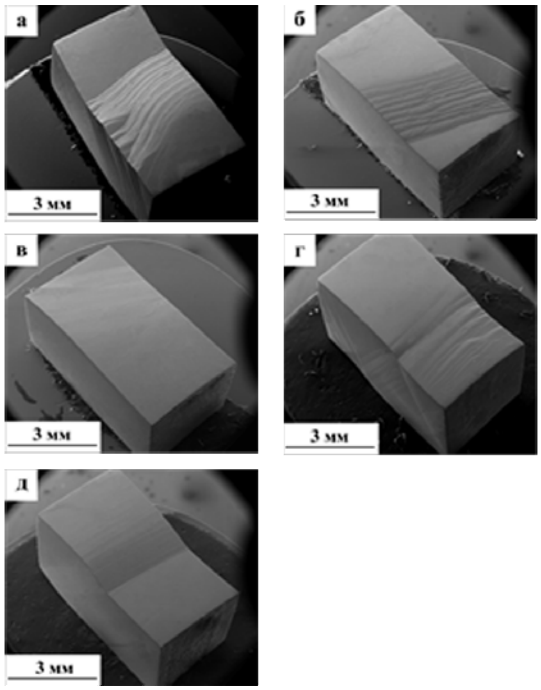


Рис.1. Металлографические картины поверхности деформированных монокристаллов при сжатии, сталь Fe-13Mn-1.3C: а – точная ориентация [111] (ε=5,1%); б, в – отклонение от точной ориентировки [111] вдоль симметрали [111]-[011]: б – 8° (ε=4,3%), в – 15° (ε=4,4%); г, д – отклонение от точной ориентировки [111] вдоль симметрали [111]-[001]: г – 8° (ε=3,4%), в – 15° (ε=3,9%), T=300K

При отклонении на угол до 15° вдоль симметрали [111]-[011] процессы локализации подавлены (рис.1 в) и кривая течения гладкая, без зубьев текучести. Переполировка и травление образцов этой ориентации показала, что деформация в них связана с двойникованием преимущественно в одной системе.

Отклонение от точного полюса [111] вдоль симметрали [111]-[001] на угол 8° приводит к тому, что образование макрополос сдвига на ранних стадиях деформации (<5%) сопровождается деформацией и в объеме образца (рис.1 г). При отклонении на 14-17° образование ПЛД оказывается полностью подавленным (рис.1 д), кривые течения монокристаллов гладкие, без срывов нагрузки.

Таким образом, отклонение от точной ориентации [111] на угол до 8° не подавляет развития ПЛД, но изменяет их морфологию. А увеличении угла отклонения до 15° приводит к значительным изменениям, и локализация пластической деформации оказывается подавленной из-за активации двойникования.

Выводы

Деформация <111> монокристаллов стали Гадфильда имеет неоднородный характер и сопровождается формированием и развитием ПЛД. Отклонение от точной ориентации [111] вдоль симметралей [111]-[001] и [111]-[011] приводит к подавлению развития ПЛД за счет активации механического двойникования.

В монокристаллах, ориентированных для сжатия вдоль направлений <144>, <113>, <123>, <001>, <1510 деформация с предела текучести по всему объёму развивается однородно и связана с развитием механического двойникования с самого начала пластического течения.

Ориентационная зависимость процессов локализации связана с ориентационной зависимостью механизма деформации. Множественное скольжение с предела текучести способствует образованию полос локализованной деформации, а механическое двойникование подавляет их развитие.

Список литературы:

1. Штремель М.А. Прочность сплавов. – М.: МИСИС, 1997. – Ч. 1, 2. − 527 с.

2. Dastur Y.N., Leslie W.C. Mechanism of work hardening Hadfield manganese steel // Met. Tans. A. – 1981. – V.12A. – pp.749−759.

3. Raghavan K.S., Sastri A.S., Marcinkowski M.J. // Trans. of the Met. – 1969. – V.245. – P.1569–1575.

4. Е.Г. Астафурова, Ю.И. Чумляков. Деформационное упрочнение при двойниковании <111>, <144>, <011> монокристаллов стали Гадфильда //Физика металлов и металловедение, 2009, т. 108, №5, с. 541-550.

5. Chang Y.W., Asaro R.J. // Acta. Met. – 1981. – V.29. – pp. 241–257.

ДИАТОМИТ – АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ СТЕКОЛЬНОЙ ШИХТЫ

[1]Мешков А.В., [2]Субботин Р.К.
Научный руководитель: [1]Казьмина О.В. д.т.н., профессор, [2]Маневич В.Е, д.т.н, профессор
[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Россия, г. Томск)
[2]Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (Россия, г. Москва)
E-mail: meshkov88@gmail.com

Стекольное производство относится к материалоемким - с высокой долей затрат на сырье и основные материалы. В силу того, что запасы кварцевых песков сосредоточены преимущественно в Северо-западном, Центральном и Поволжском районах, стекольные заводы, расположенные в Уральском, Западно-Сибирском, Восточно-Сибирском и Дальневосточном экономических районах, не обеспечены собственной сырьевой базой и вынуждены привозить сырье из других регионов России, что, несомненно, является негативным фактором, отрицательно влияющим на экономику производства [1].

Для стекольной промышленности повышенный интерес представляют высококремнистые аморфные породы (опал-кристобалитовые породы), как альтернативный источник кремнеземосодержащего сырья, в частности кварцевого песка. К этим породам относятся диатомиты, опоки, трепелы, обсидианы, перлиты, пехштейны, спонголиты, радиоляриты. Основным достоинством опал-кристобалитового сырья является содержание большого количества аморфной фазы диоксида кремния (до 70 % аморфного SiO_2). Биогенная структура кремнезема опал-кристобалитовых пород обусловливает аномальные свойства, по сравнению с искусственно полученным аморфным диоксидом кремния и мелкокристаллическим кварцем. Поэтому, несмотря на высокое сродство кремния к кислороду, температура плавления кремнезема опал-кристобалитовых пород ниже (1500-1550 °С), чем температура плавления кварца (1713—1728 °С), что позволяет снижать температуру варки стекла.

Из всех представителей опал-кристобалитовой группы диатомиты являются наиболее перспективным сырьем для стекольной промышленности, поскольку имеют более стабильный химико-минералогический состав, что обусловлено спецификой условий их образования.

Диатомит – рыхлая землистая или слабосцементированная, пористая и легкая осадочная горная порода, образованная в основном кремнеземистыми обломками панцирей (скелетов) диатомовых водорослей – диатомей и радиолярий. Главнейшая часть кремнеземистого панциря (скелета) - гидраты кремнезема различной степени – опалы вида $mSiO_2 \cdot nH_2O$ [2].

Россия располагает значительным количеством месторождений диатомитов.

В таблице 1 приведено сравнение химического состава кварцевого песка нескольких месторождений и диатомита Инзенского месторождения.

Таблица 1. Химический состав кремнеземсодержащего сырья

Сырье (месторождение)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O
Песок (Гекмалинское)	83,3	2,9	1,87	4,4	-	-
Песок (Ташлинское)	98,8	0,44	0,06	0,4	0,2	-
Песок (Сулутапинское)	92,5	1,69	0,85	-	-	-
Песок (Ясамальское)	81,1	3,74	1,33	5,3	0,93	1,1
Песок (Егановское)	98,6	0,46	0,05	0,2	0,11	-
Песок (Тулунское)	95,4	2,5	0,2	0,9	0,43	-
Диатомит (Инзенское)	81,9	5,37	2,67	0,4	0,80	1,4

По данным таблицы можно сказать, что содержание кремнезема в диатомите близко к кварцевым пескам, также составы близки по содержанию щелочных оксидов, при этом в диатомите присутствует высокое содержание глинистой фракции.

Рентгенофазовый анализ диатомита показал, что аморфная составляющая представлена разновидностью опала, которая выражена дифракционными отражениями с размытыми максимумами в области малых и средних углов на рентгенограмме приведенной на рисунке 1, кристаллическая же составляющая представлена примесью кварца.

В диатомите Инзенского месторождения массовая доля аморфной фазы составляет 73 %, доля кристаллического кварца только 6 %, присутствует монтмориллонит $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ в размере 10 %, слюда $KMgAlSi_4O10(OH)_2$ – 7 %, полевой шпат $KAlSi_3O_8$.

Таким образом, анализ данных по химическому и минералогическому составу диатомита, позволяет говорить о возможности использования его в качестве компонента шихты для получения стекла и стекломатериалов. Диатомит Инзенского месторождения имеет многокомпонентный состав, представленный главным образом стеклообразующим оксидом SiO_2 (до 83 %), промежуточным оксидом Al_2O_3 (до 7,5 %) и модификаторами (Fe_2O_3, R_2O, RO). Относительно низкое содержание SiO_2, по сравнению со стекольным песком (менее 95 %) компенсируется тем, что преобладающей фазой является аморфный опал, являющийся более реакционноспособным, чем кристаллический SiO_2. Относительно высокое содержание Al_2O_3 позволит исключить дополнительный ввод глиноземистого сырья и упростить состав шихты.

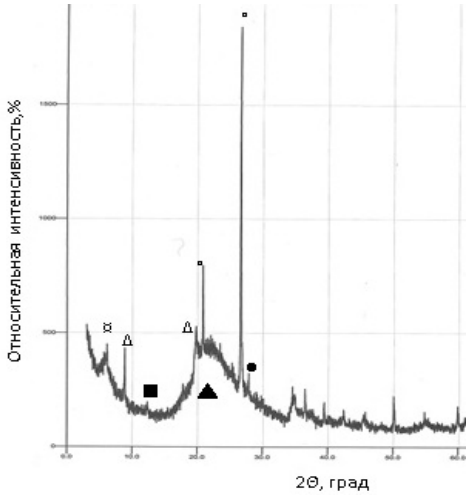


Рис. 1. Рентгенограмма диатомита Инзенского месторождения:
¤ - смектит; Δ – слюда; ■ – каолинит;○ – кварц; ▲- аморфное гало; ● – полевые шпаты

При оценке качества диатомитов и разработке технологии производства различных материалов с их использованием помимо химико-минералогических определений необходимо учитывать физические свойства, такие как объемный вес, влажность, насыпная плотность, прочность, угол естественного откоса.

Объемный вес диатомитов колеблется в значительных пределах – от 0,21 до 1 г/см^3 и более [2], в зависимости от месторождения. Средний объемный вес кусковых диатомитов Инзенского месторождения составляет 0,68 г/см^3 , диатомитов в виде порошка – 0,27 г/см^3.

При оценке различных физических параметров диатомитов особую роль играет влажность, особенно если учитывать структуру диатомей, которая способствует попаданию в них воды и ее удержанию. Природный диатомит из карьера Инзенского месторождения представляет собой крупнокусковой материал влажностью 47 - 50 %, после дробления он представляет собой темно-серую пластичную массу, влажность незначительно снижается за счет испарения воды с поверхности.

Насыпная плотность определяет объем занимаемый материалом в бункерах. Для диатомита Инзенского месторождения получена зависимость, которая показывает, что насыпная плотность сильно зависит от влажности диатомита, эта зависимость не линейна и меняется в пределах от 0,35 до 0,59 г/см^3 при изменении влажности от 7,3 до 50,0 % соответственно.

Другой важной характеристикой для технологии является угол естественного откоса, образуемый свободно насыпаемым материалом. В зависимости от влажности динамический угол естественного откоса менялся от 30^0 до 44^0.

Для подтверждения возможности получения стекла на основе диатомового сырья была проведена экспериментальная варки стеклогранулята близкого по составу к оконному стеклу ВВС на предприятии ЗАО «Никольский Завод Светотехнического Стекла», которая показала возможность существенного снижения температуры варки. Варка производилась в ванной подковообразной стекловаренной печи периодического действия, температура варки составляла 1430 ^{0}C, температура выработки – 1240 ^{0}C. Было произведено 3 варки с общей массой 60 кг. Полученное стекло по визуальной оценке было полностью проварено и осветлено, колер стекла – интенсивно зеленый с переходом в оливковый. Полученный стеклогранулят, в частности, может использоваться для получения высококачественного пеностекла по порошковой технологии. Стоимость диатомита ниже стоимости стекольного кварцевого песка, что позволяет снизить себестоимость шихты и самого продукта, а снижение температуры варки за счет особенностей структуры и состава диатомита, в том числе его микропористости и гидратированности, позволяет существенно снизить энергозатраты в процессе производства, увеличить срок службы печи и, соответственно, снизить себестоимость готового продукта. Исследование диатомита и экспериментальные варки шихты на его основе показывают перспективы его использования в стекольной промышленности в качестве полного или частичного заменителя дефицитного кварцевого песка при производстве стеклогранулята, пеностекла и других видов стекол.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ю.В. Баталин, Г.Н. Бирюлев, У.Г. Дистанов, А.Н. Ефремов, П.М. Кандауров, Л.И. Корчагина, А.А. Озол, А.И. Толкачев, В.С. Тохтасьев, Р.А. Хасанов, А.В. Шишкин. Минерально-сырьевая база стекольного сырья России (состояние и перспективы развития). – Калуга: ГП Облиздат, 2010. - 202 с.
2. Дистанов У.Г. Кремнистые породы СССР. – Казань: Татарское книжное издательство, 1976. - 412 с.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛИ 20Х23Н18, ПОДВЕРГНУТОЙ УСТАЛОСТНОМУ РАЗРУШЕНИЮ

Сизов В.В., Мясникова В.И., Комиссарова И.А.
Научные руководители: Громов В.Е.[1], Иванов Ю.Ф.[2], Воробьев С.В.[1]
[1] Сибирский государственный индустриальный университет, 654007, Новокузнецк, ул. Кирова 42
[2] Институт сильноточной электроники СО РАН, 634021, Томск, пр.Академический, 2/1
e-mail gromov@physics.sibsiu.ru

Введение

Целью настоящей работы является исследование структуры и фазового состава, выявление механизма разрушения стали аустенитного класса 20Х23Н18, подвергнутой облучению высокоинтенсивным электронным пучком и последующему испытанию в условиях многоциклового нагружения.

Материал и методика исследования

В качестве материала исследования была использована сталь аустенитного класса марки 20Х23Н18. Образцы, использованные для усталостных испытаний, имели форму параллелепипеда с размерами 145*8*5 мм^3 с концентратором напряжений радиусом 10 мм. Образцы стали подвергали усталостным испытаниям по схеме асимметричного консольного излома. Перед усталостными испытаниями часть образцов подвергали облучению высокоинтенсивным электронным пучком на установке «СОЛО» (ИСЭ СО РАН) при следующих параметрах: энергия электронов 18 кэВ; плотность энергии пучка электронов 30 Дж/см^2; длительность и частота следования импульсов воздействия пучка электронов 50 мкс и 0,3 Гц; количество импульсов воздействия пучка электронов – 3. Облучение осуществляли при остаточном давлении аргона в рабочей камере установки, равном ~0,02 Па. Исследования структуры стали в исходном состоянии и после усталостных испытаний осуществляли методами сканирующей и просвечивающей электронной дифракционной микроскопии. Методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии изучали фольги, расположенные на расстоянии ~10 и ~80 мкм от поверхности, а также фольги, включающие саму поверхность облучения.

Результаты исследования и их обсуждение

Предварительная термическая обработка привела к формированию в стали поликристаллического состояния. В объеме зерен присутствует дислокационная субструктура в виде сеток; скалярная плотность дислокаций ~4,0·10^{10} см$^{-2}$. Термическая обработка стали сопровождается двойникованием; выявляются микродвойники одной, значительно реже, двух систем двойникования. Вдоль границ зерен, реже, в объеме зерна, выявляются частицы карбидной фазы.

Термическая обработка стали приводит к формированию внутренних полей напряжений. Источниками полей напряжений являются границы зерен и микродвойников, а также границы раздела частица / матрица. Амплитуда внутренних полей напряжений обратно пропорциональна поперечным размерам контура. Наиболее высокий уровень внутренних полей напряжений формируется у границы раздела частица / матрица, наименее высокий – вблизи границ зерен. Границы раздела частица / матрица в процессе приготовления фольги весьма часто растравливались, что также является косвенным доказательством высокого уровня внутренних напряжений, присутствующих в данном объеме стали. Наличие сравнительно высокого уровня внутренних полей напряжений, формирующихся вблизи границы раздела частица / матрица, указывает на потенциально опасные места в структуре материала исходного состояния, способные привести к зарождению усталостных трещин с последующим его разрушением.

Высокоинтенсивная электронно-пучковая обработка поверхности стали сопровождалась высокоскоростными плавлением и кристаллизацией поверхностного слоя толщиной до 10 мкм. Анализ поверхности облучения, выполненный методами сканирующей электронной микроскопии, выявил формирование разнозернистой структуры. Размеры зерен поверхностного слоя изменяются в пределах от 10 мкм до 100 мкм. В объеме зерен обнаруживается структура ячеистой кристаллизации, размеры ячеек изменяются в пределах от 200 нм до 400 нм.

Последующие усталостные испытания привели к разрушению образцов после ~1,4·10^5 циклов нагружения. Выявляется поверхностный слой толщиной (1…1,5) мкм, далее располагается слой толщиной 8-10 мкм, имеющий столбчатую структуру. Данный подслой сформировался в результате обработки стали электронным пучком и последующего усталостного нагружения.

Структурно-фазовое состояние разрушенных образцов изучали путем анализа сечений, расположенных вблизи поверхности образца (слой, включающий свободную поверхность образца, далее по тексту слой № 1), на глубине ~10 мкм (сечение вблизи границы раздела расплав / твердое тело, далее по тексту слой № 2) и ~80 мкм (сечение, принадлежащее слою, сформировавшемуся в результате термического влияния, оказываемого на образец при обработке электронным пучком, далее по тексту слой № 3).

Структурно-фазовое состояние слоя № 1. В результате электронно-пучковой обработки в поверхностном слое формируется структура ячеистой кристаллизации. Усталостные испытания стали привели к частичному разрушению данной

структуры. Лишь в отдельных случаях, преимущественно вблизи границ зерен, выявляется структура ячеистой кристаллизации, сформировавшаяся в результате скоростного охлаждения материала, инициированного облучением электронным пучком. Размеры ячеек изменяются в пределах от 250 нм до 400 нм, что близко к размерам ячеек, выявленному при анализе поверхности стали методами сканирующей электронной микроскопии. В стыках границ ячеек кристаллизации выявляются частицы второй фазы. В объеме ячеек кристаллизации наблюдается дислокационная субструктура в виде сеток. Скалярная плотность дислокаций составляет ~$5{,}2\cdot10^{10}$ см$^{-2}$.

Вторым характерным элементом структуры слоя № 1 являются микродвойники деформационного происхождения. Как правило, в объеме зерна присутствуют одновременно две-три системы двойников. В этом случае в объеме стали, содержащем микродвойники, наблюдается сетчатая дислокационная субструктура, скалярная плотность дислокаций достигает ~$8\cdot10^{10}$ см$^{-2}$. Гораздо чаще в структуре поверхностного слоя стали выявляются области зерна, содержащие системы взаимодействующих микродвойников.

Усталостное нагружение стали сопровождается формированием полей напряжений, которые проявляются при анализе тонких фольг в виде изгибных экстинкционных контуров. Форма и поперечные размеры контуров характеризуют распределение и величину изгиба-кручения кристаллической решетки материала. Анализ структуры поверхностного слоя стали показывает, что максимальное количество контуров наблюдается в объеме стали, содержащем взаимодействующие микродвойники. Одновременно с этим, объемы стали, содержащие взаимодействующие микродвойники, характеризуются наличием изгибных экстинкционных контуров минимальных поперечных размеров. Взаимодействие микродвойников приводит к формированию в стали объемов, характеризующихся относительно высокой плотностью и высоким уровнем внутренних полей напряжений, т.е. объемов, потенциально опасных в условиях механического нагружения стали.

Структурно-фазовое состояние слоя № 2. Структура, формирующаяся на глубине ~10 мкм, отличается от структуры поверхностного слоя (слой № 1) лишь в количественном отношении. А именно, наблюдается формирование структуры с относительно высоким уровнем разориентации фрагментированной структуры, формирующейся в зернах с микродвойниками. Оценки азимутальной составляющей угла полной разориентации фрагментированной структуры, приводит к значениям, достигающим ~15 град.

Другой характерной особенностью структуры слоя, расположенного на глубине ~10 мкм, является существенное диспергирование фрагментов, формирующихся в зоне взаимодействия микродвойников. Размеры фрагментов изменяются в пределах от 50 до 80 нм, что в 2…3 раза меньше размеров фрагментов структуры поверхностного слоя.

Процесс фрагментации зоны взаимодействия микродвойников существенным образом усиливается в ***слое № 3***, т.е. в слое, расположенном на глубине ~80 мкм. Можно выявить, во-первых, увеличение в ~2,3 раза объемной доли таких областей стали, по сравнению со структурой поверхностного слоя; во-вторых, увеличение толщины слоя с наноразмерной фрагментированной структурой; в-третьих, увеличение степени разориентации структуры фрагментов, о чем свидетельствует квазикольцевое строение микроэлектронограмм, получаемых с таких областей стали; в-четвертых, существенно увеличивается плотность изгибных экстинкционных контуров, формирующихся в данных объемах стали.

Пластическая деформация большинства металлов и сплавов сопровождается фрагментированием субструктуры. Такая структура является местом зарождения вязкого разрушения материала.

Таким образом, анализируя результаты, полученные при исследовании стали 20Х23Н18 и изложенные выше, можно заключить, что усталостное нагружение образцов, предварительно обработанных электронным пучком, приводит к фрагментации структуры и формированию областей с критической субструктурой, не способной к дальнейшей эволюции, т.е. исчерпавшей ресурс пластичности материала. Области материала с критической структурой формируются в зоне взаимодействия микродвойников деформации и, по всей видимости, являются местами зарождения микротрещин. Следовательно, возможной причиной разрушения стали 20Х23Н18, подвергнутой предварительной обработке электронным пучком, является множественное микродвойникование, обусловленное, очевидно, низкой энергией дефекта упаковки материала.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 12-02-00092-а) и ФЦП «НПКИР» (г/к № 02.740.11.0538).

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИТОВ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ СВМПЭ ГРАФИТОМ

Нгуен Дык Ань, Панин С.В., Нгуен Суан Тьук
Научный руководитель: Панин С.В., д.т.н, профессор
Томский политехнический университет. Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30.
Email: ducanh00@sibmail.com

Исследовано влияние различных наполнителя (графита) на физико-механические и триботехнические свойства сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Установлено, что модифицирование сверхвысокомолекулярного полиэтилена графитом приводит к существенному повышению его триботехнических характеристик. Определены оптимальные составы нанонаполнителей, определяющие высокую износостойкость и низкий коэффициент трения полимера.

Ключевые слова: антифрикционный композит, сверхмолекулярный полиэтилен, коэффициент трения

Введение. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) и композиции на его основе обладают повышенными прочностными показателями, низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью, химической стойкостью в агрессивных средах и биосовместимостью, широким температурным интервалом устойчивости. Такой комплекс свойств позволяет применять СВМПЭ для изготовления технических изделий, стойких к удару, растрескиванию и истиранию (шестерен, втулок, муфт, роликов), а также в эндопротезировании (искусственные суставы, челю-стно-лицевые протезы) [1,2]. Выбором наполнителей можно целенаправленно изменять функциональные свойства и расширить область использования СВМПЭ в машиностроении, химических технологиях, медицине, электронике и т. д.

В последнее время появилось много работ по использованию нанодисперсных наполнителей на ряде полимерных связующих [3]. Для СВМПЭ впервые влияние нанодисперсных наполнителей с размером частиц 40—70 нм на структуру и свойства полимера было изучено в работах.

Методики исследований. В работе использовали СВМПЭ фирмы Ticona с молекулярной массой 3 млн и композиционные материалы на его основе. Образцы получали горячим прессованием при давлении 10 МПа и температуре 190 °С со скоростью последующего охлаждения 3—4 °С/мин.

Триботехнические характеристики измеряли на испытательном комплексе в режиме сухого трения при нагрузке 160 Н и скорости вращения вала 100 об/мин. Механические испытания образцов проводили на машине Instron-5582.

Исследования износостойкости образцов СВМПЭ при скольжении проводили по схеме вал— колодка. Поверхности трения образцов исследовали на оптическом профилометре Zygo New View 6200. Площадь дорожки трения определяли с помощью программного обеспечения Rhino Ceros 3.0 путем ручного выделения контура поверхности истирания и последующего автоматического расчета площади.

Результаты исследований и их обсуждение. В работе исследовали физико-механические и антифрикционные характеристики композиций СВМПЭ с различным содержанием введенного в исходную порошковую смесь графита. В табл. 1 приведены физико-механические характеристики СВМПЭ с различным содержанием добавленного графита.

Таблица 1. Физико-механические свойства СВМПЭ с добавлением графита

Содержание графита, мас.%	Плотность, г/см^3	Предел текучести, МПа	Предел прочности, Мпа	Относительное удлинение, %
0	0.916	19.2	34.3	470.9
3	0.953	19.53	30.34	520.1
5	0.967	19.33	29.7	528.3
10	0.987	20.1	28.56	531.44

Из данных табл. 1 следует, что упругопластические характеристики СВМПЭ (предел текучести, предел прочности и относительное удлинение при разрыве) изменяются несущественно с увеличением содержания графита. Плотность данного композита постепенно повышается с ростом содержания наполнителя. Наиболее существенны изменения предельного удлинения; полимер становится значительно пластичнее (на 30-40 %).

В работе определена износостойкость всех указанных выше материалов. На рис. 1 приведены кривые изнашивания для СВМПЭ, модифицированного графитом.

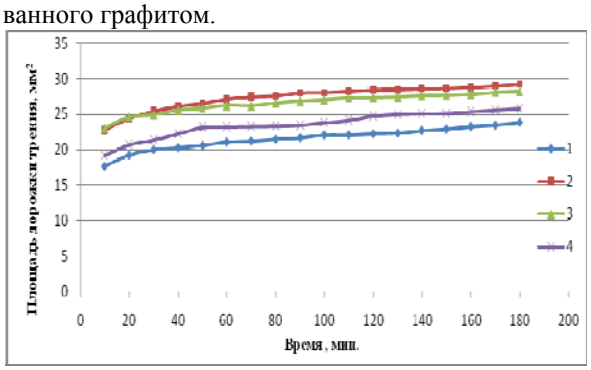


Рис.1 Зависимость площади дорожки трения от времени : 1- СВМПЭ; 2- 97%СВМПЭ+ 3% гра-

фит; 3- 95%СВМПЭ+ 5% графит; 4- 90%СВМПЭ+ 10% графит

Из рисунка следует, что рост площади дорожки трения в время испытания существенно уменьшается при добавлении в СВМПЭ графита. Самый лучший результат получен в образцах, содержащихся 5 мас. % графита (рис. 1, крив. 3). Зависимость интенсивности изнашивания трения для исходного СВМПЭ и для СВМПЭ, добавленнного графита приведена на рисунке 2.

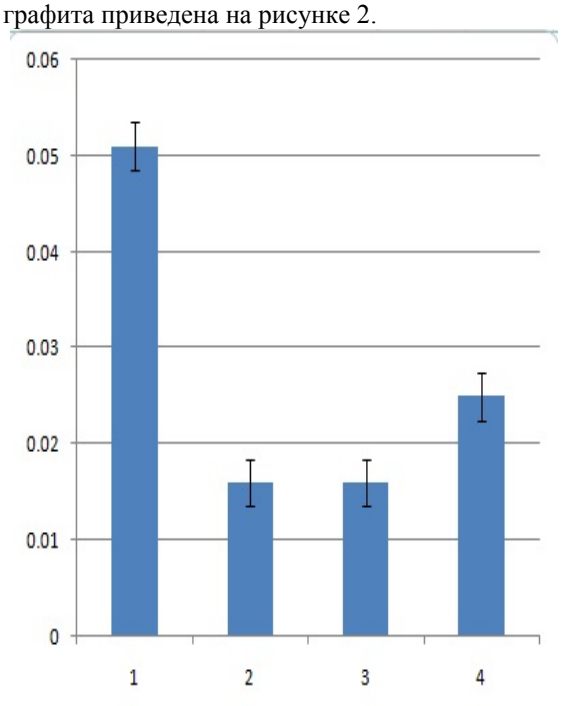


Рис.2 Зависимость интенсивности изнашивания: 1- СВМПЭ; 2- 97%СВМПЭ+ 3% графит; 3- 95%СВМПЭ+ 5% графит; 4- 90%СВМПЭ+ 10% графит

Из рисунка видно, что износ уменьшается при добавлении наполнителей. Износостойкость СВМПЭ на стадии установившегося изнашивания возрастает. Причем в случае добавления 5мас.% графита износостойкость возрастает в большей степени (в 3.2 раз). При добавлении графита с большим массовым содержанием (≥10 мас.%) износостойкость убывает по сравнению с износостойкостью СВМПЭ, добаленного 5 мас. % графита.

Заключение В данной работе исследовано влияние добавления в СВМПЭ графита на механические и триботехнические свойства композиционных материалов на основе СВМПЭ и проведено сравнение полученных результатов. На основе полученных результатов можно делать следующий вывод: Введение в СВМПЭ графита несущественно изменяет механические свойства СВМПЭ, но позволяет повысить его износостойкость в 3.2 раза. При добавлении 5 мас.% графита наблюдается максимальное повышение износостойкости. материалов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Машков Ю. К., Овчар З. Н., Байбарацкая М. Ю., Мамаев О. А. Полимерные композиционные материалы в триботехнике. — М.: ООО "Недра-Бизнесцентр". — 2004.
2. Кербер М. Л., Виноградов В. М., Головкин Г. С. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: Учебн. пособие / Под ред. А. А. Берлина. — СПБ.: Профессия. — 2008.
3. Охлопкова А. А., Гоголева О. В., Шиц Е. Ю. Полимерные композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и ультрадисперных соединений // Трение и износ. — 2004 (25), № 2, 2002—2006.

ИЗМЕНЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВМПЭ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ MoS2

Нгуен Суан Тьук, С.В. Панин
Томский политехнический университет, Институт физики высоких технологий
Email: thuc12@sibmail.com

Введение

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) в ряду полимерных связующих занимает особое место благодаря высокой коррозионной и химической стойкости, обусловленной отсутствием свободных связей в полимерной цепи [1].

В данной работе сделана попытка повышения адгезионных свойств СВМПЭ к наполнителям путем введения MoS2, в целях создания на его основе антифрикционных композитов.

Материал и методики исследований

В работе использовали СВМПЭ фирмы Ticona (Германия) и композиционные материалы на его основе. Молекулярная масса составляет $2{,}6\times10^6$ г/моль. Механическое перемешивание порошков полимерного связующего СВМПЭ и MoS2 проводили в планетарной шаровой мельнице МР/0,5х4, обеспечивающей перемешивание до 2-х литров порошковой смеси. Образцы получены методом горячего прессования при давлении 10 МПа и температуре 190 ºС со скоростью последующего охлаждения 3÷4ºС/мин [3].

Износостойкость материалов при скольжении определяли по схеме «вал-колодка» с использованием машины трения СТМ-1. Изображения дорожек трения были исследованы с использованием оптического микроскопа «Carl Zeiss Stemi 2000-C» и площади дорожки трения были рассчитаны с помощью программного обеспечения «Rhinoceros, v 3» путем ручного выделения контура поверхности истирания и последующего автоматического расчета площади.

Результаты исследований.

В данной работе исследовали механические и триботехнические свойства композиций СВМПЭ с различным содержанием введенных в исходную порошковую MoS2.

Зависимость площади дорожек трения от времени испытания приведена на рис. 1.

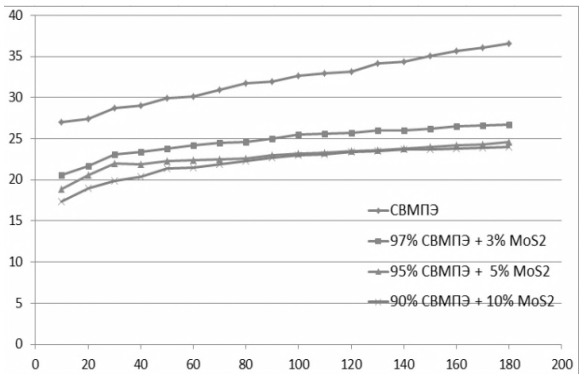


Рисунок 1. Зависимость площади дорожек трения от времени испытаний

Из рисунка следует, что износостойкость образца увеличивается, если СВМПЭ смешивается с MoS2.

Интенсивность изнашивания образцов в виде соответствующей диаграммы изображена на рис. 2.

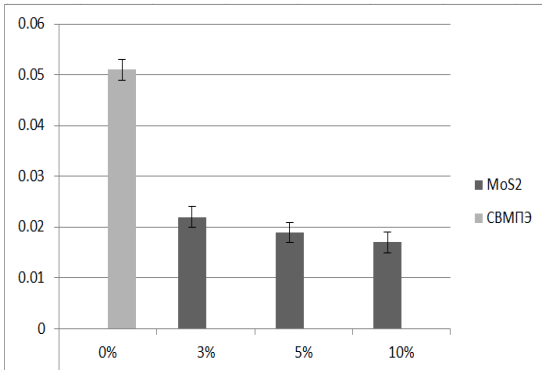


Рисунок 2. Интенсивность изнашивания образцов при введении MoS2

При добавлении наполнителей в матрицу из СВМПЭ, износостойкость повышается: при добавлении 10 мас. % MoS2, это значение достигает максимума 3 раза.

В табл. 1 приведены механические характеристики СВМПЭ с различным содержанием MoS2. В результате исследований оказалось, что плотность такой композиции повышается существенно с увеличением содержания наполнителя.

Таблица 1 - Механические свойства СВМПЭ с добавкой MoS2

Материал	Плотность г/мм^3	Предел текучести МПа	Предел прочности МПа	Относительное удлинение, %
СВМПЭ	0.916	19.2	34.3	470.9
СВМПЭ + 3 мас.% MoS_2	0.954	18.42	25.02	594.74
СВМПЭ + 5 мас.% MoS_2	0.975	18.64	25.93	555.32
СВМПЭ + 10 мас. % MoS_2	1.010	16.72	26.71	635.41

Упругопластические свойства (предел текучести, предел прочности) при введении MoS2 снижают значительно по сравнению с исходным СВМПЭ.

Зависимость удлинения и предела прочности от содержания MoS2 в виде диаграммы показана на рис. 3 и на рис. 4.

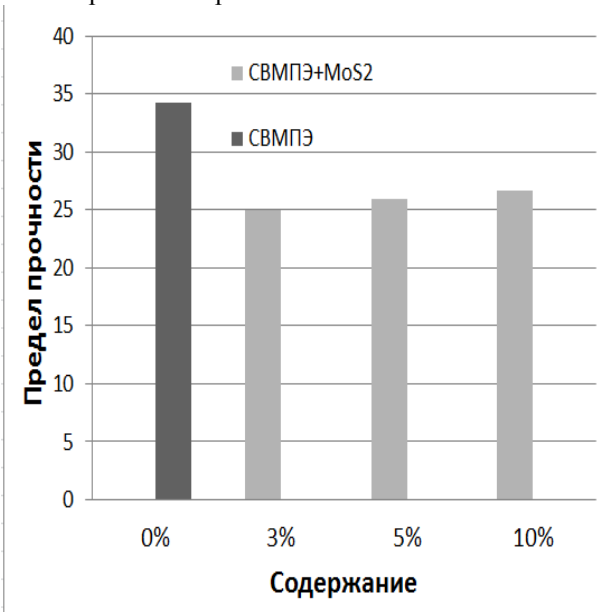


Рис. 3. Зависимость предела прочности от содержания MoS2.

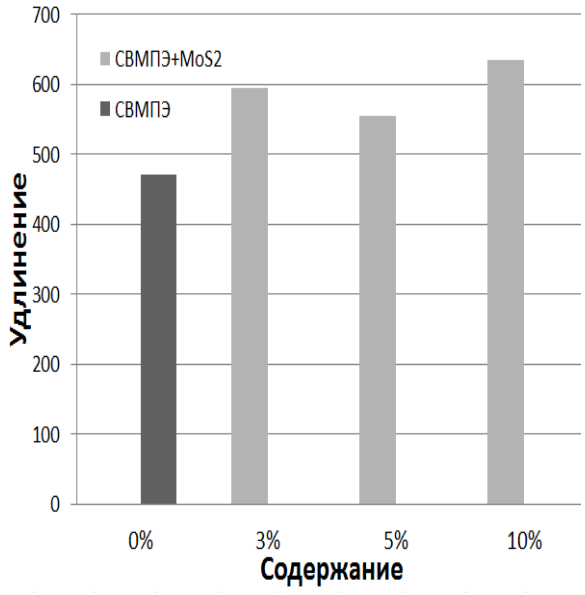


Рис. 4. Зависимость и удлинения от содержания MoS2

С добавкой наполнителей удлинение СВМПЭ увеличивается значительно, при введении 10 мас. % MoS2, оно увеличивается на 635,4 %.

Заключение

На основе сравнения полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Добавление MoS2 в матрицу из СВМПЭ позволяет повысить износостойкость в 3 раза. При добавлении 10 мас. % MoS2 приводит к максимальнему повышению износостойкости.
2. При введении MoS2, упруго-пластические свойства СВМПЭ (предел текучести, предел прочности) снижаются, удлинение СВМПЭ увеличивается значительно, при введении 10 мас. % MoS2, оно увеличивается на 635,4 %.

Список литературы:

1. Машков Ю.К., Овчар З.Н., Байбарацкая М.Ю., Мамаев О.А. Полимерные композиционные материалы в триботехнике. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. -262 с.
2. Прут Э.В., Зеленецкий А.Н. Химическая модификация и смешение полимеров в экструдере-реакторе // Успехи химии.- 2001 (70), №1, 72-87.
3. Панин В.Е., Панин С.В., Корниенко Л.А. и др. Влияние механической активации сверхвысокомолекулярного полиэтилена на его механические и триботехнические свойства // Трение и износ.- 2010(31), № 2, 13-19.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КАРБИДА КРЕМНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ

Никитин Д.С., Пак А.Я.
Научный руководитель: Сивков А.А., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dima_n@sibmail.com

Карбид кремния обладает целым комплексом различных уникальных свойств, таких как сверхтвердость, жаропрочность, высокая коррозионная и радиационная стойкость. Чрезвычайно велик интерес к SiC как к устойчивому к внешним воздействиям полупроводнику с большой шириной запрещенной зоны, чрезвычайно высокой допустимой напряжённостью поля электрического пробоя и теплопроводностью. Кроме того, установлены интересные оптические и биологические свойства карбида кремния [1, 2]. Все вышеперечисленное позволяет использовать SiC в различных областях техники: машиностроении, металлообработке, энергетике, электронике. Дополнительного улучшения характеристик возможно добиться при получении наноразмерной структуры материала. В работах [3, 4] показано, что при применении нанопорошков SiC происходит улучшение микроструктуры, прочности и термостойкости получаемой керамики. Известно множество попыток синтезировать наноразмерный карбид кремния, однако в большинстве случаев имеются очевидные проблемы, связанные со значительным содержанием посторонних фаз, неудовлетворительной структурой и размером частиц, значительными временными и энергетическими издержками[1, 2].

Одним из потенциальных способов получения наноразмерного порошка карбида кремния является прямой динамический синтез в гиперскоростной струе углерод-кремниевой плазмы. Струя плазмы генерируется коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ) с графитовыми электродами [5] (рис. 1,а). При этом в камере-реакторе ускорителя возникают экстремальные давления и температуры, достаточные для синтеза SiC [6].

Целью настоящей работы является создание конструкции КМПУ, позволяющего осуществлять синтез нанопорошка SiC. В соответствии с поставленной целью была разработана конструкция узла центрального электрода ускорителя, изображенная на рис. 1,б.

Центральный электрод имеет разборную конструкцию, состоящую из металлического электрода-хвостовика (1), графитовой вставки (2) и стеклопластикового изолятора (3). При этом в канал формирования плазменной структуры (4) закладывается исходный продукт в виде порошкообразной смеси углерода (сажи) и кремния.

При проведении серии опытов электропитание ускорителя осуществлялось от емкостного накопителя энергии при емкости конденсаторов C=6 мФ и зарядном напряжении $U_{зар}$=3,5 кВ, т.е. при величине запасенной энергии, равной $W=CU^2/2$=36,75 кДж. Камера-реактор заполнялась аргоном при нормальном давлении и комнатной температуре. На рис.2 приведены осциллограммы импульса тока i(t) и напряжения U(t) на его электродах, расчетные кривые мощности разряда P(t) и подводимой к ускорителю энергии W(t), а также указаны максимальные значения этих параметров.

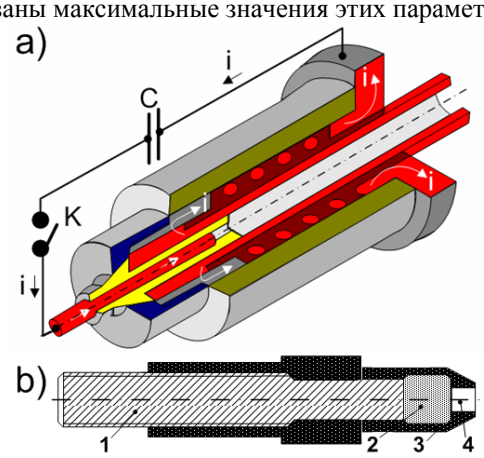


Рис. 1. Конструкция коаксиального магнитоплазменного ускорителя (а) и узла центрального электрода (б)

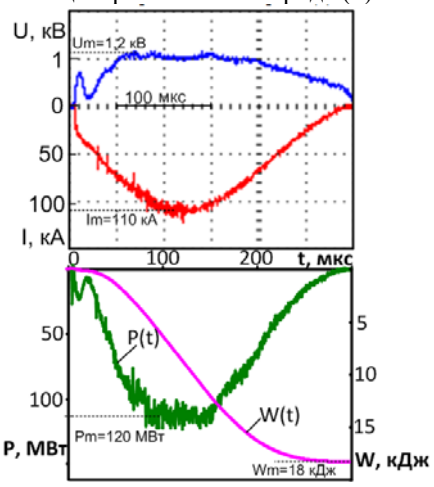


Рис. 2. Осциллограммы и расчетные кривые

При закладке в канал формирования плазменной структуры 1,5 г смеси, после плазменного выстрела собрано около 0,5 г порошкообразного продукта синтеза. Структурно-фазовый анализ ультрадисперсного продукта проведен методами просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ). Данные, полученные на электронном просвечивающем микроскопе Philips CM 12, представлены на рис.3 и 4.

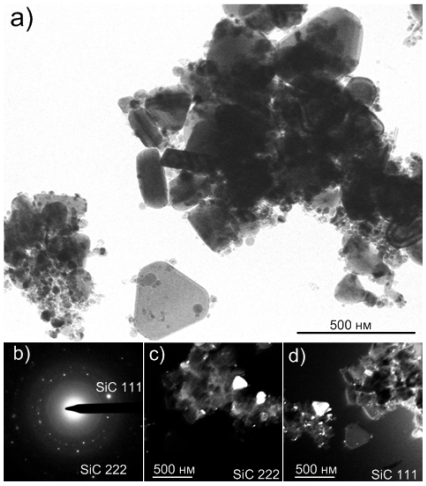


Рис. 3. ТЕМ-снимки продукта синтеза

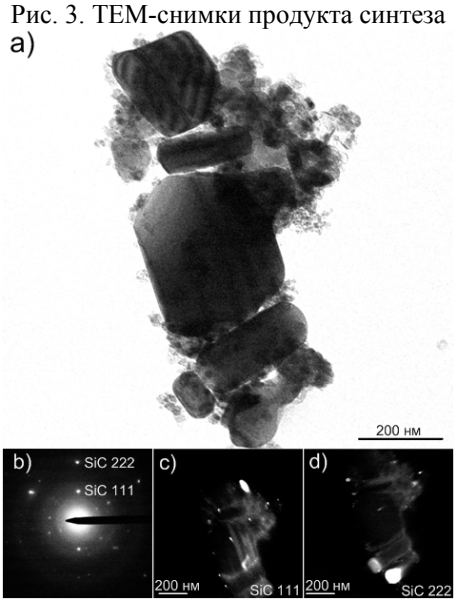


Рис. 4. ТЕМ-снимки продукта синтеза

На светлопольных ТЕМ-снимках (a) этих рисунков видно, что частицы порошка имеют, повидимому, бимодальное распределение по размерам. Доминирующей по объему фракцией являются правильно кристаллографически оформленные частицы относительно больших размеров от 100 до 400 нм. В плане они имеют форму треугольников с усеченными вершинами. Часть таких кристаллов расположена боком, что позволяет оценить их толщину – порядка 100 нм. По картинам электронной дифракции (b) на выделенной области (SAED) и темнопольным ТЕМ-снимкам (c, d) установлено, что такого морфологического типа частицы являются ультрадисперсными монокристаллами карбида кремния кубической сингонии (пространсвенная группа F -4 3 m {216}). В частности, на темнопольных ТЕМ-снимках, снятых при смещении апертурной диафрагмы в области указанных рефлексов {111} и {222}, светятся отражающие плоскости рассматриваемых частиц. Эти наблюдения полностью согласуются с данными работ [7-9], в которых описаны аналогичные объекты, но значительно большего размера от 700 нм до нескольких микрометров, и идентифицированные как кубическая фаза β-SiC.

Содержание в продукте более мелкой фракции, размером до нескольких десятков нанометров, по нашим оценкам, не превышает по объему 10 %. Эти частицы наиболее вероятно представляют собой нанодисперсные фазы кремния и чисто углеродные фазы непрореагировавших материалов прекурсоров.

Таким образом, по итогам исследования конечного продукта методами просвечивающей электронной микроскопии показана принципиальная возможность синтеза карбида кремния (кубической фазы) в струе углеродо-кремниевой плазмы, истекающей из коаксиального магнитоплазменного ускорителя с графитовым электродами в аргоновую атмосферу.

Литература:

1. Андриевский Р.А. Наноразмерный карбид кремния: синтез, структура, свойства. // Успехи химии. - 2009. – № 78 (9). – С.889-900.

2. Wesch W. Silicon carbide: synthesis and processing // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. - 1996. - V.116. - P.305-321.

3. Hwang Kwang-Taek et al. Influence of SiC particle size and drying method on mechanical properties and microstructure of Si_3N_4/SiC nanocomposite. // Mater. Lett. – 1997. - V.32. - P.251-257.

4. Niichara K. New design concept of structure ceramics-ceramic nanocomposites. // J. Ceram. Mc. Jpn. – 1991. – V.99. – P.974-982.

5. Патент РФ № 2431947 Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / Сивков А.А., Пак А.Я. Приоритет от 30.04.2010.

6. Сивков А.А. и др. Математическое моделирование коаксиального магнитоплазменного ускорителя. // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2010. – т.3-4/1. – С.3-13.

7. Raman V. et al. Synthesis of silicon carbide through the sol-gel process from different precursors. // Journal of materials science. – 1995. - V.30 – P.2686-2693.

8. Feng A., Munir Z.A. Effect of an electric field on self-propagating combustion synthesis: Part II. Field-assisted synthesis of β-SiC. // Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy & Mat. Proces. Sci. – 1995. - V.26, No.3– P.587-593.

9. Leparoux S. et al. Synthesis of silicon carbide coating on diamond by microwave heating of diamond and silicon powder: a heteroepitaxial growth. // Scripta Materialia. – 2007. – V.57. – P.595-597.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШЛИКЕРА НА ОСНОВЕ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

Земницкая А.А.[1], Пестрецова Н.Е.[2]
Научный руководитель: Дитц А.А.[2], к.т.н., доцент
[1]ХК НЭВЗ – СОЮЗ, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 220
[2]Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ditts@tpu.ru

В связи с увеличением мощности транзисторов и светодиодов возникает необходимость разработки материалов с высокой теплопроводностью, одним из перспективных материалов является нитрид алюминия (AlN). По коэффициенту теплового расширения керамика из нитрида алюминия близка к кремнию и арсениду галлия, из которых изготавливаются кристаллы полупроводниковых приборов размещаемых на подложках.

В настоящей работе представлены результаты по разработке составов и исследования реологических свойств шликеров алюмонитридной керамики. Экспериментальные составы шликеров разрабатывались с различными спекающими добавками нанопорошков.

В нашей работе в качестве спекающих добавок были выбраны порошок оксида иттрия производства H.C. Starck, и нано порошок нитрида алюминия.

Согласно данным элементного анализа (EDS) порошок нитрида производства H.C. «Starck» содержат кислород, азот и алюминий, по данным рентгенофазового анализа (XRD) фаза нитрида алюминия единственная. Согласно результатам сканирующей электронной микроскопии (SEM), порошок нитрида представлен крупными объемными частицами обломочной формы с размерами до 10 мкм. По данным БЭТ порошок нитрида алюминия производства H.C. Starck имеет площадь удельной поверхности от 2,9 до 3,0 м^2/г.

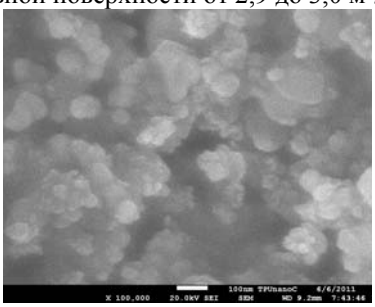


Рисунок 1. Микрофотографии нано порошка нитрида алюминия.

Оксид иттрия фирмы H.C. Starck по данным БЭТ имеет площадь удельной поверхности 18,05 м^2/г. Истинная плотность порошка оксида иттрия производства H.C. Starck 4,95 г/см^3 . Согласно данным элементного анализа (EDS) порошок оксида иттрия H.C. «Starck» содержат кислород, иттрий по данным рентгенофазового анализа (XRD) фаза оксида иттрия H.C. «Starck» единственная.

При приготовление шликера применяли композицию из двух растворителей. В качестве растворителя были использованы этилового спирта и толуол взятые в разных соотношениях соотношении. В качестве связки в работе использовали поливинилбутираль (ПВБ) производства Россия. В качестве пластификатора использовали Santicizer® 160 выпускаемый в промышленных масштабах. Santicizer® 160 является высокоэффективным первичным пластификатором.

Приготовление шликера и литье ленты.

Для изготовления экспериментальных образцов исходные сухие компоненты измельчались и перемешивались на планетарной мельнице (АПФ-3), основная сухая масса перемешивалась с растворителем, диспергатором, пластификатором, связкой и пеногасителем в шаровой мельнице и вакуумировались, полученный шликер отливали на лабораторной установке литья KEKO лентами от 0,3 до 1,0 мм, сушили при 30 0С в течение 2 часов. На рисунке представлена схема литьевой машины.

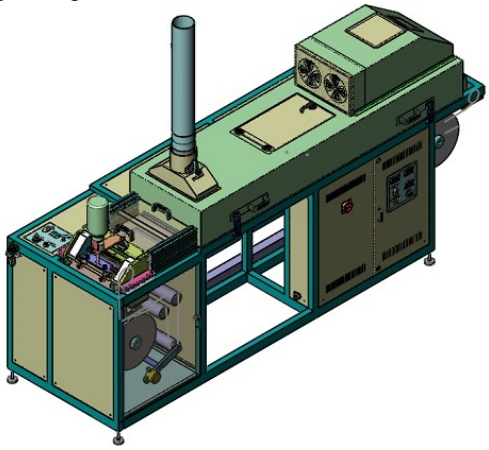


Рисунок 2. Схема литьевой машины.

Качество шликера контролируют по текучести (вязкости), устойчивости, загустеваемости и др. параметрам. Вязкость мы определяли электроротационным вискозиметром серии EXPERT, плотность с помощью ареометров.

Шликер имел плотность 1,5 г/см^3 и вязкость порядка 100 сПа·с. На рисунке 3 представлен концентрационный треугольник, на котором обозначена область исследованных составов. На рисунке 4 представлен график зависимости вязкости от состава. После отливки, лента нарезалась в размер заготовок и ламинировалась, и резали на заготовки.

Рисунок 3. Область исследованных составов.

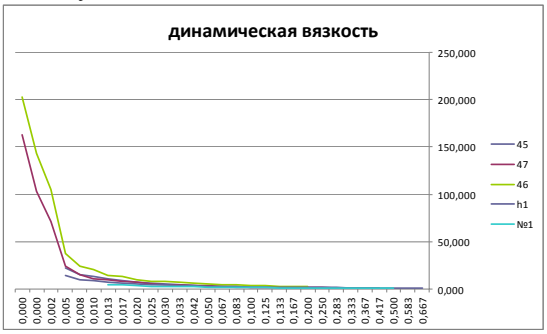


Рисунок 4. Характеристика вязкости шликера.

Исследованы режимы удаления связки из сырых образцов поэтапно в разной газовой средой (кислород до 400 °С и водорода до 1350 °С) и их влияние на характеристики образцов. Так же был исследован режим окончательного обжига алюмонитридных образцов в среде азота при разных режимах подъёма температуры до 1850 °С и временем выдержки при максимальной температуре. Определены характеристики и исследована структура полученной керамики. Образцы имеют электрофизические характеристики удовлетворяющие требованиям современной электроники. На рисунке 5 представлены результаты определения характеристик керамики: плотность, усадка, водопоглощение, пористость.

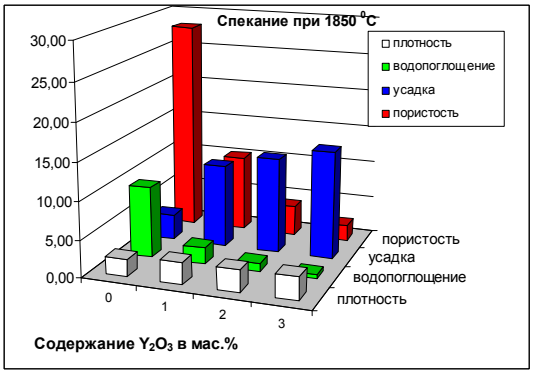


Рисунок 5 Результаты определения характеристик керамики от содержания в ней оксида иттрия.

Согласно полученным закономерностям видно, что при увеличении содержания оксида иттрия в керамике происходит увеличение усадки, и плотности материала. Снижение пористости, водопоглощения.

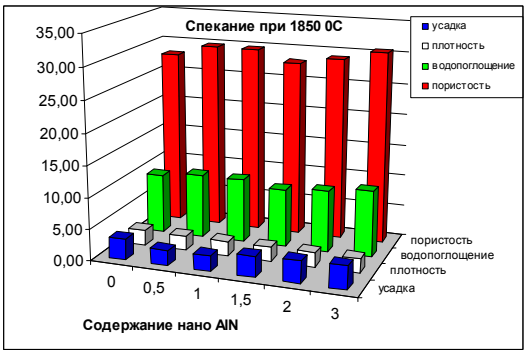


Рисунок 6 Результаты определения характеристик керамики от содержания в ней нано порошка нитрида алюминия.

Согласно полученным закономерностям видно, что при увеличении содержания нано нитрида алюминия в керамике практически не изменяеться пористость, водопоглощение и усадка., при увеличении содержания нано нитрида алюминия в керамике происходит уменьшение плотности.

На рисунке 7 представлена микрофотография поверхности керамического образца с содержанием 5 мас. % оксида иттрия.

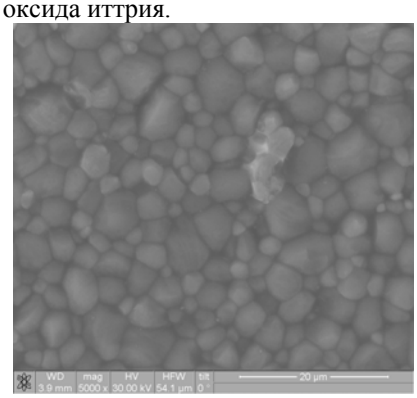


Рисунок 7. Микрофотографии керамики с содержание оксида иттрия 5 мас.%.

Литература:

1. L. Molisani, H. N. Yoshimura, “Low-temperature synthesis of AlN powder with multicomponent additive systems by carbothermal reduction–nitridation method” Materials Research Bulletin 45 (2010) 733–738.
2. А.С. Власов, И.Г. Кузнецова, “Керамика из нитрида алюминия” Труды международной практической конференции “Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее”.

Авторы выражают благодарность Нано-Центру ТПУ за проведение инструментальных исследований.

"Работа поддержана Минобрнауки РФ, Договор №13.G25.31.0021 (18-247/10)"

ТЕХНОЛОГИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

Тюменцев А.А.[1], Громов А.А.[2], Пестрецова Н.Е. [2]
Научный руководитель: Дитц А.А.[2], к.т.н., доцент; Ulrich Teipel[1], профессор
[1] Институт им. Георга Симона Ома, 90489, Германия, г. Нюрнберг, Wassertorstraße 10
[2]Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ditts@tpu.ru

Целью данной работы является разработка составов и исследование свойств шликерных композиций и плёночных материалов на основе AlN.

К материалам каждый год предъявляю новые требования: по легкости, стойкости к коррозии в специальных атмосферах, высокой жесткости и долговечности, чистоте и термостойкости, теплопроводности и т.д. Одним из наиболее перспективных материалов, отвечающих этим требованиям, является нитрид алюминия, который позволил разработать новые технологии в электронике и электротехнике. Материал AlN обладает максимальной теплопроводностью среди керамик, если не считать токсичного оксида бериллия. Сегодня нитрид алюминия формуется практически всеми способами, но получить изделия толщиной менее 1 мм, пригодное для использования в радиоэлектронной промышленности можно только шликерным литьем на основу. Проблема спекания нитрида алюминия связана с ковалентным характером связи и наличием кислорода в составе порошка. В литературе встречается большое количество различных спекающих добавок Y_2O_3, B_2O_3, Li_2O, La_2O_3, $CaCO_3$, Ca и Mg, Dy_2O_3, как правило, все добавки работают по схеме образования эвтектик с оксидом алюминия. В нашей работе в качестве спекающих добавок были выбраны порошки оксида иттрия производства H.C. Starck, нано порошок оксида иттрия производства Латвии.

Согласно данным элементного анализа (EDS) порошок нитрида производства H.C. «Starck» содержат кислород, азот и алюминий, по данным рентгенофазового анализа (XRD) фаза нитрида алюминия единственная. Согласно результатам сканирующей электронной микроскопии (SEM), порошок нитрида представлен крупными объемными частицами обломочной формы с размерами до 10 мкм. По данным БЭТ порошок нитрида алюминия производства H.C. Starck имеет площадь удельной поверхности от 2,9 до 3,0 $м^2/г$.

По данным БЭТ порошок оксида иттрия производства H.C. Starck имеет площадь удельной поверхности 18,05 $м^2/г$. Истинная плотность порошка оксида иттрия производства H.C. Starck 4,95 $г/см^3$.

При приготовлении шликера применяли композицию из двух растворителей. В качестве растворителя были использованы этилового спирта и толуол взятые в разных соотношениях. В качестве связки в работе использовали поливинилбутираль (ПВБ) производства Россия. В качестве пластификатора использовали Santicizer® 160 выпускаемый в промышленных масштабах. Santicizer® 160 является высокоэффективным первичным пластификатором.

Приготовление шликера и литье ленты. Шликер содержит твердую фазу, жидкую фазу и добавки, улучшающие его свойства. Для успешного осуществления литьевого процесса и хорошего качества отливок литейный шликер должен обладать определенными значениями некоторых свойств, к которым относятся вязкость, литейная способность, устойчивость, усадка при охлаждении, относительная плотность отлитой заготовке, механическая прочность отливки.

Приготовление шликера начинается с взвешиванием микродобавок на аналитических весах. Для остальных компонентов мы используем технические весы. Затем помещаем отвешанные материалы в керамический барабан в следующем порядке:

1. твердая фаза: AlN, AlN-nano или Y_2O_3-нано
2. жидкая фаза: этанол, толуол, рыбий жир

Для перемешивания в него загружают корундовые шары в соотношении 1:1 и ставят на валки. Процесс перемешивания длится от 4 до 12 часов, после этого мы добавляем Santicizer® 160 и ставим барабан обратно на валки. Процесс продолжается в течение часа. Этого времени хватает для растворения пластификатора в шликере. Для перемешивания связки (ПВБ), которую мы добавляем в последнюю очередь, требуются дополнительное время от 4 до 8 часов. В процессе перемешивания в керамической массе остаются пузырьки воздуха. Для удаления воздушных пузырьков шликер сливают из барабана через сито с размером ячейки 1 мм, чтобы избавится от крупных частиц поливенилбутераля, если он весь не растворится в растворителе, которые являются причиной брака при литье шликера. Качество шликера контролируют по текучести (вязкости), устойчивости, загустеваемости и др. параметрам. Вязкость мы определяли электроротационным вискозиметром серии EXPERT.

Для отливки вакуумированного шликера использовали литьевую установку (CAM-L252) фирмы KEKO. Готовый шликер подается плавно в литьевое устройство, что бы не вызывать в нем не нужного напряжения. Вытекая на технологическую подложку, шликер проходит через секцию вытяжки, сушильную камеру под вентиляторами охлаждения, получает при этом необходимые механические и физические свойства и образует керамическую пленку, которая затем отделяется плоским ножом от подложки. Сухая керамическая пленка обладает гибкостью и ее, отделив от ленты, можно сматывать.

При определении влияния спекающей добавки на спекание нитрида алюминия применяли планирования эксперимента для оптимизации состава.

Это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. При планировании эксперимента очень важно определить параметр, который нужно оптимизировать. На основании этого строится матрица планирования, в соответствии с которой будет проводиться составление композитов и подготовка образцов к спеканию.

Таблица 1. Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Фактор планирования		
	X_1	X_2	X_3
1	+	+	+
2	-	+	+
3	+	-	+
4	-	-	+
5	+	+	-
6	-	+	-
7	+	-	-
8	-	-	-

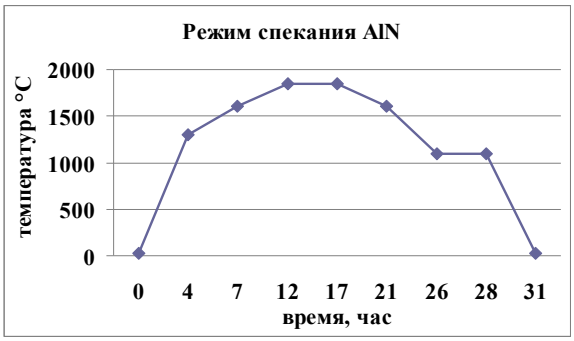
В результате предварительного исследования в качестве факторов планирования были выбраны следующие величины:

X_1 – содержание добавки нано Y_2O_3.

X_2 – содержание добавки нано AlN.

X_3 – температура спекания.

За функцию отклика было выбран плотность материала после спекания, параметр который можно достаточно достоверно измерять. Согласно полученной таблице были приготовлены 8 составов шликера и отлиты в одинаковых режимах. Спекание полученных пленок проводили в высокотемпературной печи с графитовыми нагревателями в среде азота. На рисунке 1 представлен график спекания.



По полученным данным были проведены расчеты коэффициентов уравнения регрессии, определен доверительный интервал. При сравнении доверительного интервала с полученными коэффициентами уравнения регрессии стало видно, что на плотность значимое влияние оказывают температурный фактор и содержание оксида иттрия. При увеличении этих факторов происходит увеличение плотность образцов (96-98%). Нано порошок нитрида алюминия оказывает разрыхляющее действие на спеченные образцы. Происходит снижение плотности спеченных материалов при увеличении содержания нано порошка нитрида алюминия. Далее проводили проверку адекватности модели, используя метод наименьших квадратов. Так же изучали микроструктуру полученных образцов, на рисунке 2 представлена микроструктура спеченной керамики состоящей из нитрида алюминия, и оксида иттрия спеченной при температуре 1800 °С.

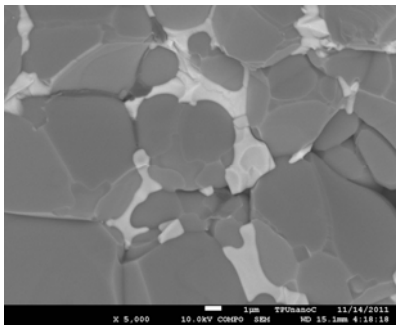


Рисунок 2. Микрофотография структуры спеченной керамики.

Литература:

1. G. N. Howatt, R. G. Breckenridge, and J. M. Brownlow, “Fabrication of Thin Ceramic Sheets for Capacitors”, J. Am. Ceram. Soc., 30 [8] 237-242 (1947)

2. Mistler RE, Twiname ER. “Tape Casting. Theory and practice.” Westerville, OH: The American Ceramic Society; 2000.

3. R. E. Mistler, D. J. Shanefield, and R. B. Runk, “Tape casting”; p. 417 in Ceramic Processing Before Firing, Edited by G. Y. Onoda, Jr. and L. L. Hench. John Wiley & Sons, New York, 1978

4. D. J. Cronin and K. A. McMarlin, “Tape Casting of Dielectric Substrates”; pp. 1963-72 in Ceramic Today-Tomorrow’s Ceramic. Edited by P. Vincenzini. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 1991.

Авторы выражают благодарность Нано-Центру ТПУ за проведение инструментальных исследований.

"Работа поддержана Минобрнауки РФ, Договор №13.G25.31.0021 (18-247/10)".

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ

Петикарь П.В.
Научный руководитель: Корепанов В.И., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: paul_petikar@mai.ru

Введение

Изучение спектров оптического поглощения – один из распространенных способов исследования и анализа материалов и сред [1]. Для этих целей разработано большое количество высокоточных приборов. Спектр поглощения представляется в виде зависимости оптической плотности D или светопропускания T от длины волны λ, частоты v или энергии кванта hv зондирующего излучения, которые для данной λ определяются как

$$D_\lambda = lg\, I_{\lambda 0}/I_\lambda \text{ и } T = I_\lambda/I_{\lambda 0} \cdot 100\%. \quad (1)$$

В стандартных схемах измерения $I_{\lambda 0}$ – интенсивность выделенного монохроматором и проходящего через образец сравнения (или пустое окно) зондирующего излучения, а I_λ – интенсивность излучения прошедшего через образец. При этом промежуток времени между измерениями $I_{\lambda 0}$ и I_λ мал и ошибка в определении $I_{\lambda 0}$ и I_λ за счет изменения со временем параметров чувствительности измерительного тракта низка.

Для исследования нестационарной дефектности при низких температурах на каф. ЛИСТ ТПУ разработан спектрометр, в котором облучение и измерение спектров поглощения и люминесценции образцов производится в гелиевом криостате [2]. В этом случае использовать для измерения стационарного пострадиационного поглощения традиционные схемы измерения и, тем более, промышленные спектрофотометры невозможно.

Цель настоящей работы – разработать методику измерения спектров поглощения кристаллов после облучения наносекундными электронными импульсами при температурах 15 – 350 К в спектральном диапазоне 200 – 1100 нм на базе импульсного оптического спектрометра и исследовать процессы накопления центров окраски в сцинтилляторах на основе кристаллов LiF.

Схемы измерений

Так как образец сравнения при измерениях использовать невозможно, то единственным вариантом определения оптической плотности может быть следующая последовательность действий.

1. После закрепления образца в держателе, откачки и достижения в криостате температуры из интервала 15 – 300 К, производится измерение прошедшего через образец спектра зондирующего излучения. Этот и есть спектральная характеристика зависимости $I_0(\lambda)$.

2. Образец облучается серией импульсов ускоренных электронов и в нем накапливается определенное количество поглощающих излучение дефектов (центров окраски).

3. Затем вновь измеряется спектр прошедшего через образец зондирующего излучения. Этот спектр является спектральной характеристикой зависимости $I(\lambda)$ для данной дозы облучения.

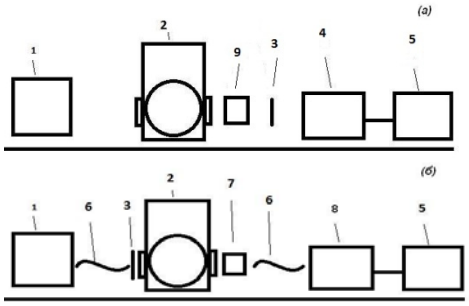
4. По формулам (1) вычисляются зависимости $D(\lambda)$, $T(\lambda)$ – спектры наведенного облучением поглощения, пропускания.

Таким образом, в описанной последовательности $I_0(\lambda)$ определяется только один раз в начале эксперимента. Поэтому высокая точность измерений оптической плотности может быть реализована тогда, когда излучательные характеристики источников света и чувствительность приемника излучения изменяются незначительно за достаточно длительное время проведения эксперимента.

Оборудование и схемы измерений

Для достижения поставленных целей нами были изучены возможности изучения процессов накопления наведенных электронным импульсным облучением центров окраски в оптических материалах при температурах 15 – 350 К путем измерения спектров поглощения непосредственно в криостате с помощью оптоволоконных спектрометров «Avantes» и монохроматоров «ЛОМО».

Рис. 1. Схемы измерения спектров поглощения: а - МДР – 204, б - AvaSpec 3648-USB2. 1 - источник света; 2 - криостат; 3 - линзы; 4 - монохроматор; 5 - компьютер; 6 - световоды; 7 - сфера; 8 - спектрограф; 9 - турель.



На рис. 1, а представлена схема измерения $I(\lambda)$ с монохроматором МДР – 204 (ЛОМО). В качестве источников зондирующего излучения в диапазоне 200 – 1200 нм использовался осветитель с дейтериевой и галогенной лампами, а приемниками излучения служили ФЭУ Hamamatsu R928 и R5108. При измерениях монохроматор, турель светофильтров, источники, фотоприемники управляются, а результаты измерений фиксируются и обрабатываются компьютерами с использованием программного обеспечения для монохроматоров. Свет от источников фокусируется на образце через входное окно криостата и с помощью линзы 3 на входной щели монохроматора. Так как световой поток регистрируется ФЭУ, а светосила монохроматоров МДР – 204 – 1 : 6, то чувствительность измерительного тракта спектрометра высока. Изменение ширины входной и выходной щелей по-

зволяет изменять величину попадающего на приемник потока излучения и регулировать в широких пределах спектральное разрешение установки. Это дает возможность регистрировать слабые световые потоки и измерять спектр с высоким спектральным разрешением (0,2 нм и менее). Однако измерение спектров $I(\lambda)$ путем сканирования по длинам волн требует нескольких минут.

На рис. 1, б представлена схема измерения оптической плотности с помощью оптоволоконного спектрометра AvaSpec 3648-USB2. Он представляет собой полихроматор на дифракционной решетке, построенный по схеме Черни-Турнера. Регистрация разложенного излучения производится 3648 элементной CCD детекторной матрицей в спектральном диапазоне 200 – 1100 нм с обратной линейной дисперсией 1,2 нм/мм. Для зондирования используется комбинированный дейтериево-галогенный источник. Свет от источника направляется на образец через окно криостата с помощью оптоволокна, на конце которого расположена линза. Прошедший через образец свет попадает на вторую линзу, соединенную с другим оптоволокном, по которому он транспортируется в AvaSpec или направляется на входной порт интегрирующей сферы. В спектрометре с помощью CCD детектора фиксируется спектр в диапазоне 200 – 1100 нм. При этом минимальное время записи спектра может быть в пределах 1 – 10 мкс. Несмотря на фиксированные значения спектрального разрешения и более низкую чувствительность этот спектрометр удобен при измерениях источников с интенсивными потоками излучения. Измерения и обработка результатов производится с использованием компьютера и фирменного программного обеспечения.

Определение стабильности параметров и характеристик спектрометров

Для определения стабильности параметров и характеристик спектрофотометров были определены погрешности измерения светового потока от источников зондирующего излучения из 10 значений полученных подряд и через интервал в 1 час. Случайную погрешность определяли по среднему квадратическому отклонению результата измерений $S(\tilde{A})$. Среднее квадратическое отклонение результатов измерений при λ = 550 нм, сделанных подряд, составила 0,1% для МДР – 204 и 0,07% для AvaSpec. При измерениях, сделанных с промежутком в один час, среднее квадратическое отклонение результатов измерений составило 0,5% для МДР – 204 и 0,3% для AvaSpec.

Накопление центров окраски в сцинтилляторах на основе кристаллов LiF

С помощью разработанных схем были изучены спектры поглощения чистых и содержащих примеси кислорода и оксидов металлов кристаллов LiF (LiF-O, LiF-Fe_2O_3, LiF-WO_3, LiF-TiO_2) при 300 К после облучения электронами, а также дозная зависимость эффективности накопления центров.

На рис. 2 показаны спектры поглощения кристаллов после облучения серией наносекундных электронных импульсов (320). Доза за импульс – 265 Гр. Видно, что в спектрах облученных кристаллов преобладают F-, F_2-, F_3-, F_2^--центры окраски с полосами поглощения при 245 нм, 450 нм, 320 – 380 нм и 626 нм, соответственно. Типичные дозные зависимости в координатах D – количество импульсов (n) для F_2-центров приведены на рис. 3.

Из результатов исследований следует, что эффективности накопления F_2-, F_3-, F_2^--центров окраски выше, а F-центров ниже в кристаллах с примесями оксидов металлов. То есть, введение оксидов металлов приводит к тому, что изменяется константа равновесия между F- и F-агрегатными центрами окраски в пользу последних.

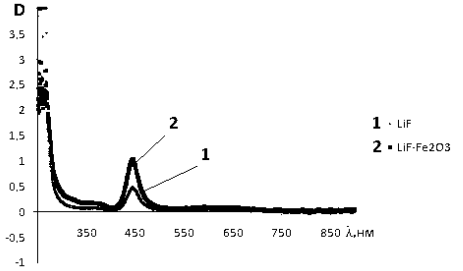


Рис. 2. Спектры поглощения кристаллов LiF и LiF-TiO_2 (320 импульсов)

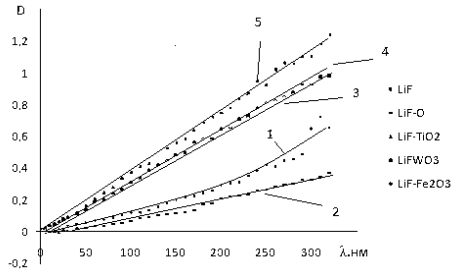


Рис. 3. Кинетики накопления F_2-центров окраски в кристаллах LiF

Выводы

1. Показано, что разработанные схемы измерений спектров поглощения с использованием монохроматора МДР – 204 и спектрометра AvaSpec обладают высокой точность и стабильностью.

2. Установлено, что введение в кристаллы LiF оксидов тяжелых металлов приводит к перераспределению эффективности накопления при 300 К в пользу F-агрегатных центров окраски.

Литература:

[1] Основы аналитической химии: в 2 кн. Методы химического анализа: учебник для вузов / под ред. Ю.А. Золотова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2004. – Кн. 2. – 503 с: ил.

[2] Лисицын В.М., Корепанов В.И. Спектральные измерения с временным разрешением. – Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 94 с.

СТАДИЙНОСТЬ РАЗВИТИЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН В ДВУХСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТАХ

Попкова Ю.Ф., Елсукова Т.Ф.
Научный руководитель: Елсукова Т.Ф., д.ф.-м.н., профессор
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, Россия, г.Томск, пр.Академический, 2/4
E-mail: yusik_p@mail.ru

В рамках многоуровневого подхода физической мезомеханики исследован механизм распространения усталостных трещин в поверхностном слое плоского образца при знакопеременном изгибе. Показано, что необходимость совместности поворотных мод пластических сдвигов в поверхностном слое и аккомодационной упругой деформации в подложке определяет развитие усталостной трещины как нелинейного автоволнового процесса поворотного типа.

В качестве материалов исследования использовали тонкие фольги поликристалла алюминия А999, наклеенные на плоские образцы технического алюминия А7 и титана ВТ1-0. Последнее позволяет при внешнем напряжении, близком к пределу текучести фольги, проводить её нагружение заведомо в условиях пластической деформации при упругой деформации подложки. При этом в режиме многоцикловой усталости в фольге удается реализовать сверхвысокие степени интенсивной пластической деформации. Нагружение проводили при комнатной температуре знакопеременным изгибом в режиме многоцикловой усталости.

В процессе нагружения двухслойных образцов изучали изменение трёхмерного профиля деформационного рельефа, возникающего на лицевой (свободной) поверхности фольги, которая может пластически деформироваться в перпендикулярном к ней направлении. Обратная поверхность фольги фиксирована клеевым соединением и пластически деформироваться не может, как следствие, не может развиваться и разрушение закрепленной фольги. Поэтому при очень большой степени деформации фольгу отклеивали и изучали деформационный рельеф и развитие трещин на её обратной поверхности, формирующихся под действием накопившихся в ней сверхвысоких напряжений со стороны жесткой упруго нагруженной подложки.

Как показано в [1,2] на лицевой поверхности фольги при большом числе циклов нагружения (до 10^8) выявлены сильно выраженные:

- рельеф в виде грубой полосовой структуры и длинноволновой модуляции кривизны поверхности;
- эффекты аномального массопереноса (высокая пористость, локальное «холодное растворение» материала фольги, формирование тонкой поверхностной пленки химического соединения Al-S-O-C);
- некристаллографическая самоорганизация полос локализованной деформации в условиях интенсивной пластической деформации.

На обратной поверхности фольг, отклеенных после указанного числа циклов нагружения, микропористость и другие эффекты аномального массопереноса отсутствуют как следствие наличия здесь при нагружении сжимающих напряжений. Формируется, как и на лицевой поверхности, грубая складчатая мезоструктура, но преимущественно в приграничных зонах, где наиболее развит изгиб зерен как целого.

Наиболее же ярким и характерным для обратной поверхности отклеенной фольги являются зигзагообразные одиночные сдвиги недислокационной деформации как эффект распространения мезополос локализованной пластической деформации по сопряженным направлениям максимальных касательных напряжений. Выделить этот механизм пластической деформации поверхностного слоя на обратной стороне отклеенной фольги удалось благодаря тому, что на него не наложились изменения деформационного рельефа, связанные с другими механизмами пластической деформации, как это происходит на лицевой поверхности в процессе нагружения. Этот экспериментальный факт свидетельствует о том, что локализация деформации и её самоорганизация на мезомасштабном уровне контролируются полем максимальных касательных напряжений и вызванных ими поворотными модами деформации.

Необходимость совместности зигзагообразных мезополос локализованной пластической деформации поворотного типа с упруго нагруженной подложкой определяет развитие усталостной трещины, которая распространя-

ется в одной из зигзагообразных мезополос (рис.1,а). Методом полей векторов смещений показано, что механизм возникновения поверхностных усталостных трещин на мезоуровне связан с эффектом поворота пластически деформирующегося поверхностного слоя относительно упруго нагруженной подложки.

Зарождаются трещины в зонах всестороннего растяжения на фоне сложной системы локализованных полос пластической деформации, сильного гофрирования и изгиба обратной поверхности фольги. Эти эффекты реализуются под действием накопившихся здесь при нагружении мощных сжимающих напряжений со стороны жесткой подложки.

В зонах перед вершиной трещины (рис.1,б) стеснённый характер поворотных мод деформации приводит к формированию трансляционно-ротационного мезовихря полос локализованной деформации с фрагментацией материала. Эволюция распространения трещины определяется квазипериодическим чередованием цикла «локализованный мезовихрь – раскрытие трещины», т.е. квазипериодическим формированием и релаксацией мезоконцентраторов напряжения в её вершине. Формирование мезовихря фрагментированного материала в вершине трещины определяется её взаимодействием с упруго нагруженной подложкой. Методом лазерной профилометрии установлено сильное углубление материала в зонах трансляционно-ротационных вихрей (рис.1, б, в), что связано с развитием в этих зонах гидростатического растяжения. Через эту зону «разрыхленного» фрагментированного материала распространяется усталостная трещина как поворотная мода деформации, релаксируя упругое поле в подложке, созданное мезовихрем в фольге.

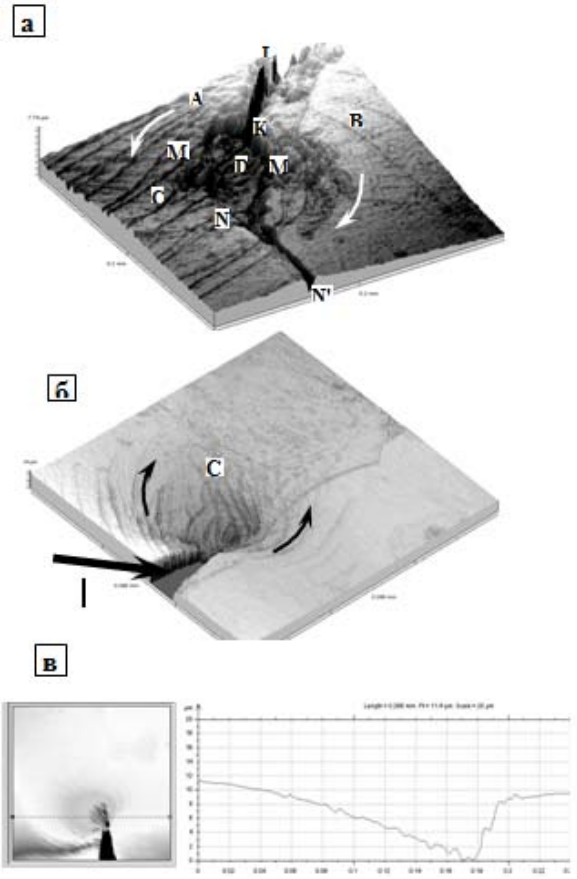


Рис.1. A999/A7, профилометрическая картина локальной зоны объемного растяжения в вершине трещины (а, б) и заглубление поверхности в зоне вершины трещины, профилограмма (в). N=1,8×10⁷ циклов.

Литература:

1. Панин В.Е., Елсукова Т.Ф., Егорушкин В.Е., Ваулина О.Ю., Почивалов Ю.И. Нелинейные волновые эффекты солитонов кривизны в поверхностных слоях поликристаллов высокочистого алюминия при интенсивной пластической деформации. Ч.I. Эксперимент // Физ. мезомех. – 2007. – Т.10. - №6. – С.21-32.

2. Панин В.Е., Елсукова Т.Ф., Ваулина О.Ю., Почивалов Ю.И. Нелинейные волновые эффекты солитонов кривизны в поверхностных слоях поликристаллов высокочистого алюминия при интенсивной пластической деформации. Ч.II. Роль граничных условий, интерфейсов и неравновесности деформированного состояния // Физ. мезомех. – 2008. – Т.11. - №5. – С.17-26.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ПОРОШКА НИТРИДА АЛЮМИНИЯ В СИСТЕМЕ «АЗИД НАТРИЯ – ФТОРИД АЛЮМИНИЯ»

Попова А. В., Титова Ю. В., Шиганова Л. А.
Научный руководитель: Бичуров Г. В. д.т.н., профессор
Самарский государственный технический университет,
443100, Россия, г. Самара ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: titova600@rambler.ru

Нитрид алюминия представляет интерес благодаря таким свойствам как: высокая удельная теплопроводность (320 $Вт \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$); высокое удельное сопротивление (> 10^{11} Ом); низкий коэффициент теплового расширения ($4{,}3 \cdot 10^{-6} К^{-1}$); низкая диэлектрическая проницаемость. Комплекс перечисленных свойств делает нитрид алюминия незаменимым для использования в качестве материала электронных подложек и упаковки интегральных схем, что позволяет решить проблему тепловых соответствий между полупроводником и подложкой и охлаждения мощных электронных устройств, вызванных миниатюризацией техники. Однако использование нитрида алюминия ограничено из-за высоких издержек его производства.

1.2.1.1.1.1Нитрид алюминия традиционно получают непосредственным азотированием порошка алюминия. Характерная особенность процесса синтеза нитрида алюминия – необходимость нагревания исходных порошков до высоких температур. Особенностью азотирования порошка алюминия является образование на поверхности частиц оксидных пленок, которые удаляются в результате образования летучих низших оксидов. Полнота реакции азотирования алюминия, покрытого оксидной пленкой, существенно зависит от ее толщины и состояния в момент реакции.

Следует отметить, что при проведении синтеза происходит спекание металлических порошков до азотирования, которое существенно снижает качество продуктов. Последующее дробление и измельчение спеков еще больше снижает качество за счет увеличения содержания примесей железа и кислорода в продуктах. Производительность процесса при этом снижается.

Целью данной работы является исследование возможности синтеза нанопорошка нитрида алюминия методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с применением неорганических азидов (СВС-Аз).

Стехиометрическое уравнение реакции получения нитрида алюминия в режиме СВС-Аз выглядит следующим образом:

$$AlF_3 + 3NaN_3 \rightarrow AlN + 3NaF + 4N_2\uparrow \qquad (1)$$

В данной работе исследовались зависимости температуры и скорости горения смеси исходных компонентов в условиях лабораторного реактора постоянного давления (рис. 1), химического и фазового составов продуктов реакции от давления газообразного азота в реакторе, относительной плотности смеси и диаметра образца.

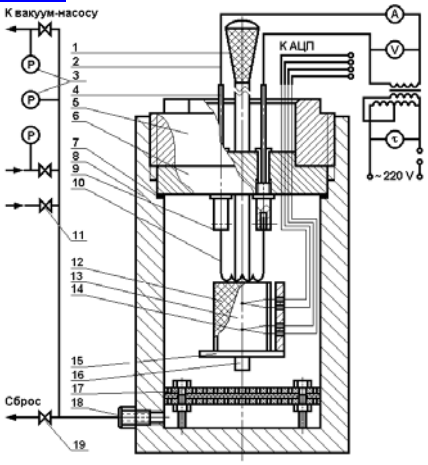


Рис. 1. Лабораторный реактор СВС-Аз постоянного давления:
1 – ручка; *2* – система воспламенения; *3* – приборы контроля (манометр, вакуумметр); *4* – электроконтакт; *5* – опорная гайка; *6* – грибковый затвор; *7* – уплотнительное резиновое кольцо; *8* – корпус; *9* – держатель спирали; *10* – инициирующая вольфрамовая спираль; *11* – вентиль М-14; *12* – фильтрующая сборка; *13* – образец исходной смеси; *14* – вольфрам-рениевая термопара; *15* – подвижная предметная полочка; *16* – направляющая стойка; *17* – фильтрующая сборка; *18* – штуцер М-24 (для ввода и сброса газа); *19* – вентиль М-24

Для установления возможности горения смеси исходных компонентов были проведены термодинамические расчеты с помощью программы «Thermo», которые показали, что химическая реакция взаимодействия между азидом натрия и фторидом алюминия является экзотермичной. Максимальные тепловыделение и адиабатическая температура наблюдаются при давлении 4 МПа и составляют соответственно 1447 кДж и 1409 °С. Ожидаемым продуктом синтеза является нитрид алюминия.

Зависимость температуры и скорости горения от давления внешнего азота в реакторе исследовалась на образцах системы «AlF_3-$3NaN_3$» диаметром 30 мм при насыпной плотности исходной смеси ($\delta = 0{,}34$) и стехиометрическом соотношении компонентов. Результаты исследования данной зависимости представлены на рисунке 2. На каждую точку представленных ниже зависимостей в данной работе проводилось не менее 5 экспериментов.

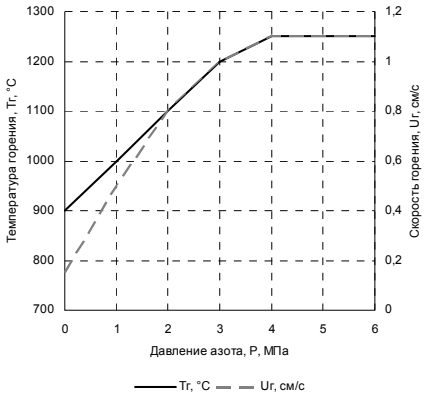


Рис. 2. Зависимость температуры и скорости горения смеси от давления азота

Максимальная температура горения составляет 1250 °C, максимальная скорость горения – 1,1 см/с. Фазовый состав промытых продуктов горения представляет собой смесь нитрида алюминия и гексафторалюмината натрия, количество которого уменьшается с увеличением давления внешнего азота в реакторе. Из представленных результатов можно сделать вывод о том, что исходя из температуры, скорости горения и количества нитрида алюминия в промытых продуктах горения оптимальным давлением является значение 4 МПа, которое было использовано для дальнейших исследований системы «AlF_3-3NaN_3».

Зависимость температуры и скорости горения от относительной плотности исходной смеси исследовалась в среде азота на образцах системы «AlF_3-3NaN_3» диаметром 30 мм при давлении азота в реакторе 4 МПа и стехиометрическом соотношении компонентов в системе. Результаты исследования данной зависимости представлены на рисунке 3.

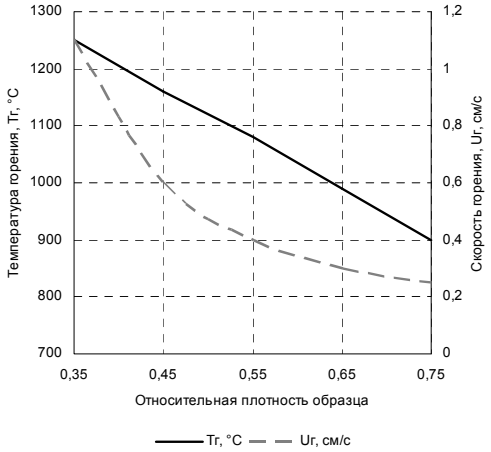


Рис. 3. Зависимость температуры и скорости горения смеси от относительной плотности образца

Из рисунка 3 видно, что с увеличением относительной плотности исходной шихты от 0,34 до 0,75 температура и скорость горения снижаются. Незначительное снижение параметров горения можно объяснить уменьшением порового пространства между частицами исходной шихты, что затрудняет выход побочных продуктов синтеза, и образующийся в зоне прогрева NaF разбавляет смесь NaN_3 и AlF_3. Выход нитрида алюминия практически не зависит от относительной плотности. Наивысшие значения содержания азота в продукте достигаются при использовании исходной смеси в насыпном виде. На основании полученных результатов и из технологических соображений, связанных с использованием прессового оборудования, для дальнейших исследований целесообразно использовать насыпную плотность шихты.

Исследование процесса горения исходных систем и синтеза нитрида алюминия при различном диаметре образцов проводились по уравнению химической реакции (1) при давлении внешнего азота 4 МПа, насыпной плотности шихты и стехиометрическом соотношении компонентов. Результаты исследований представлены на рисунке 4.

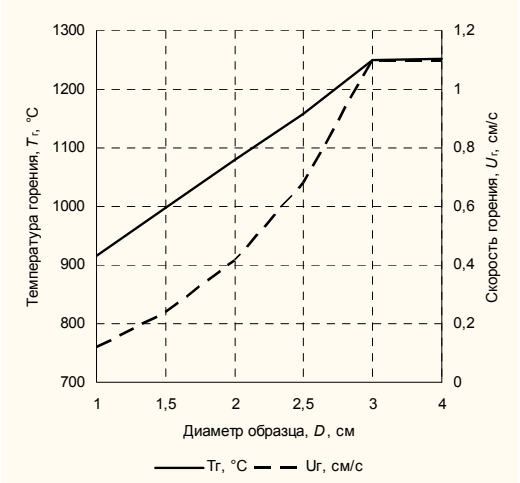


Рис. 4. Зависимость температуры и скорости горения смеси от диаметра образца

Как видно из зависимости, приведенной на рисунке 4 температура и скорость горения системы «AlF_3-3NaN_3» с увеличением диаметра образца возрастают, приобретая максимальные значения при диаметре образца 3 см. На основании полученных результатов для дальнейших исследований системы «AlF_3-3NaN_3» был выбран диаметр образца 3 см.

Конечный продукт исследовался с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6390A и электронного дифрактометра ARL X'trA-138. Морфология частиц синтезированного порошка представляет собой прямые волокна без ответвлений диаметром от 40 до 100 нм и длинной несколько микрометров.

Таким образом, исследуемая в данной работе система позволила синтезировать порошок нитрида алюминия в виде нановолокон.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МЕДНЫХ СТЕНОК КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

Пшеничников А.П., Колесникова К.А., Белюк С.И.
Научный руководитель: Белюк С.И., к.т.н., в.н.с.
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, Россия, пр.Академический, 2/4
E-mail: pap@ispms.tsc.ru

Известно, что в металлургическом производстве значительную часть себестоимости продукции составляют затраты на ремонт агрегатов, сменное оборудование и запасные части. В связи с этим задача повышения износостойкости быстроизнашивающихся деталей металлургических агрегатов, работающих в особо жестких условиях нагрева, напряжений, агрессивных сред и других неблагоприятных факторов, в настоящее время является наиболее актуальной.

В связи с этим важнейшей проблемой в черной металлургии является повышение износостойкости медных стенок кристаллизатора машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Это связано с тем, что медь, имеющая высокую теплопроводность, обеспечивает быстрое формирование корочки металла на поверхности образующегося слитка. При движении металла через кристаллизатор в зоне взаимодействия поверхностей идет значительный абразивный износ меди, приводящий к изменению исходной геометрии кристаллизатора. Пройдя 4-8 циклов использования после механической обработки, медные стенки утилизируются. Существует несколько подходов решения проблемы кристаллизатора, в числе которых разработчиками особое внимание уделяется легированию меди, изменению конструкции кристаллизатора и т.д. Предлагаемый в настоящее время электролитический метод никелирования и хромирования поверхности медного кристаллизатора, отработанный в Германии и США, является дорогостоящим и не экологически чистым. В России же на данный момент используются кристаллизаторы без поверхностного упрочнения из-за отсутствия технологий их упрочнения.

Целью работы является исследование возможности создания упрочняющих покрытий на медных стенках кристаллизатора методом электронно-лучевой наплавки в вакууме.

Известно, что большие значения тепло- и температуропроводности меди создают высокие градиенты температуры и скорости охлаждения, а также определяют малое время существования жидкометаллической ванны на поверхности подложки. Для устранения этих явлений требуется применение повышенной погонной энергии (в случае электронно-лучевой наплавки - увеличение плотности мощности пучка) или предварительного подогрева [1,2]. В связи с этим в настоящей работе было исследовано также влияние подогрева медной основы на формирование структуры и свойств наплавляемого покрытия.

Материалы и методика исследований

Для отработки технологических режимов нанесения покрытий на тонкостенные изделия из меди наплавку производили на медные подложки размером 50×20×10 мм. Подложки были предварительно очищены азотной кислотой для удаления окислов и других загрязнений. Наплавку производили на установке «Луна - 1» при рабочем давлении P=10-1 Па. Необходимая толщина покрытия (3 мм) достигалось за 6 проходов (количество проходов зависит от скорости перемещения подложки и от порций подаваемого порошка).

Результаты испытаний и их обсуждение:

Металлографические исследования показали, что при наплавке Ni-Cr-сплава на медную подложку с применением подогрева в интервале температур 100÷300 ^{0}C сформировались покрытия с мелкодисперсной структурой и микротвердостью Hμ=4100 МПа. Однако, на границе раздела «подложка - покрытие» образуются клиновые микротрещины, локализованные в переходной зоне покрытия, особенно резко выраженные при подогреве подложки до 300 ^{0}C. Причины их появления - возникающие внутренние напряжения из-за высокой скорости кристаллизации образующегося на подложке расплава и разница в коэффициентах термического расширения материалов подложки и покрытия. Иная картина наблюдается при наплавке покрытий, полученных при подогреве медной подложки до температур 500 и 700 ^{0}C, когда происходит сильное конвективное перемешивание расплава покрытия и материала подложки, в результате чего до 20 мас % меди выносится в материал покрытия, изменяя марочный состав исходного материала. При этом формируется бездефектное покрытие, свободное от трещин и пор, что, на наш взгляд, связано с уменьшением скорости кристаллизации расплава на поверхности подложки. В результате подогрева медных подложек формируется более крупная дендритообразная структура γ- твердого раствора на основе Ni с пониженной микротвердостью Hμ=3700 МПа без трещин и дефектов на границе раздела. В структуре всех покрытий, по данным РФА, содержится тригональный карбоборид $Me_7(CB)_3$ в виде скелетообразных дендритов, содержание которого определяет твердость и износостойкость упрочненного слоя покрытия после наплавки.

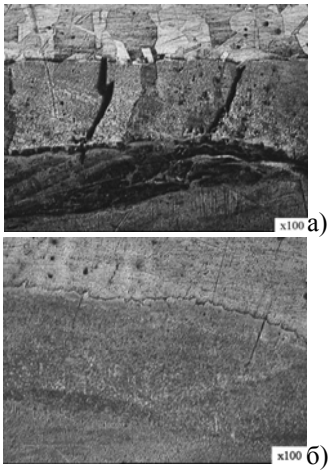


Рис.1. Микроструктура границы раздела наплавленного образца при подогреве медной подложки до 300 ºС(а), 700 ºС(б).

Анализ кривых микротвёрдости показывает, что размер упрочненной зоны наплавленного покрытия увеличивается с повышением температуры нагрева подложки с 0,35 мм (при $T_{подл.}$=100 ^{0}C) до 1,6 мм (при $T_{подл.}$=700 ^{0}C), что можно связать с появлением большого количества жидкой фазы и перемешиванием материала покрытия с материалом подложки. При подогреве подложки до 100 ^{0}C формируется градиентная структура с плавным повышением микротвёрдости с Hμ=1750 МПа на границе раздела до Hμ=2570 МПа на поверхности покрытия. Примерно такая же картина распределения микротвёрдости наблюдается в покрытиях, полученных при подогреве медной подложки до 300 и 500 ^{0}C. Покрытие, нанесённое на подложку при T=700 ^{0}C, отличается более однородной структурой с равномерным распределением микротвёрдости по глубине наплавленного слоя (Hμ=3000-3500 МПа).

Результаты испытания на абразивный износ (ГОСТ 23.208-79) ЭЛН-покрытий на основе Ni-Cr сплава показали, что их износостойкость в 2-3 раза превышает износостойкость покрытий, полученных электролитическим осаждением при никелировании, и в 5 раз выше износостойкости меди. Максимальные значения коэффициента износостойкости ($К_и$=6,7) имеют образцы, наплавленные на медную подложку, подогретую до температуры 700 ^{0}C.

Выводы

На опытных образцах показана принципиальная возможность применения электронно-лучевой технологии для упрочнения боковых стенок кристаллизатора МНЛЗ нанесением упрочняющих покрытий из никель-хромового сплава.

Установлены оптимальные технологические режимы электронно-лучевой наплавки (плотность мощности луча, геометрия развертки, скорость наплавки), при которых формируются наиболее качественные покрытия, обладающие высоким уровнем твердости (Hμ=5600-6500МПа) и износостойкостью, превышающую износостойкость меди в 3-5 раз (3-5 $К_и$). Во столько же следует ожидать и увеличения эксплуатационной стойкости стенок медного кристаллизатора МНЛЗ после ЭЛН.

Показано, что пониженная жидкотекучесть расплава, формируемого при электронно-лучевой наплавке, требует дополнительного тепловложения (увеличения плотности мощности луча, предварительного подогрева подложки до температуры 500°C).

Полученные положительные результаты по использованию технологии электронно-лучевой наплавки никель-хромовых покрытий на поверхность медных стенок кристаллизатора являются основанием для продолжения исследования в плане дальнейшей оптимизации технологических режимов ЭЛН, составов, структуры и свойств системы «медная подложка-покрытие».

Литература:

1. Якушин В.Л., Калин Б.А. Модификация материалов при воздействии концентрированных потоков энергии и ионной имплантации (Часть1. Физико-химические основы и аппаратура).-М.:МИФИ,1998.-88с.

2. Панин В.Е., Белюк С.И., Дураков В.Г., Прибытков Г.А., Ремпе Н.Г. Электронно- лучевая наплавка в вакууме: оборудование технология, свойства покрытий// Сварочное производство,2000.-№2.-С34-38.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ БРОНЗЫ БРОС10-10

Семенков И.В., Мартюшев Н.В.
Научный руководитель: Мартюшев Н.В.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: semenkov.ilya@gmail.com

Свинцово-оловянистые бронзы обладают высокой прочностью и упругостью, хорошей пластичностью, коррозионной стойкостью, высокими антифрикционными свойствами и износостойкостью. Эти бронзы имеют высокую жидкотекучесть, хорошо заполняют литейную форму и имеют незначительную, объемную усадку, что позволяет получать отливки сложной формы с резкими переходами от тонких сечений к широким.

Многофазные свинцовистые бронзы используются в машиностроении для изготовления изделий с высокими антифрикционными и противозадирными свойствами, например, подшипников скольжения. Но в ряде случаев детали из таких материалов разрушаются вследствие недостаточно высокой прочности. Свинец практически не растворяется ни в одном из компонентов таких бронз и образует включения, значительно снижающие прочностные характеристики бронзы. На прочность бронз будет влиять не только количество свинца, но также форма и размер свинцовых включений, формирование которых определяется рядом технологических факторов (температурой заливки, скоростью охлаждения и др. /1,2/). Вопросы формообразования свинцовых включений в многокомпонентных бронзах и влиянии морфологии таких включений на некоторые механические свойства рассматриваются в работе /3/. Однако в работе не рассматривается вопрос о влиянии такой формы свинцовых включений на предел прочности отливок.

В данной работе изучалось влияние условий кристаллизации на микроструктуру и предел прочности свинцово-оловянных бронз марки БрОС 10-10. Исследуемая бронза выплавлялась в высокочастотной индукционной тигельной печи ВЧГ2-100/0,066 из технически чистых компонентов в тигле из силицированного графита. Состав шихты этой бронзы приведен в таблице 1.

Раскисление проводилось фосфористой медью перед закладкой свинца в расплав.

Температуру заливки составляла 1150°С и контролировалась быстродействующим оптическим пирометром ТПТ-90 с лазерным наведением.

Таблица 1. Содержание элементов % масс.

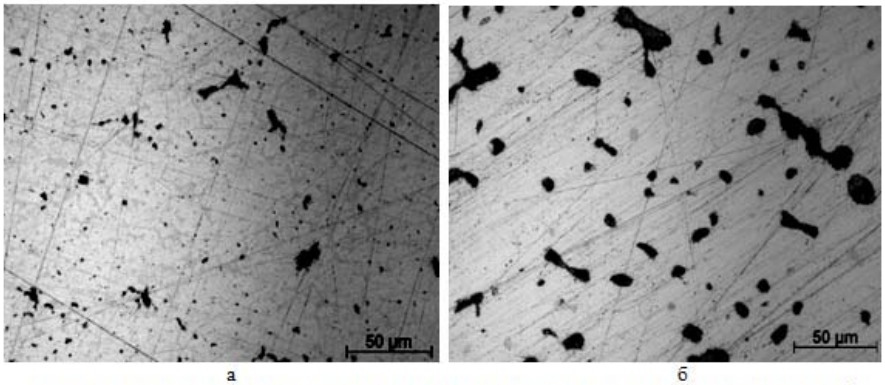
Марка бронзы	Содержание элементов, % масс			
	Pb	Cu	Sn	Раскислитель
БрОС-10-10	10	79,5	10	0,5

Заливка проводилась в холодные графитовые формы при температуре 20°С после чего они охлаждались на воздухе (скорость охлаждения ~158 °С/с) и в горячие формы, нагретые до 200, 400, 600 и 800°С, которые охлаждались вместе с печью. Отливки представляли собой цилиндры с диаметром 17 мм и высотой 70 мм.

Микроструктура образцов изучалась на оптическом микроскопе ZEISS AXIO Observer.A1m со встроенной фотокамерой и ZEISS Axiovert 40 MAT, травления шлифов не проводилось. Количественные характеристики микроструктуры (процент структурных составляющих и их средний размер) определяли с помощью разработанной компьютерной программы /4/.

Предел прочности рассчитывали с использованием современной испытательной машины МИРИ-100К (Россия) с компьютерным управлением и расчётом механических характеристик. Механические характеристики определяли при использовании схемы одноосного растяжения по ГОСТ 1497-84 на цилиндрических образцах с галтелями типа III с диаметром рабочей части 5 мм.

Проведенные металлографические исследования показали, что в результате изменения скоростей охлаждения формируется различная морфология включений легкоплавкой фазы в отливках в соответствии с данными изложенными в /3/. Высокая скорость охлаждения привела к образованию большого количества мелких разветвленных включений свинца с рваной межфазной поверхностью и большого количества эвтектоида (см. рис. 1-а). Низкая скорость охлаждения отливок привела к образованию в структуре сферообразных включений легкоплавкой фазы с гладкой межфазной поверхностью (см. рис. 1-б) и небольшого количества эвтектоида (фаза серого цвета).



а б

Рис.1 Микроструктура бронзы марки БрОС 10-10 залитых в форму: а – с температурой 20 ^{0}С (скорость охлаждения 158 ^{0}С/с); б - с температурой 800 ^{0}С (скорость охлаждения 10 ^{0}С/с).

Данные механических испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние скорости охлаждения на содержание эвтектоида бронзы БрОС 10-10

Скорость охлаждения отливки, ^{0}С/с	Температура нагревы формы, ^{0}С	Содержание эвтектоида, %	Предел прочности, МПа
158	20	15	264,1
137	200	12	252,3
43	400	7	247,7
25	600	5	195,4
10	800	3	181,5

Зависимость предела прочности от скорости охлаждения отливки представлена на рис. 2.

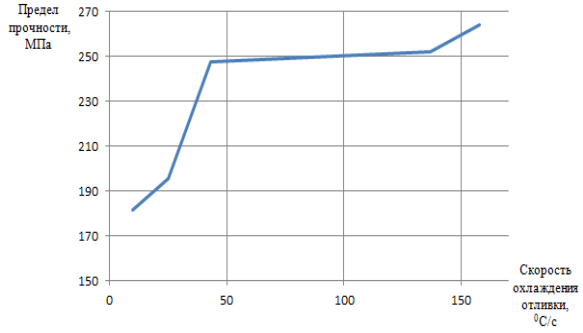


Рис.2 Зависимость предела прочности от скорости охлаждения отливки

Как видно из табл. 2 и рис. 2, уменьшение скорости охлаждения расплава приводит к уменьшению содержания эвтектоида в образцах. Так, при уменьшении скорости охлаждения в 16 раз количество эвтектоида уменьшилось в 5 раз.

В работе /3/ говорится о том, что сфероидизация свинцовой фазы для бинарных свинцовистых бронз приводит к улучшению механических свойств. Однако, для свинцово-оловянистых бронз при низких скоростях охлаждения параллельно со сфероидизацией свинца идёт процесс уменьшения количества эвтектоида. В бронзе БрОС 10-10 эвтектоид формируется на основе электронного соединения Cu_8Sn_{31}, которое обладает большей твёрдостью, чем основная матрица отливки образца. Таким образом, при малых скоростях охлаждения, с одной стороны, за счёт сфероидизации свинца должно происходить улучшение механических свойств, с другой стороны, за счёт уменьшения количества эвтектоида, который обладает высокой твёрдостью, механические свойства должны ухудшаться. Как видно из табл.2 и рис.2, при уменьшении скорости охлаждения отливки предел прочности уменьшается. Отсюда можно сделать вывод о том, что на механические свойства свинцово-оловянистых бронз решающее влияние оказывает количество эвтектоида, а не форма и размер включений свинца.

В итоге по результатам исследований была установлена и объяснена зависимость между скоростью охлаждения отливки и пределом прочности свинцово-оловянистой бронзы БрОС 10-10.

Литература:

1. Корчмит А.В., Егоров Ю.П. Влияние температуры заливки на структуру и свойства пятикомпонентной оловянистой бронзы, отлитой в литейные формы с разной теплопроводностью. / Сб.тр. IX Международной научно-практической конференции «Современная техника и технологии». Томск: STT, 2003.– С. 46–47.
2. Горшков И. Е. Литье слитков цветных металлов и сплавов : учебное пособие – М. : Металлургиздат, 1952. – 416 с.
3. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Егоров Ю.П. Производство поршневых колец компрессоров высокого давления. // Литейное производство. – 2008 – №8 – с. 24-25.
4. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П., Утьев О.М. Компьютерный анализ структуры материалов. Сборник докладов. 8-я Международная научно-практическая конференция. Современная техника и технологии СТТ′2002-ТПУ, 2002.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сенатова О.А.
Научный руководитель: Люкшин Б.А., д.т.н., профессор
Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36
E-mail: senatova2@rambler.ru

Создание новых полимерных композиционных материалов происходит практически ежедневно. Определение их эффективных характеристик зачастую представляет сложность гораздо большую, чем разработка материала. Существует большое количество теоретических формул для определения эффективных характеристик композиционных материалов, но все они основаны на данных, полученных опытным путем. Существенным их недостатком является отсутствие предсказательной силы. Актуальность данной работы заключается в том, что при использовании методов вычислительной механики отпадают ограничения, присущие аналитическим решениям (по степени наполнения, геометрии включений, наличию и свойствам межфазного слоя и т.д.). Более того, реализация данного подхода позволит в перспективе значительно сократить объем экспериментальных работ и получить выигрыш во времени и стоимости разработки новых материалов.

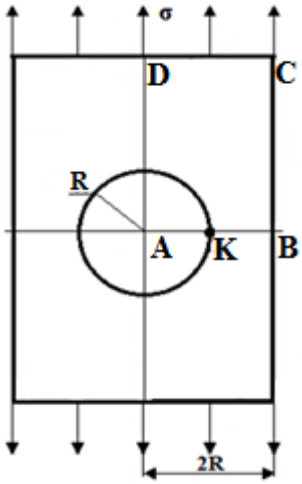


Рис.1. Задача о концентрации напряжений у кругового отверстия в пластине

В работе предлагается решение данной задачи методами вычислительной механики. Вычислительный алгоритм представляет собой конечно-элементную реализацию вариационного принципа Лагранжа. Этот принцип выгодно отличается от других вариационных принципов тем, что он является экстремальным (минимальным). Анализу напряженно-деформированного состояния (НДС) подвергается область ограниченных размеров, или так называемый представительный объем материала. Этот объем представляет собой область минимального размера, анализ которой позволяет получить представление об эффективных свойствах материала. В общем случае анализ представительного объема представляет собой сложную задачу ввиду наличия большого числа внутренних границ раздела между фазами композиционного материала. Одним из приемов упрощения такой задачи является рассмотрение области ограниченных размеров, которая по существу не является представительным объемом. Для достоверности получаемых характеристик набирается статистика расчетов по нескольким вариантам распределения включений в матрице. Чем меньшие размеры имеет расчетная область при таком подходе, тем длиннее должна быть серия расчетов. При заданных на границах условиях в виде напряжений либо перемещений находятся все параметры НДС области. В случае заданных на границе области напряжений получаемые деформации осредняются. Еслии нат границе заданы перемещения, то средние деформации получаются сразу как отношение перемещений к соответствующему начальному размеру расчетной области, а напряжения получаются из расчета и далее осредняются по этой области. В том и другом случае для каждого уровня нагрузки получается точка, связывающая средние по объему деформации и напряжения. Получая последовательность точек при разных уровнях нагружения, получаем кривую σ-ε [1].

Использовались треугольные симплекс-элементы [2], т.к. они отличаются простотой функций формы и при этом дают малую ошибку расчетов.

Система линейных алгебраических уравнений, к которой приводится задача теории упругости при использовании метода конечных элементов (МКЭ), решается методом Гаусса.

Проведено тестирование вычислительного алгоритма, показавшее хорошее совпадение с аналитическими данными. Проведены параметрические исследования, позволяющие оценить влияние деформационно-прочностных свойств включения на концентрацию напряжений и локализацию деформаций вокруг него.

На первом этапе работы была проведено решение тестовой задачи. В качестве таковой была выбрана задача о концентрации напряжений у круглого отверстия в пластине, растянутой в одном направлении. Расчетная область представляет собой прямоугольник с круглым отверстием в центре (рис.1). Это отверстие можно трактовать как единичное включение нулевой жесткости в полимерной матрице. Если в пластине проделано малое круглое отверстие радиусом R, то распределение напряжений вблизи этого отверстия изменится; однако в соответствии с принципом Сен-Венана

этим изменением можно пренебречь на расстояниях, достаточно больших по сравнению с радиусом отверстия [3].

Результаты расчетов МКЭ сравнивались с аналитическим решением, представленным в [4,5].

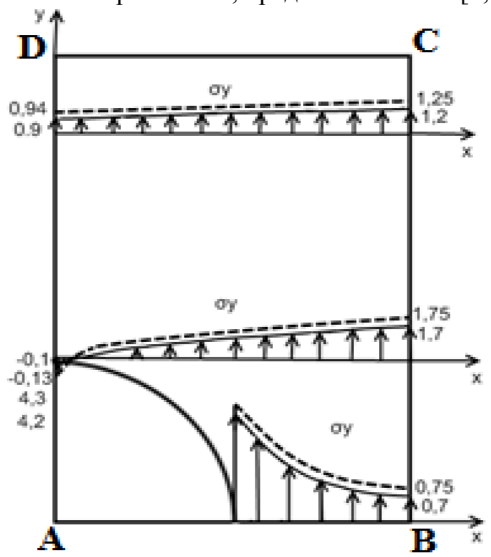


Рис.2. Эпюры напряжений σ_y приведенные в трех сечениях.

Для программирования был выбран алгоритмический язык Фортран. В нем заложена строгая проверка соответствия типов данных и имеется достаточно удобная среда программирования и отладки.

Аналитическое решение получено Р. Хаулендом [5, 6], и он обнаружил, что при 2R = AB (рис.1) максимальное растягивающее напряжение в точке К $\sigma_Y = 4{,}3 * \sigma$. При решении этой задачи МКЭ на основе разработанного вычислительного алгоритма значение напряжения для точки К получилось равным 4,21*σ. Таким образом, погрешность расчета по сравнению с аналитическим решением составила менее 3,5%.

Более детально результаты сравнения численного решения МКЭ с аналитическим решением представлены в виде эпюр для напряжений σ_Y на рис.2, где пунктирной линией изображено аналитическое решение, а сплошной решение МКЭ в трех различных сечениях расчетной области.

На данном этапе работы сделаны физическая и математическая постановка задачи, отлажена программа расчета, проведено тестирование вычислительного алгоритма. Полученные результаты показывают эффективность вычислительного алгоритма, достоверность получаемых результатов. Дальнейшее развитие работы просматривается в моделировании поведения реальных композиционных материалов
с учетом форм и размеров включений, их деформационно-прочностных свойств и характера их взаимодействия с полимерной матрицей. Все это позволит получать оценки эффективных деформационно-прочностных характеристик дисперсно-наполненных композиционных материалов на основе информации о фазовом составе материала, его внутренней геометрии. В конечном счете это существенно сократит время и стоимость разработки новых материалов, в том числе и с заранее заданными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Компьютерное конструирование наполненных полимерных композиционных материалов: монография / Б.А Люкшин, С.В. Панин, С.А. Бочкарева, П.А. Люкшин, Н.Ю. Матолыгина, Ю.В. Осипов; Под общ. ред. Б.А. Люкшина. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. − 216с.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов — М.: Мир, 1979. — 392 С.
3. Партон В.З. Механика разрушения.−М.: Наука, 1990. − 439 с.
4. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. – М.: Наука, 1975. – 832 с.
5. Прикладная механика твердого деформируемого тела / С.П. Тимошенко, Дж. Гульдер, А.П. Филин. – М.: Наука, 1975. – 576 с.
6. Петерсен Р. Коэффициенты концентрации напряжений. Графики и формулы для расчета конструктивных элементов на прочность. – М.: Мир, 1977. – 302 с.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОКРЫТИЙ С СИНТЕЗИРОВАННЫМИ В МАТРИЦЕ КАРБИДНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Собачкин А. В.
Научные руководители: Ситников А. А., д.т.н., профессор; Яковлев В. И., к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: anicpt@rambler.ru

Для противостояния износу рабочие поверхности необходимо упрочнять. Один из наиболее эффективных способов упрочнения – электродуговая наплавка. Это недорогой метод продления срока службы металлических изделий нанесением на их поверхность защитного слоя. Износостойкость наплавочных материалов существенным образом зависит от типа и количества карбидной фазы в сплавах. Чаще всего упрочняющая фаза в наплавочных сплавах содержит карбиды: Fe_3C; Mn_3C; Cr_7C_3; W_2C; WC; VC; TiC; B_4C, Mo_2C, и др., а также карбобориды, нитриды, железа и легирующих элементов [1].

Однако в подобных покрытиях существует проблема неравномерного распределения твердой фазы по объему наплавки, т.е. имеются участки наплавленного металла с различной структурой и, соответственно, твёрдостью, что приводит к резкому увеличению износа на определенных этапах эксплуатации. Неравномерность химического состава наплавленного металла также несколько усиливает избирательность процесса изнашивания особенно при взаимодействии с незакреплёнными абразивами [2]. Поэтому разработка и исследование износостойкого материала, структура которого содержит мелкодисперсные частицы упрочнителя, равномерно распределенные по объему покрытия, является весьма актуальной задачей.

В работе используются перспективный метод получения порошковых компонентов, содержащих карбидную фазу – проведение реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в инертных матрицах [3]. Преимущества синтеза в матрицах состоят в высокой дисперсности и равномерности распределения частиц образующихся фаз в матрице, в общем случае недостижимые при использовании простого смешивания ранее синтезированных соединений. При этом, равномерность распределения карбидных соединений в объеме металлической матрице может сохраняться в процессе наплавки. Кроме того, структура наплавленного металла при введении таких соединений карбидов может обеспечить более высокую износостойкость и твердость сплава по сравнению с раздельным способом легирования карбидами [4, 5]. Из всех широко применяемых для легирования тугоплавких карбидов металлов карбид титана обладает наиболее высокой температурой плавления, а также твердостью.

Целью работы является изучение тонкой структуры и фазового состава покрытий, полученных дуговой наплавкой из порошков механоактивированных СВС-композитов состава TiC + X % ПР-Н70Х17С4Р4-3.

Для экспериментальных исследований дуговая наплавка осуществлялась на подложку из стали 45 трубчатым порошковым электродом, содержащим смесь СВС-механокомпозитов состава TiC + ПР-Н70Х17С4Р4-3 (X % масс.). Степень разбавления металлом матрицы составляла от 90 % до 70 % с шагом 10 %. Предварительно порошковые компоненты подвергались механоактивационной обработке в планетарной шаровой мельнице. СВС-реакция осуществлялась в режиме фронтального горения.

При проведении исследований использовались следующие методы:

- метод металлографического анализа, реализованный с помощью оптического микроскопа Carl Zeiss AxioObserver Z1m,
- метод электронно-оптического и спектрального анализа фазового состава, реализованный с применением растрового электронного микроскопа Carl Zeiss EVO 50 XVP с микроанализатором EDS X-Act «OXFORD».

Проведение металлографических исследований на образцах с матрицей типа TiC + ПР-Н70Х17С4Р4-3 (80 % масс.) показало, что в наплавленном металле выделяются карбидные частицы различной формы. Вместе со строчками карбидов и их единичными включениями кубической формы, в структуре покрытия присутствуют карбиды более крупных (по сравнению с единичными) размеров неправильной формы, не имеющие ориентировки (рис. 1).

Рис. 1. Микроструктура наплавленного металла из порошков СВС-механокомпозитов состава TiC+80 % TiC+ПР-Н70Х17С4Р4-3

Установлено, что по мере уменьшения степени разбавления СВС-механокомпозита состава TiC +

X % ПР-Н70Х17С4Р4-3 металлом матрицы значительно возрастает количество крупных карбидных частиц различной формы, выделяющихся внутри зерна.

Для детального рассмотрения морфологии титаносодержащих включений были проведены электронно-оптический и спектральный анализы фазового состава, подтвердившие наличие нескольких видов карбида титана в наплавленном металле (одиночные крупные карбиды кубической и неправильной формы, а также мелкие карбиды и их цепочки). На рис. 2 отчетливо видна общая доля карбидных частиц титана, она окрашена в зеленый цвет. Это одиночные крупные карбиды кубической и неправильной формы, а также мелкие карбиды и их цепочки.

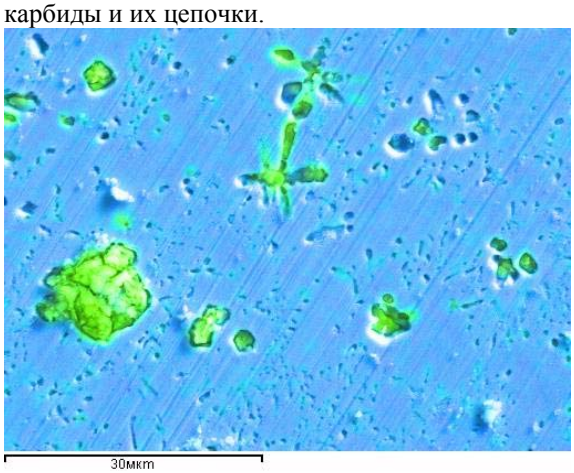


Рис. 2. Распределение карбида титана в наплавленном металле

Результаты растровой электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом в микроточке представлены на рис. 3 и в таблице 1. Приведенные данные свидетельствуют о том, что в наплавленном металле зерно карбида титана претерпевает существенные изменения и представляет собой нестехиометрический карбид TiC, с кубической и ромбической симметрией.

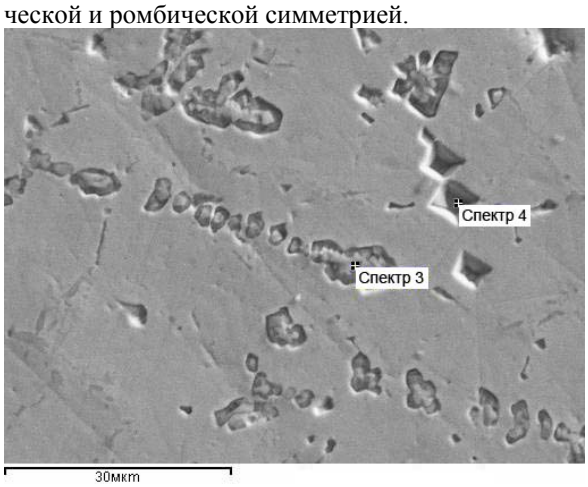


Рис. 3. Микроструктура и морфология частиц механокомпозитов в покрытиях состава TiC + 80 % ПР-Н70Х17С4Р4-3

Таблица 1. Весовое распределение химических элементов в частицах механокомпозитов покрытий TiC + 80 % ПР-Н70Х17С4Р4-3

Химический элемент	Весовой %	
	спектр 3	спектр 4
C	18,17	22,06
Ti	72,17	54,34
Fe	7,83	20,12

Таким образом, по итогам работы можно сделать вывод, что в результате механоактивационной обработки компонентов порошковой смеси TiC + X % ПР-Н70Х17С4Р4-3, проведения реакции СВС и дуговой наплавки в структуре покрытия формируются карбидные частицы различной стехиометрии TiC в объеме металлической матрицы (ПР-Н70Х17С4Р4-3). При этом, наблюдается достаточно равномерное распределение синтезированных в матрице карбидных соединений по объему наплавленного металла.

Использование для дуговой наплавки порошков СВС-мехакомпозитов дает возможность получать в структуре металла покрытия, наряду с мелкими карбидами титана, крупные кубической и неправильной формы. Кроме того, наличие дополнительных центров кристаллизации в виде карбидов титана значительно измельчает структуру наплавленного слоя в целом. Следовательно, полученная структура наплавленного металла может обеспечивать высокую твердость, а также износостойкость покрытия и, соответственно, приводить к увеличению срока эксплуатации деталей, узлов и агрегатов машин различного назначения.

Список литературы:

1. Кульков, С.Н. Карбидостали на основе карбидов титана и вольфрама / С.Н. Кульков, С.Ф. Гнюсов. – Томск : Изд-во НТЛ, 2006. – 240 с.

2. Шлифовальный инструмент на основе силикокарбида титана / Г.И. Смагин, В.Н. Филимоненко, Н.Д. Яковлев, М.А. Корчагин, В.Ю. Скиба // Обработка металлов. – 2011. – № 1. – С. 27-30.

3. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / В.В. Евстигнеев, Б.М. Вольпе, И.В. Милюкова, Г.В. Сайгутин. – М. : Высшая школа, 1996. – 284 с.

4. Каковкин, О.С. Особенности легирования наплавленного металла карбидом титана при дуговой износостойкой наплавке / О.С. Каковкин, Ю.Д. Дарахвелидзе, Г.Г. Старченко // Сварочное производство. – 1989. – № 5. – С. 41-42.

5. Структура и свойства наплавленных электродуговых покрытий из порошков механоактивированных СВС-композитов / А.А. Ситников, В.И. Яковлев, М.Н. Сейдуров, М.Е. Татаркин, А.В. Собачкин, Н.В. Степанова, И.Ю. Резанов // Обработка металлов. – 2011. – № 3. – С. 51-55.

МИКРОТВЕРДОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЙ ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ СВС-МАТЕРИАЛОВ, НАПЛАВЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ

Собачкин А. В.
Научные руководители: Ситников А. А., д.т.н., профессор; Яковлев В. И., к.т.н., с.н.с.
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: anicpt@rambler.ru

Из-за износа деталей ежегодные убытки в промышленности всех стран мира составляют многие миллиарды долларов, поскольку, кроме затрат на восстановление изношенных частей, при остановках оборудования в связи с его ремонтом выпуск продукции снижается либо вообще останавливается весь производственный процесс. Для противостояния износу рабочие поверхности необходимо упрочнять. Один из наиболее эффективных способов упрочнения – электродуговая наплавка. Это недорогой метод продления срока службы металлических изделий. Однако, используемые до настоящего времени материалы для повышения износостойкости не удовлетворяют современным потребностям наукоемких предприятий по своим физическим, механическим свойствам либо по их стоимости [1]. Выход следует искать в создании новых материалов или композитов, отвечающих требованиям работы изделий на их основе.

На повышение износостойкости изделий влияют главным образом увеличение микротвердости поверхностного слоя детали. Микротвердость – это важная характеристика физико-механических свойств наплавленных покрытий. Она во многом определяет стойкость покрытия к воздействию агрессивной среды, которая в большинстве случаев содержит различные твердые частицы, в результате чего изделие подвергается совместному воздействию коррозионной среды и механическому износу. Особенно это относится к верхним слоям покрытия, которые в первую очередь контактируют с коррозионно-эрозионными средами. Таким образом, показатель микротвердости может дать достаточно полную информацию о функциональной эффективности наплавленного покрытия.

Поскольку износостойкость определяется комплексом характеристик, главным из которых являются микротвердость покрытия, то одним из эффективных способов достижения высокой износостойкости является применение твердых сплавов. Наличие в наплавленном слое карбидов тугоплавких металлов (TiC, NbC, VC, WC, MoC) существенно повышает показатель микротвердости. Например, карбид титана обладает наиболее высокой температурой плавления, а также твердостью из всех широко применяемых для легирования тугоплавких карбидов металлов [2].

Важным моментом при увеличении микротвердости и износостойкости является возможность не только повысить долговечность и надежность работы деталей машин, но и применение в производстве экологически чистых и энергосберегающих, а также экономичных технологий. Решение этих задач представляет большой научный и практический интерес. Исходя из этого, в работе используются перспективный метод получения порошковых компонентов, содержащих карбидную фазу – проведение реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в инертных матрицах [3].

Преимущества синтеза в матрицах состоят в высокой дисперсности и равномерности распределения частиц образующихся фаз в матрице, в общем случае недостижимые при использовании простого смешивания ранее синтезированных соединений. При этом, структура наплавленного металла при введении соединений карбидов, растворенных в металлической матрице, может обеспечить более высокую износостойкость и твердость сплава по сравнению с раздельным способом легирования карбидами [3, 4].

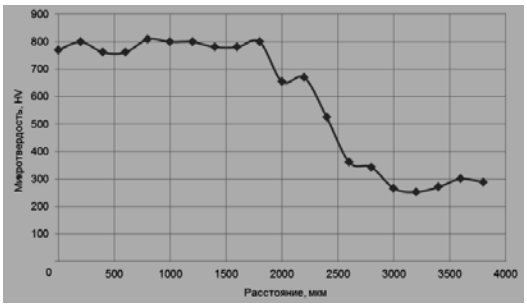
Целью работы является изучение микротвердости и износостойкости покрытий, полученных дуговой наплавкой из порошков механоактивированных СВС-композитов в зависимости от из состава – TiC + X % ПР-Н70Х17С4Р4-3.

Для измерения твердости в направлении от наплавленного слоя к основному металлу использовался микротвердомер для проведения испытаний по Виккерсу 402MVD с возможностью работы в автоматическом и ручном режиме в диапазоне нагрузок от 0,01 до 2 кг. Результаты измерений представлены на рис. 1, а – в.

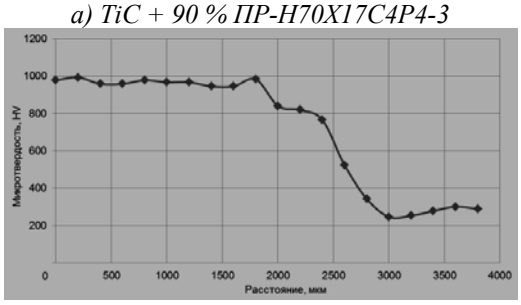
Исходя из характера зависимостей можно сделать вывод, что микротвердость наплавленного слоя в несколько раз превосходит микротвердость материала основного металла (сталь 45) и возрастает при увеличении процентного содержания карбидов в матрице наплавочного порошка. Поэтому можно прогнозировать значительный прирост к износостойкости наплавленных изделий.

Для подтверждения этого в лабораторных условиях были проведены исследования по определению весового износа покрытий в зависимости от степени разбавления металлом матрицы.

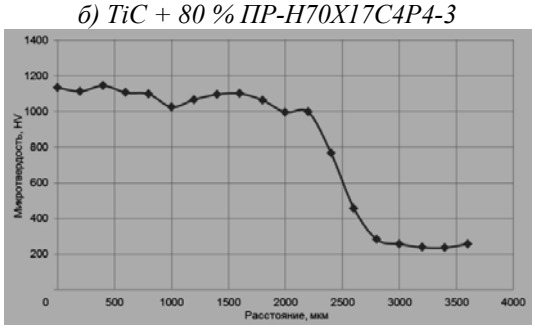
В качестве испытательного оборудования использовалась машина трения, предназначенная для испытаний различных фрикционных и смазочных материалов на трение и износ с максимальным моментом трения 40 Н•м и максимальной частотой вращения шпинделя 3000 мин$^{-1}$.



а) TiC + 90 % ПР-Н70Х17С4Р4-3



б) TiC + 80 % ПР-Н70Х17С4Р4-3



в) TiC + 70 % ПР-Н70Х17С4Р4-3

Рис. 1. Распределение микротвердости в направлении от наплавленного слоя к основному металла в образце TiC + ПР-Н70Х17С4Р4-3 (Х % масс.)

Для выбора параметров испытаний использовался ГОСТ 17367 – 71 «Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закреплённые абразивные частицы». Результаты испытаний по определению весового износа наплавленных покрытий в зависимости от степени разбавления металла матрицы карбидами представлены на рис. 2 и в таблице 1.

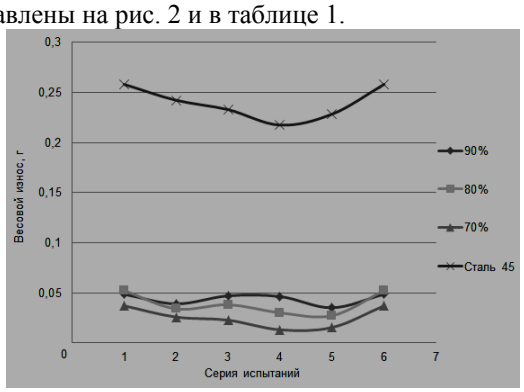


Рис. 2. Весовой износ наплавленных образцов

Таблица 1. Результаты исследования износостойкости наплавленных покрытий

Серия испытаний	Степень разбавления металлом матрицы, % масс		
	90	80	70
	Весовой износ, г		
1	0,0487	0,0523	0,0372
2	0,0391	0,0341	0,0259
3	0,0471	0,0382	0,0228
4	0,0464	0,0302	0,0132
5	0,0352	0,0273	0,0155
6	0,0487	0,0523	0,0372
Сравнительное испытание			
Сталь 45	0,2581	0,2422	0,2329
	0,2174	0,2283	0,2581

По результатам исследования износостойкости установлено, что наплавленные электродуговым способом покрытия из порошков СВС-механокомпозитов с 90 % степенью разбавления металлом матрицы имеют меньшую сопротивляемость изнашиванию, что можно объяснить более низким содержанием карбидов. При снижении степени разбавления металлом матрицы композита повышается интенсивность перехода карбидообразующих элементов из порошков СВС-механокомпозитов в наплавленный металл, что обеспечивает повышение износостойкости и твердости покрытия.

Таким образом, по итогам проведенной работы можно сделать вывод, что применяемый способ повышения износостойкости с помощью порошковых электродов из СВС-материалов позволит существенно (в 2 - 3 раза) увеличить срок службы деталей, узлов и агрегатов машин, работающих в тяжелых условиях коррозионно-абразивного изнашивания.

Список литературы:

1. Евграфов, В. А. Влияние твердости поверхностного слоя на абразивный износ рабочих органов почвообрабатывающих машин / В. А. Евграфов, Б. Н. Орлов // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2004. – №3. – С. 21-22.

2. Каковкин, О.С. Особенности легирования наплавленного металла карбидом титана при дуговой износостойкой наплавке / О. С. Каковкин, Ю. Д. Дарахвелидзе, Г. Г. Старченко // Сварочное производство. – 1989. – № 5. – С. 41-42.

3. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / В. В. Евстигнеев, Б. М. Вольпе, И. В. Милюкова, Г. В. Сайгутин. – М. : Высшая школа, 1996. – 284 с.

4. Структура и свойства наплавленных электродуговых покрытий из порошков механоактивированных СВС-композитов / А. А. Ситников, В. И. Яковлев, М. Н. Сейдуров, М. Е. Татаркин, А. В. Собачкин, Н. В. Степанова, И. Ю. Резанов // Обработка металлов. – 2011. – № 3. – С. 51-55.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С НЕЛИНЕЙНОЙ ВАХ

Стрыжков А.Е.
Научный руководитель: Лебедев С.М., д.т.н.
ТПУ, ИФВТ, 634028, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 2А
E-mail: stryshkov_ae@mail.ru

Основной целью данной работы являлась разработка технологии изготовления новых композиционных полимерных материалов (КПМ) с нелинейной вольт-амперной характеристикой (НВАХ) для регулирования распределения электрического поля в электротехнических изделиях (концевые разделки кабеля, кабельные муфты, высоковольтные вводы и т.д.).

В качестве полимерных матриц для новых КПМ были выбраны линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП) и поливинилиденфторид (ПВДФ). Для обеспечения необходимой степени нелинейности ВАХ новых материалов в качестве наполнителя применялся порошок карбида кремния SiC со средним размером зерна 64 мкм. Однако применение наполнителя с таким размером зерна не позволяет создавать тонкие слои покрытий с НВАХ. Кроме того, при подготовке таких композиций с помощью одно- и двухшнековых экструдеров или смесителей различного типа невозможно получить композиции с равномерным распределением частиц в полимерной основе.

Для уменьшения среднего размера зерна частиц наполнителя был применен планетарный активатор марки АГО-2 (рис. 1). Обработка исходного порошка SiC в планетарной мельнице в течение 20 мин позволила уменьшить средний размер зерна наполнителя до 1 мкм.

Рис. 1. Общий вид активатора планетарного.

На рис. 2 показана зависимость активной составляющей проводимости на переменном токе γ_a от содержания карбида кремния С. Видно, что проводимость композиций близка к проводимости полимерной матрицы (первый участок зависимости) при малом содержании наполнителя в диэлектрической матрице.

Второй участок зависимости $\gamma_a = f(C)$ соответствует переходной области вблизи так называемого порога перколяции ($C_n \geq 20$ вес.%), при котором происходит резкое пороговое увеличение проводимости композиций с переходом от проводимости, определяемой диэлектрической матрицей, к проводимости, обусловленной наличием полупроводящего наполнителя.

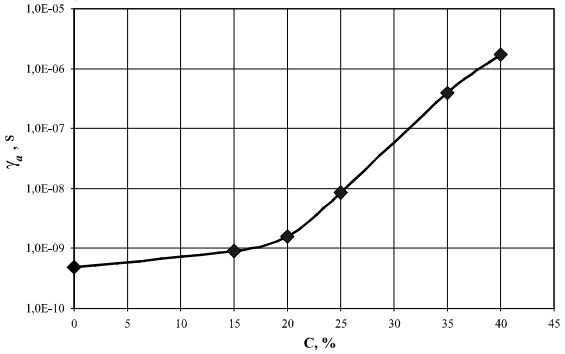


Рис. 2. Зависимость активной составляющей проводимости на переменном токе γ_a от содержания SiC для ПВДФ и композиций ПВДФ+SiC.

Это обусловлено тем, что при превышении порогового значения C_n в композиционных материалах может наблюдаться образование бесконечных кластеров или объемной сетки из частиц наполнителя в полимерной матрице [4]. При большом содержании наполнителя в композициях могут образовываться “островки” или кластеры диэлектрика в полупроводящей матрице, а проводимость таких композиций близка к проводимости полупроводящего наполнителя [4]. Было установлено, что температурный коэффициент сопротивления как для полимерной матрицы, так и для композиций ПВДФ+SiC имеет отрицательный знак, то есть сопротивление их уменьшается с ростом температуры.

На рис. 3 показана аналогичная зависимость для ЛПЭНП и композиций ЛПЭНП+SiC.

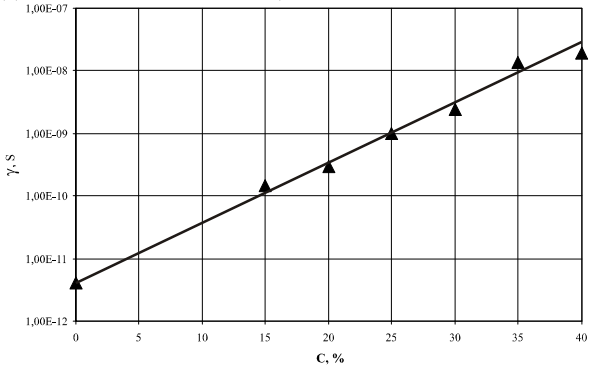


Рис. 3. Зависимость активной составляющей проводимости на переменном токе γ_a от содержания SiC для ЛПЭНП и композиций ЛПЭНП+ SiC.

Видно, что для композиций на основе ЛПЭНП зависимость $\gamma_a = f(C)$ имеет линейный характер во всем диапазоне изменения С. Это может быть обусловлено тем, что ЛПЭНП является неполярным полимером и в композициях на его основе для достижения перколяционного порога необходима

большая степень наполнения полимерной матрицы.

На рис. 4 приведены зависимости активной составляющей проводимости на переменном токе от обратной температуры $\gamma_a = f(1/T \cdot 10^{-3})$ для ПВДФ и композиций на его основе. Из рис. видно, что в области низких температур проводимость как чистого ПВДФ, так и полимерных композиций при изменении температуры изменяется незначительно. На первом участке (в области низких температур) проводимость может определяться проводимостью полимерной матрицы и примесной проводимостью карбида кремния.

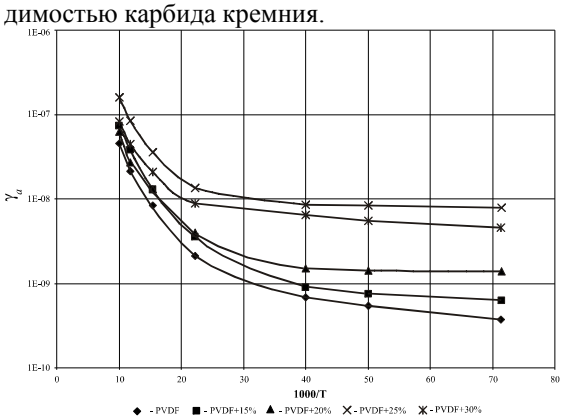


Рис. 4. Зависимость активной составляющей проводимости на переменном токе от 1/T для ПВДФ и композиций ПВДФ+SiC.

По аналогии с полупроводниками [1-3] перегиб зависимостей при температуре около 45°С может быть обусловлен изменением типа проводимости и числа носителей заряда при повышении температуры. На втором участке зависимостей $\gamma_a = f(1/T \cdot 10^{-3})$ (в области повышенных температур) проводимость композиций определяется в основном собственной проводимостью наполнителя – карбида кремния [1].

Необходимо отметить, что зависимость проводимости от обратной температуры даже для полимерной матрицы имеет нелинейный характер. Это может быть связано с тем, что поливинилиденфторид является полимерным сегнетоэлектриком с доменной структурой, обладающим спонтанной поляризацией. При повышении температуры величина действительной составляющей диэлектрической проницаемости для ПВДФ в диапазоне низких и инфранизких частот увеличивается более чем в 20 раз при увеличении температуры от 20 до 100°С (рис. 5). То есть нелинейное повышение проводимости ПВДФ с ростом температуры (рис. 4) может быть связано с увеличением абсорбционного тока, обусловленного релаксационными видами поляризации, в том числе спонтанной или доменной поляризацией.

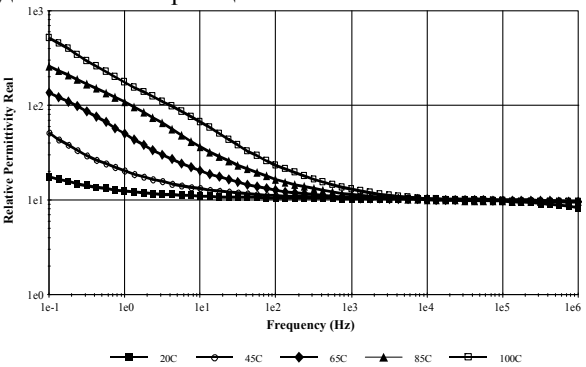


Рис. 5. Частотная зависимость действительной составляющей диэлектрической проницаемости для ПВДФ.

Заключение

1. Разработана технология изготовления опытных образцов КПМ с нелинейной ВАХ на основе полярного ПВДФ и неполярного ЛПЭНП. Применение способа высокоэнергетической механоактивации в планетарной мельнице позволило получить полимерные композиции с НВАХ с более однородным распределением наполнителя в полимерной матрице.
2. Установлено, что для КПМ на основе полярной матрицы наблюдается пороговое изменение проводимости от степени наполнения карбидом кремния. Для КПМ на неполярной основе зависимость проводимости от степени наполнения в исследованном диапазоне имеет линейный характер.
3. Температурные зависимости активной составляющей проводимости на переменном токе для композиций на основе полярного поливинилиденфторида имеют два участка с различным углом наклона, что свидетельствует об изменении характера проводимости при повышении температуры.

Список литературы:

1. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. – М.: Мир, 1969. – 560 С
2. Борисова М.Э., Койков С.Н. Физика диэлектриков. – Л.: Изд. Ленинградского университета, 1979. – 240 С
3. Тареев Б.М. Физика диэлектрических материалов. М.: Энергоиздат, 1982. – 320 С.
4. Харитонов Е.В. Диэлектрические материалы с неоднородной структурой. М.: Радио и связь, 1983. – 128 С.

ДВА ПРИМЕРА РАЗНОПРЕДЕЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОПЕРЕЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Теслева Е. П., Белькова Т. А.
Научный руководитель: Беломестных В. Н., д. ф.-м. н., профессор
Юргинский технологический институт
Национального исследовательского Томского политехнического университета,
652050, Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
e-mail: tesleva@mail.ru

Коэффициент Пуассона, как мера поперечной деформации, считается наиболее информативным параметром теории упругости. Являясь одним из основных физико-механических параметров твердого тела, он был введен еще более чем 200 лет назад (в 1810 году) самим Симеоном Дени Пуассоном и назван в его честь. По определению коэффициент Пуассона равен отношению относительного поперечного сжатия образца Δd/d к относительному продольному удлинению Δl/l при одноосном растяжении:

$$\sigma = -\frac{\Delta d / d}{\Delta l / l}. \qquad (1)$$

В последнее время возрос интерес к определению предельных значений этого параметра как в анизотропных (кристаллах), так и в изотропных средах [1, 2]. Как известно, условие положительности плотности энергии деформаций определяет интервал возможных значений коэффициента Пуассона в изотропных средах $\frac{1}{2} \geq \sigma \geq -1$ [3]. Указанные два предела – положительный верхний 0,5 и отрицательный нижний -1, недостижимые в принципе значения, однако на сегодняшний день можно перечислить ряд материалов, значения σ которых реально приближаются к указанным пределам. Например: при стандартных условиях для $CeRu_2$ коэффициент Пуассона составляет 0,464; а для NaCN – 0,467. Отрицательные величины σ характерны для ауксетиков – нового класса материалов с аномальными деформационными свойствами (материал при растяжении расширяется и в перпендикулярном направлении) [4].

Механизмы и условия, приближающие коэффициенты Пуассона к предельным значениям пока не выяснены, но по ряду предположений они могут достигаться вблизи фазовых переходов. Так, например, коэффициент Пуассона поликристалла хлористой меди CuCl в момент фазового перехода 1-го рода при p_c=9,75 ГПа близок к предельному (σ=0,485) [5]. В настоящей работе делается попытка показать подобное приближение со стороны положительного предела при полиморфном превращении в пластической фазе цианида калия KCN, а со стороны отрицательного – при электронном изоструктурном фазовом переходе в сплаве $Sm_{1-x}Y_xS$. Известно, что при T_c=168,3 К в KCN регистрируется плавный λ переход с перестройкой структуры в цианиде калия [6]. В соединениях с промежуточной валентностью ионов самария (Sm^{2+} и Sm^{3+}) – смешанных кристаллах системы $Sm_{1-x}Y_xS$ при критическом значении состава сплава x_c=0,15, происходит валентный переход из полупроводниковой фазы в металлическую [7–10].

Используя экспериментальные данные для постоянных жесткости c_{ij} вблизи указанных превращений [7–10] определили коэффициенты Пуассона как для моно- так и для поликристаллов KCN и $Sm_{1-x}Y_xS$. Формулы для расчета коэффициента Пуассона $\sigma_{\langle hkl \rangle}$ приведены в табл. 1.

Полученные результаты приведены на рис.1 и 2. Температурные зависимости коэффициентов Пуассона цианида калия (рис. 1) являются гладкими кривыми без особенностей. При T_c коэффициент Пуассона поликристалла KCN близок к положительному пределу (σ=+0,484).

Таблица 1
Расчетные формулы коэффициентов Пуассона кубических монокристаллов

Параметры	направление в кристалле (направление деформации)	
	<100> (001)	<110,001>
s_{ij}	$-\frac{s_{12}}{s_{11}}$	$-\frac{2s_{12}}{s_{11}+s_{12}+0,5s_{44}}$
c_{ij}	$\frac{c_{12}}{c_{11}+c_{12}}$	$\frac{2c_{12}}{c_{11}+3BC'/c_{44}}$
Параметры	направление в кристалле (направление деформации)	
	$<110,1\bar{1}0>$	<111> (111)
s_{ij}	$-\frac{s_{11}+s_{12}-0,5s_{44}}{s_{11}+s_{12}+0,5s_{44}}$	$-\frac{s_{11}+2s_{12}-0,5s_{44}}{s_{11}+2s_{12}+s_{44}}$
c_{ij}	$\frac{3BC'-c_{11}c_{44}}{3BC'+c_{11}c_{44}}$	$\frac{3B-2c_{44}}{6B+2c_{44}}$

Примечание: $C' = \frac{1}{2}(c_{11}-c_{12})$, $B = \frac{1}{3}(c_{11}+2c_{12})$.

Концентрационные зависимости σ (рис. 2) в докритической концентрации убывающие, в закритической – возрастающие, при этом наблюдается резкое снижение коэффициента Пуассона в момент перехода ($\Delta\sigma \approx 700\%$). Обращают на себя внимание отрицательные значения коэффициента

Пуассона при x=0,15÷0,6, а при x_c $\sigma_{\langle 110,001\rangle} = -0,98$.

Это свидетельствует о том, что, при данных составах материал при растяжении расширяется, проявляя аномальные ауксетичные деформационные свойства.

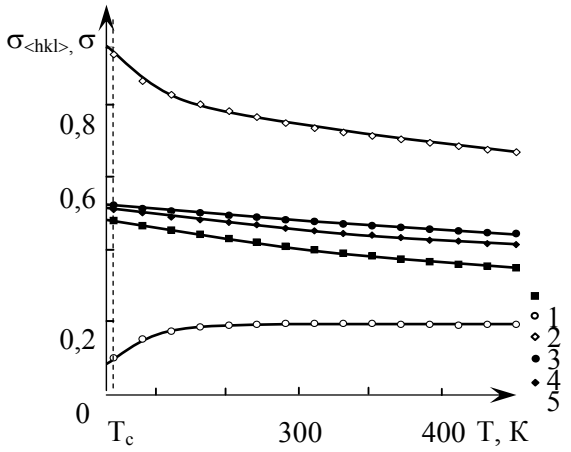


Рис. 1. Коэффициенты Пуассона моно- (1,2,3,4) и поликристаллов (5) KCN 1 – <100>, 2 – <110,001>, 3 – <110, $1\bar{1}0$>, 4 – <111>

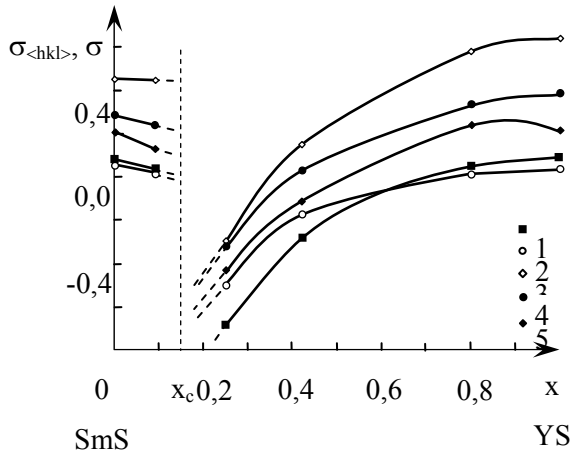


Рис. 2. Коэффициенты Пуассона моно- (1,2,3,4) и поликристаллов (5) $Sm_{1-x}Y_xS$ 1 – <100>, 2 – <110,001>, 3 – <110, $1\bar{1}0$>, 4 – <111>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе сведений по постоянным жесткости монокристаллов проведен расчет анизотропных и изотропных коэффициентов Пуассона при изменении температуры в KCN и концентрации в сплавах $Sm_{1-x}Y_xS$. Установлено, что значения σ при фазовых превращениях стремятся к положительному и отрицательному пределам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lipsett A.W., Beltzer A.L Reexamination of dynamic problems of elasticity for negative Poisson's ratio //J. Acoust. Soc. Am. 1988. V. 84. № 6. P. 2179-2186.
2. Tokmakova S.P. Stereographic projections of Poisson's ratio in auxetic crystals // Phys. Stat. Sol. (b). 2005. V. 242. № 3. P. 721-729.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. 4-е изд. М.: Наука,1987. 248 с.
4. Конек Д. А., Войцеховски К. В., Плескачевский Ю. М., Шилько С. В. Материалы с отрицательным коэффициентом Пуассона. (Обзор). // Механика композитных материалов и конструкций. 2004. Т.10, №1. С. 35-69.
5. Беломесных В.Н., Соболева Э.Г. Коэффициенты Пуассона кубических ионных кристаллов. // Известия вузов. Физика. 2011. Т.54, №7. С. 100. (Деп. в ВИНИТИ 06.05.11. Рег. № 212-В2011).
6. Беломестных В.Н. Теслева Е.П. Ангармонические эффекты в твердых телах (акустические аспекты). Томск: Изд-во Том. политех. ун-та. 2009. 151 с.
7. Беломестных В. Н., Теслева Е. П. Анизотропия ангармонизма межатомных колебаний в кристаллах $Sm_{1-x}Y_xS$ с промежуточной валентностью // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2010. Т.7. №1. С. 61-63.
8. Беломестных В.Н., Теслева Е.П. Влияние трехвалентных примесей на акустические, упругие и ангармонические свойства твердых растворов $Sm_{1-x}R_xS$ (R=Y, La, Tm). // Известия вузов. Физика. – 2011. – Т.54, №7. – С. 100. (Деп. в ВИНИТИ 06.05.11. Рег. № 211-В2011).
9. Теслева Е.П., Белькова Т.А. Упругое поведение сплава $Sm_{1-x}Y_xS$ вблизи валентного перехода // Труды XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Современные техника и технологии”. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011 – Т.2. – С. 239 - 240.
10. Беломестных В.Н., Теслева Е.П. Упругие свойства поликристаллов сплавов $Sm_{1-x}Y_xS$ с промежуточной валентностью. // Вестник Бурятского государственного университета. Выпуск 3. Физика и химия. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2011. – С. 220 – 226.
11. Haussühl S. Cubic sodium cyanide, another crystal with KCN-type anomalous thermoelastic behavior. / Acta Cryst. 1977. A.33. № 5. C. 847-849.

ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛОВ ВЫСОКОМАРГАНЦЕВЫХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Тукеева М.С., Мельников Е.В., Захарова Г.Г.
Научный руководитель: Астафурова Е.Г., к.ф.-м.н., доцент
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: tms@ispms.tsc.ru

В последние десятилетия интенсивно развивается новое направление в материаловедении и обработке материалов, связанное с формированием в металлах и сплавах ультрадисперсных структурных состояний методами интенсивной пластической деформации (ИПД) [1-3]. Задача получения и изучения ультрамелкодисперсных структур в сталях носит важное фундаментальное и прикладное значение. Механическое двойникование может выступать одним из факторов, способствующих формированию ультрадисперсной структуры при ИПД в аустенитных сталях с низкой энергией дефекта упаковки [2, 3]. Двойники разбивают исходное зерно на субзерна за счет формирования двойниковых границ (границ специального типа Σ3), которые являются препятствиями для дислокационного скольжения и двойникования.

В данной работе методами оптической металлографии, просвечивающей и растровой электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, микроиндентирования проведены исследования структуры и механических свойств монокристаллов аустенитных сталей Fe-13Mn-1,3C, мас.% (I, $\gamma_{ДУ}$=30мДж/м^2), Fe-13Mn-2,7Al-1,3C (II, $\gamma_{ДУ}$=45мДж/м^2) и Fe-28Mn-2,8Al-1,3C (III, $\gamma_{ДУ}$=60мДж/м^2) с разной энергией дефекта упаковки после деформации кручением под квазигидростатическим давлением (КГД) и последующих высокотемпературных отжигов. КГД проводили в наковальнях Бриджмена при температуре 23ºС и давлении 5-6 ГПа на n=1, 3, 5 оборотов. Величину истинной логарифмической деформации после КГД рассчитывали по формуле: $e = \ln(2\pi RN/h)$, где R – расстояние от центра деформируемого диска, h – толщина диска, N – число оборотов [1]. Отжиги проводили при температурах 400, 500, 600, 700, 800ºС в течение 1 часа.

Экспериментально установлено, что независимо от энергии дефекта упаковки высокие приложенные давления при КГД активируют двойникование во всех исследуемых сталях (рис. 1). В стали (I) КГД приводит к быстрой фрагментации структуры с ранних степеней деформации за счет образования двойников деформации и полос локализованного сдвига. После деформации на 1-3 оборота образуется сетка тонких двойников, границы двойников, чаще всего, прямолинейные (рис.1 а, б). В то время как в сталях (II) и (III) двойниковые границы часто размыты и искривлены (рис. 1 в, г) а ширина двойников и расстояние между ними в этих сталях значительно больше, чем в стали (I).

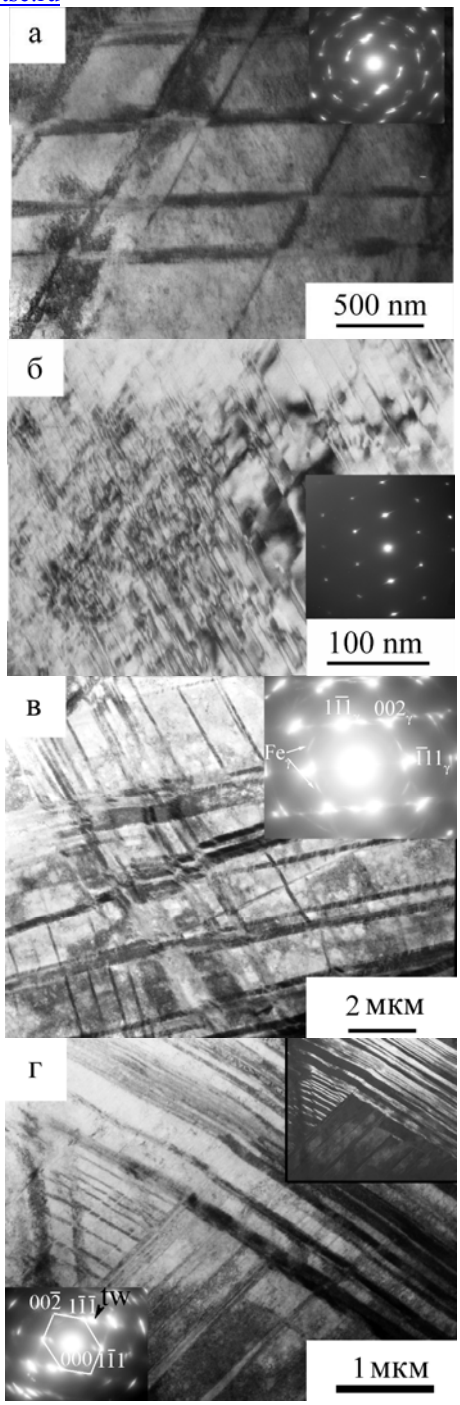


Рис. 1. Электронно-микроскопические светлопольные изображения структуры монокристаллов аустенитных сталей после КГД при комнатной температуре: а ,б – сталь (I), 2 оборота; в – сталь (II), 1 оборот; г – сталь (III), 1 оборот.

После 5 оборотов КГД структура сталей становится сильнонеравновесной, сетка двойников частич-

но деградирует, в структуре наблюдаются оборванные двойниковые границы.

Деформация на 1-3 оборота дает быстрый прирост микротвердости, что связано с интенсивным образованием и ростом деформационных двойников. Далее с увеличением деформации микротвердость изменяется незначительно, что соответствует стадии взаимодействия двойников друг с другом и с дислокационным скольжением, образованию полос сдвига (рис. 2 а). Более сильное деформационное упрочнение стали (I) при N<3 связано, помимо двойникования, с динамическим деформационным старением, которое обеспечивает диффузию углерода к ядрам дислокаций, образование ближнего порядка по углероду, пар Mn-C и способствует накоплению дислокаций. Как видно из рисунка 2 б сталь (I) характеризуется более высокой скоростью накопления дислокаций по сравнению со сталями (II) и (III).

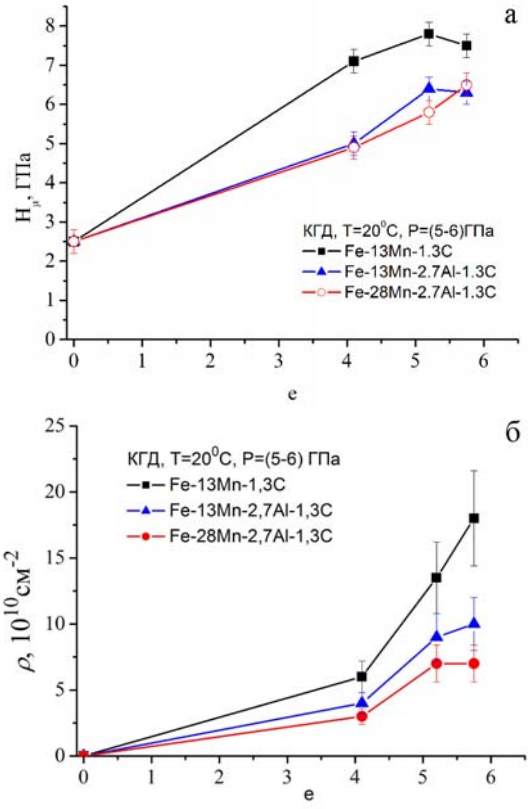


Рис. 2. Зависимость микротвердости от степени деформации аустенитных сталей (а); зависимость плотности дислокаций, оцененной методом рентгеноструктурного анализа, от степени деформации аустенитных сталей (б)

КГД приводит к уменьшению размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) и росту величин микродеформации решетки. Следует отметить, что уже после 1 оборота КГД происходит сильная фрагментация структуры, размеры ОКР указывают на формирование ультрамелкозернистого состояния с размерами неискаженных фрагментов структуры 10-20 нм. Границами фрагментов структуры выступают, в основном, границы двойников деформации.

Формирование сетки двойников во всех исследуемых сталях способствует сохранению структуры при нагреве до температуры 500ºС. Высокотемпературные отжиги приводят к росту значений ОКР и уменьшению микродеформации решетки. С ростом температуры отжига T > 500ºС двойниковые границы деградируют, что обуславливает уменьшение микротвердости и рост зерна.

Таким образом, в высокоуглеродистых Fe-Mn-Al-C сталях аустенитного класса с разной энергией дефекта упаковки множественное двойникование отвечает за быструю фрагментацию структуры за счет образования границ специального типа (двойниковых). Интенсивное образование и рост двойников деформации вызывают сильное деформационное упрочнение. Экспериментально установлена корреляция между стадийностью изменения микротвердости и микроструктурой сталей с ростом степени деформации кручением. Быстрое увеличение микротвердости на ранних стадиях деформации соответствует образованию прямолинейной сетки тонких двойников. Дальнейшая фрагментация и деградация двойниковых микроструктур и образование полос локализованной деформации вызывает слабое упрочнение. Кручение под гидростатическим давлением в температурном интервале динамического деформационного старения способствует накоплению дислокаций и дополнительному росту прочности сталей.

Структуры, сформированные в высокомарганцевых аустенитных сталях, стабильны до температуры отжига 500ºС.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта Президента РФ (МК-43.2011.8) и РФФИ (№ 11-08-98019-р_сибирь_а).

Список литературы:

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. М.: ИКЦ Академкнига, 2007. 398 с.
2. Теплов В.А., Коршунов Л.Г., Шабашов В.А., Кузнецов Р.И., Пилюгин В.П., Тупица Д.И. Структурные превращения высокомарганцовистых аустенитных сталей при деформировании сдвигом под давлением //ФММ. 1988. Т. 66. № 3. С.563-571.
3. Astafurova E.G., Tukeeva M.S., Zakharova G.G., Melnikov E.V., Maier H.J. The role of twinning on microstructure and mechanical response of severely deformed single crystals of high-manganese austenitic steel // Materials Characterization. 2011. V. 62. № 1. P. 588-592.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕСС-ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ОПОК

Устинов А.В., Терёхина Ю.В., Котляр А.В.
Научный руководитель: Котляр В.Д., к.т.н., доцент
Ростовский государственный строительный университет,
344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: diatomit_kvd@mail.ru

Согласно существующей классификации в производстве керамики выделяется пять групп пресс-порошков: 1) глинистые; 2) на основе грубозернистых непластичных материалов и глиняной связки; 3) грубозернистые из непластичных материалов; 4) тонкокерамические глинистые; 5) безглинистые высокодисперсные порошки [1,2].

К первой группе относятся глинистые порошки, получаемые путём измельчения природных глин. Особенности этой группы порошков заключаются в их отличии по минералогическому составу, природной дисперсности, пластичности, формовочной влажности и степени измельчения. Формовочная влажность составляет 7-13 %. Основные области использования порошков данной группы - производство кирпича, плитки.

Вторую группу составляют порошки на основе крупнозернистых непластичных материалов и глинистой связки. Содержание непластичных составляющих 30-85 %. Зерновой состав непластичного материала 0-5 мм. В качестве связки применяют пластичные огнеупорные глины. Влажность прессуемых порошков 5-10 %. Давление прессования 20-100 МПа. Основная область применения порошков данной группы – производство алюмосиликатных огнеупоров и некоторых видов кислотоупоров.

Третью группу составляют крупнозернистые порошки из непластичных материалов, природных или искусственных. При сравнительно близком составе к порошкам второй группы они отличаются отсутствием связующего глинистого компонента. От последнего обстоятельства существенно зависит выбор способа подготовки масс и процесс их прессования. Прессование осуществляют при влажности 2,5-7,0 % и давлении 30-200 МПа. Порошки данной группы используют преимущественно для производства соответствующих огнеупоров, на основе обработанного природного или полученного химическими методами сырья.

К четвёртой группе относятся тонкокерамические глинистые пресс-порошки (или порошки из тонкокерамических масс на глинистой связке). Характерной особенностью их состава является сочетание глинистых компонентов с тонкоизмельчёнными непластичными материалами. Содержание глинистых компонентов составляет в основном 20-60 %. Влажность пресс-порошков 6-12 %, давление прессования 15-80 МПа. Глинистые тонкокерамические порошки применяют в производстве изделий тонкой строительной керамики, в плитки различного назначения.

К пятой группе относятся пресс-порошки на основе тонкоизмельчённых непластичных минеральных компонентов или безглинистые тонкодисперсные порошки. К числу минеральных компонентов, используемых в порошках данной группы, относятся многие оксиды, химические соединения, а также разнообразные спеки, стёкла и т.д. Связкой при прессовании порошков данной группы являются водные растворы органических соединений и безводные органические связки. Порошки пятой группы используют при получении весьма разнообразных изделий технической керамики.

Анализируя порошки на основе опоковидных пород, можно констатировать, что они ни по вещественному составу, ни по структуре и технологическим свойствам не похожи ни одну их перечисленных выше пяти групп пресс-порошков. По некоторым признакам пресс-порошки на основе опоковидных пород схожи с пресс-порошками первой, второй и третьей групп, однако отличительных признаков всё же больше.

По вещественному составу пресс-порошки на основе опоковидных пород весьма разнообразны. И если по химическому составу можно найти сходство с суглинками, сухарными глинами, алевритистыми глинами, глинистыми сланцами, то по минералогическому составу имеются значительные отличия. Главной особенностью является наличие опала, опал-кристобалита различной степени структурного совершенства.

Значительные отличия пресс-порошков на основе опок от глинистых пресс-порошков имеются по структурным характеристикам. По микроструктуре частицы пресс-порошков подразделяют на гранулы и зёрна. Зерном называют частицу, которая состоит либо из более мелких достаточно прочно соединенных друг с другом частиц и имеющих достаточно различимую на микроуровне границу и отличающихся составом, либо состоящую из одной отдельной частицы мономинерального состава. Порошки на основе опоковидных пород состоят из зёрен полиминерального состава. Об их абсолютных размерах можно судить, так же как и по собственно гранулометрическому составу кремнистых опоковидных пород, так и размерах зёрен полученных в процессе подготовки формовочных масс. В процессе подготовки пресс-порошков не достигается абсолютной диспергации на отдельные первичные мономинеральные зёрна. Это подтверждается как нашими исследованиями, так и результатами других исследователей. Кроме того, отдельные зёрна имеют высокую микропористость, достигающую 55 %. Эффективный диаметр пор зёрен опок составляет 0,001-0,01 мкм. В зависимости от требуемой влажности пресс-

порошка поры могут быть заполнены частично или даже полностью жидкой фазой. Высокая пористость зёрен способствует быстрому выравниванию влажности пресс-порошков, а также быстрому удалению воздуха при прессовании, что в значительной мере снижает его запрессовку. Зёрна пресс-порошка, как установлено, практически не разрушаются в процессе прессования. Определение зернового состава до прессования и после прессования, в диапазоне давлений до 50 МПа, показало его значительную схожесть. В процессе подготовки пресс-порошков отмечена определённая закономерность – зёрна фракций больших размеров, как правило, имеют более окатанную поверхность. На рисунке 1 представлены фотографий отдельных зёрен пресс-порошка на основе опоки Авило-Фёдоровского месторождения. Окатанная поверхность зёрен снижает в значительной степени внутреннее трение при прессовании.

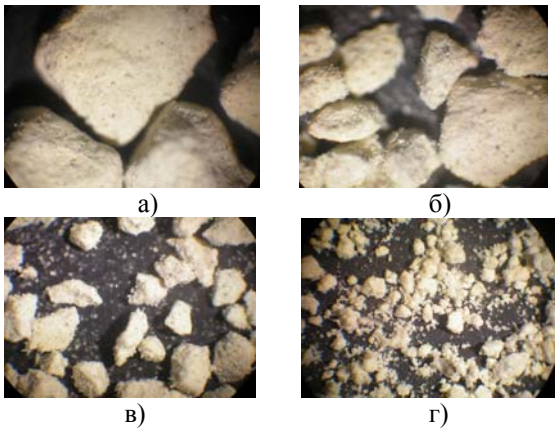


Рис. 1. Отдельные зёрна пресс-порошка различных фракций, мм: а) 1,25-2,5; б) 0,63-1,25; в) 0,315-0,63; г)0,16-0,315. Увеличение 6,3 х 21.

Существенная особенность строения большинства керамических пресс-порошков заключается в том, они состоят не из отдельных минеральных «первичных» частиц, достаточно подвижных относительно друг друга, а из явно выраженных гранул. Типичные гранулы керамических порошков обладают достаточной прочностью, плотностью и определенными пластическими свойствами. Механизм их образования связан главным образом со склеивающим действием той или иной связующей жидкости. Отдельные зёрна внутри гранулы также удерживаются вместе, помимо жидких прослоек технологической связки (воды или водных растворов ПАВ и других веществ), за счёт сил Ван-дер-Ваальса, электростатических сил, твёрдотельных мостиков и т.д. В порошках на основе опоковидных пород, даже в сухом состоянии, более мелкие частицы агрегируются вокруг более крупных. Увеличение влажности способствует большей агрегации зёрен. Гранулы на основе опоковидных пород имеют достаточно маленькую структурную прочность. Повышается прочность гранул до определённого предела с увеличением влажности. Гранулы на основе глинистых разновидностей опок обладают большей прочностью. Разрушение гранул при прессовании происходит впервые моменты приложения нагрузки и далее для уплотнения ведущую роль начинает для опок начинает играть зерновой состав материала.

Говоря о главных структурных признаках (абсолютные и относительные размеры зёрен и гранул, их форма, соотношения и т.д.) пресс-порошков на основе опок и их отличиях от других видов пресс-порошков можно выделить следующие структурные особенности, которые можно разделить на несколько уровней:

- структурные характеристики первого уровня - это форма, размеры, количество «первичных» зёрен породы - опал, глинистые минералы, кварц, кальцит, полевые шпаты, глауконит и т.д.;
- структурные характеристики второго уровня – это размер и форма зёрен полученных в результате измельчения исходной породы. Зёрна «второго» уровня состоят из достаточно прочно соединенных зёрен «первого» уровня с наличием определённой пористости (форма, количество, размеры пор);
- структурные характеристики третьего уровня – это отдельные гранулы, состоящие из зёрен «второго» уровня, удерживаемых вместе за счёт различных сил, зависимых от технологических факторов. При этом гранулы обладают «своей» межзерновой пористостью. Гранулы отличаются малой структурной прочностью. Поры зёрен «второго» уровня, также как и поры гранул могут быть в различной степени заполнены влагой;
- структурные характеристики четвёртого уровня – это собственно пресс-порошок, состоящий из гранул различного размера и преимущественно окатанной формы. Размеры гранул в основном обусловлены особенностями технологической подготовки пресс-порошка, который также характеризуется пустотностью.

Данная характеристика пресс-порошков по структурным признакам на основе на основе опок носит условный характер, однако она поможет оценить взаимосвязь между различными элементами системы в целом и дать объяснения некоторым важным технологическим вопросам.

Список литературы:

1. Попильский Р.Я., Кондрашов Ф.В. Прессование керамических порошков. – М.: «Металлургия», 1968. - 272 с.
2. Попильский Р. Я. Прессование порошковых керамических масс / Р. Я. Попильский, Ю.Е. Пивинский. - М.: Изд-во «Металлургия», 1983. - 176 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ НА КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕНТ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗАКАЛКОЙ ИЗ РАСПЛАВА НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ БАРАБАНЕ – ХОЛОДИЛЬНИКЕ

Фаерштейн К.Л., Цветкова Е.М., Аникин Ю.А.
Научный руководитель: Филонов М.Р., д.т.н., профессор
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
119049, г. Москва, Ленинский пр., д. 4.
E-mail: Const@firestein.ru

При получении аморфных и нанокристаллических лент методом закалки плоской струи расплава на вращающемся барабане – холодильнике (спиннингование) неизбежно образование дефектов на контактной поверхности полученных лент [1]. Наличие дефектов на всех исследованных лентах свидетельствует о том, что процессы, приводящие к образованию дефектов, характерны для самой технологии получения данных сплавов.

В работе [2] предложена модель образования дефектов на контактной поверхности аморфных лент, согласно данной модели образование дефектов определяется процессами, происходящими на межфазной границе расплав – барабан-холодильник в зоне формирования ленты. Следует также отметить, что изучение межфазного взаимодействия расплав – барабан-холодильник необходимо для определения причин возникновения нестабильности на начальной фазе протекания процесса спиннингования, проводящей к аварийной остановке процесса. Однако экспериментальное изучение зоны формирования ленты затруднено из-за большой скорости протекания процесса.

Косвенно исследовать характер межфазного взаимодействия расплав – барабан-холодильник можно, проводя систематический и сравнительный анализ рельефа получаемых лент. Топография контактной поверхности произведенных лент является как бы мгновенной фотографией конечной фазы деления захваченных воздушных пузырей при подходе их к развитой зоне затвердевания (где-то в конце обреза сопла). Исследования поверхности быстрозакаленных лент позволяют сделать выводы о процессах, происходящих при контакте расплава с барабаном - холодильником.

Для определения особенностей дефектов на контактной поверхности аморфных и нанокристаллических лент, характерных для самого процесса получения ленты на вращающемся барабане-холодильнике, были исследованы аморфные ленты из сплавов типа «FINEMET», полученные на медном, стальном барабане и на барабане из сплава на основе Fe-Cr-Si-C.

Микрофотографии контактной поверхности лент, полученные с помощью оптического микроскопа Versamet-2 Union, представлены на рисунке 1.

На всех микрофотографиях наблюдается схожая конфигурация дефектов. Дефекты направлены вдоль директории вращения барабана. Контактная поверхность всех лент имеет полосчатую структуру, это связанно со схожей технологией обработки всех барабанов, а, следовательно, и со схожей топографией поверхности барабанов, что подтверждает выводы работы [3].

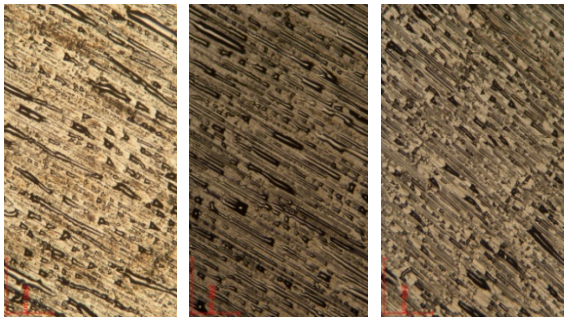
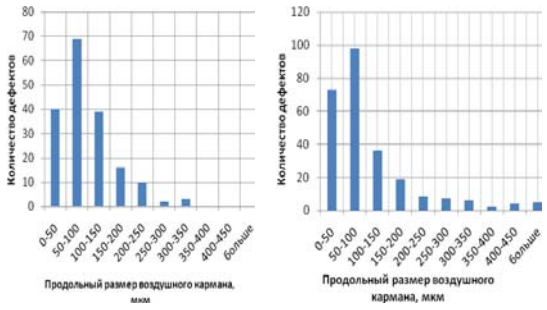


Рис. 1. Микрофотографии сплавов типа FINEMET, полученные на разных барабанах: а) на медном барабане, б) на стальном барабане, в) на барабане из сплава на основе Fe-Cr-Si-C

Полученные микрофотографии обрабатывались с помощью специализированного программного обеспечения – «Image-Pro Plus», это позволило выделить дефекты и построить гистограммы по продольным размерам воздушных карманов (рис 2).

На гистограммах, представленных на рисунке 2, видно, что наибольшее количество дефектов имеют продольные размеры в интервале от 50 до 100 мкм, несмотря на различные условия смачиваемости и теплоотвода, характерные для барабанов на которых были получены ленты.

Таким образом, можно сделать вывод, что подбор материала барабана не позволит полностью избежать появления воздушных карманов на поверхности аморфных и нанокристаллических лент.



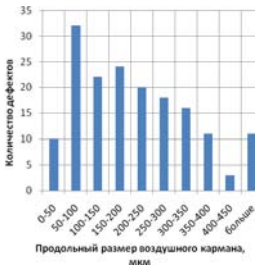


Рис.2. Гистограммы продольных размеров «воздушных карманов» для сплавов типа FINEMET, полученные на разных барабанах: а) на медном барабане, б) на стальном барабане, в) на барабане из сплава на основе Fe-Cr-Si-C

Модель образования геометрических дефектов на контактной и свободной поверхности быстрозакаленных лент описана в работе [2]. Представленная модель дефектообразования [2] достаточно схематична, прежде всего, из-за двухмерности рассмотрения. Воздушные карманы являются трехмерными объектами.

Для более подробного изучения рельефа поверхности аморфных и нанокристаллических лент, а также, изучения механизма образования дефектов, строились объемные модели дефектов на поверхности исследуемых лент (рис. 3). Модели строились с помощью специального программного обеспечения для обработки микрофотографий.

Рис.3. Объемная модель контактной поверхности аморфной ленты: а) дефект типа «воздушный карман», б) часть контактной поверхности аморфной ленты.

Объемная модель дефекта на контактной поверхности аморфной ленты дает важную дополнительную информацию. Видно, что середина «воздушного кармана» имеет выпуклую форму.

Такая форма воздушного кармана подтверждает сделанное ранее предположение [2] о проседании свода воздушной поры. То есть, после образования воздушной поры в процессе ее прохождения под соплом свод поры под воздействием избыточного давления в сопле проседает, и его середина практически ложится на поверхность барабана. И то, что мы видим на фотографиях и называем «воздушным карманом», является близким к овалу (в зависимости от формы «воздушного кармана») замкнутым воздушным каналом. Канал достаточно узкий, часто треугольного профиля (углом внутрь тела ленты). Следует заметить, что при делении поры и просадке свода поверхностное натяжение играет весьма незначительную роль, так как радиусы кривизны в обоих случаях достаточно велики. Последнее следует из того, что вертикальный размер (высота поры или «воздушного кармана») более чем на порядок меньше горизонтальных размеров (длины или ширины поры или «воздушного кармана»). Этот весьма важный факт дополняет модельную картину зарождения и динамики воздушной поры при спиннинговании.

Выводы:

1. Конфигурация дефектов на контактной поверхности быстрозакаленных лент схожа для лент, полученных на разных барабанах-холодильниках.
2. У всех исследованных лент большинство дефектов имеют продольные размеры в интервале 50-100 мкм
3. Объемная модель дефекта на контактной поверхности ленты подтвердила предположение о проседании свода «воздушного кармана» под действие избыточного давления в расплаве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Филонов М.Р., Аникин Ю.А., Левин Ю.Б. Теоретические основы производства аморфных и нанокристаллических сплавов методом сверхбыстрой закалки. - М. «МИСиС», 2006. - 328 с.
2. Е.М. Цветкова, М.Р. Филонов, Ю.А. Аникин, М.Ю. Язвицкий, А.Н. Шумаков. Исследование рельефа контактной и свободной поверхностей аморфных и нанокристаллических лент, полученных закалкой из расплава на вращающемся барабане-холодильнике.// Известия ВУЗов. Черная металлургия. 2011. № 9, с.28 – 32.
3. Ю.А. Аникин, М.Р. Филонов, А.Н. Шумаков, Е.М. Цветкова, М.Ю. Язвицкий. Воздействие струи расплава на поверхность барабана-холодильника при получении аморфной ленты закалкой из жидкого состояния. // Известия ВУЗов. Черная металлургия. 2011. № 3. С. 41 – 44.

УСВОЕНИЕ АЛЮМИНИЯ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Федосеев С.Н.
Научный руководитель: Сулимова И.С.
Юргинский технологический институт ТПУ, г. Юрга
652050, г. Юрга, ул. Ленинградская, д.26
E-mail: Siris78@mail.ru

Современную металлургию характеризует развитие новых технологических схем производства стали с гарантированной степенью чистоты, которые достигаются путем регулирования химического состава как матрицы, так и неметаллических включений. Усилия направленные на снижение содержания серы и других нежелательных примесей, а также неметаллических включений до сверх низких уровней, вызывает большие затраты на оборудование (новое или модернизацию существующего), а также высокие эксплуатационные расходы.

Исходя из этого, что понятие «чистой» стали относительное, так как включения являются естественными структурными составляющими, проблема качества в значительной степени должна решаться оптимизацией состава и структурных составляющих системы сталь-включение, то есть наиболее высоких эксплуатационных характеристик стали.

Рациональное раскисление металла и шлака является важнейшей операцией сталеплавильного производства и непосредственно влияет на количество неметаллических включений и их свойства. Выбор типа раскислителя и технологии раскисления каждое металлургическое предприятие решает по-своему. В настоящее время широкое применение нашли различные металлические и неметаллические материалы, используемые для раскисления металла. К ним относятся традиционные – чушковый и порошкообразный алюминий, ферросплавы и нашедшие применение в последнее время отходы металлургических производств: шлаки алюминиевого, ванадиевого и абразивного производств, карбид кремния.

Сильные раскислители оказывают определяющие влияние на формирование неметаллических включений и их морфологию. Алюминий является наиболее распространенным раскислителем жидкой стали. Реакция раскисления алюминием в жидкой стали протекает в течении нескольких секунд, а некоторые считают ее мгновенной и необратимой:

$$2[Al]+3[O]=Al_2O_3$$

В промышленных плавках спокойной стали, раскисленной алюминием, обычно общее содержание кислорода получается намного выше 0,002–0,006 %, что очевидно зависит от кинетических факторов процесса, а также от повторного окисления металла. Разность между общим и растворенным кислородом находится в расплаве в виде глинозема, который имеет свойство соединяться в крупные включения, а также образовывать мелкие суспензии.

В связи с тем, что в процессе раскисления лимитирующая стадия может изменяться от внутренней (лимитирование доставкой раскислителя) к внешней диффузионной кинетике (лимитирование доставкой кислорода), может изменяться и характер продуктов раскисления железа алюминием. В первом случае возможно образование железистой шпинели, во втором – чистого глинозема. В результате получаются сложные неметаллические включения, содержащие шпинельный зародыш в центре и глиноземистую оболочку снаружи.

Раскисление стали алюминиевой проволокой является наиболее рациональным способом, в этом направлении проведены многочисленные исследования.

Для изучения факторов, влияющих на усвоение алюминия в процессе обработки металла были проведены исследования технологии выплавки и внепечной обработки стали S355J2G3 на ОАО «Юргинский машзавод».

Выплавка стали производится дуплекс-процессом ДСП-АКП. Сталь расплавляется в ДСП, после чего выпускается и передается на доводку в агрегат ковш-печь. Алюминий (в виде чушек) отдается в металл на выпуске из печи в ковш, и для окончательного раскисления вводится с помощью трайб-аппарата в виде проволоки за 15 минут до окончания обработки на АКП. Параллельно в металл может вводиться стальная проволока с модификатором в виде силикокальция, силикокальций-бария.

Проанализировав данные химического анализа металла различных плавок были построены зависимости коэффициента усвоения алюминия от различных технологических параметров.

При введение алюминия в кусковом виде в ковш на выпуске полупродукта из печи из-за низкой плотности процесс растворения алюминия протекает в верхних горизонтах поднимающегося металла при непосредственном контакте со шлаком и атмосферой. Непостоянство поверхности контакта с металлической, шлаковой и газовой фазами и сам контакт с атмосферой в условиях интенсивного перемешивания во время слив металла в ковш приводит к неконтролируемому и высокому угару алюминия, низким средним значениям коэффициента усвоения и значительной величине разброса. При этом наблюдались общеизвестные закономерности:

1) угар алюминия увеличивался при увеличении окисленности шлака и температуры (рис.1, I);

2) снижение угара алюминия наблюдалось при повышении основности шлака.

При обработке металла на АКП алюминий вводился в виде проволоки с помощью трайб-аппарата, это позволило сократить контакт алюминия со шлаком, в результате чего влияние параметров шлака на его усвоение свелось к минимуму (рис. 1, II).

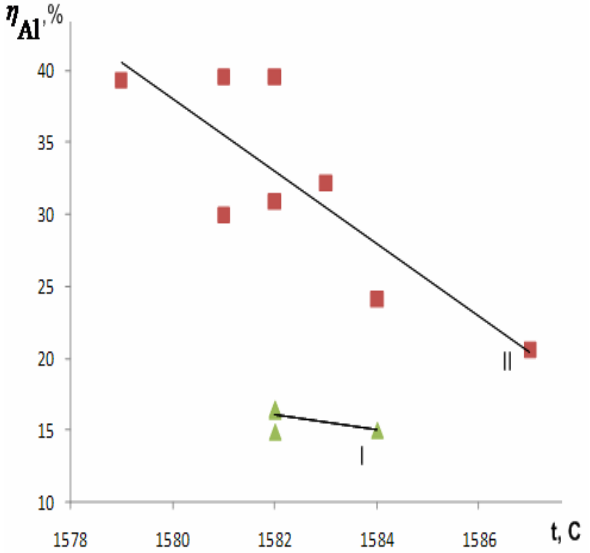


Рис. 1. Влияние температуры металла на усвоение алюминия (I – при обработке полупродукта чушковым алюминием в ковше на выпуске; II – при обработке стали алюминиевой проволокой на АКП)

Увеличение коэффициента усвоения алюминия наблюдалось при введении в металл модифицирующихдобавок на основе кальция – СК 25, СК 10+Ва 10 (рис. 2). Совместная присадка кальция и алюминия оказывает влияние на эффективность ввода каждого из них. Сравнение опытных плавок показывает: дополнительный ввод силикокальция приводит к повышению коэффициента усвоения алюминия на 3-5 %.

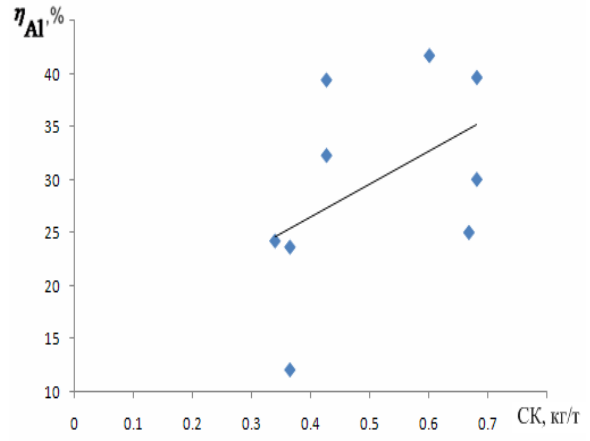


Рис. 2. Влияние расхода силикокальция на усвоение алюминия

Алюминий в металлургической практике все чаще используют не только как раскислитель металла, но и как микролегирующий элемент для карбонитридного упрочнения, получения мелкого зерна, повышения пластичности, ударной вязкости и хладостойкости стали. Алюминий образует прочные нитриды, которые являются эффективным замедлителем роста зерна при нагреве. При изменении содержания алюминия в спокойной стали изменяется природа и морфология неметаллических включений. Микролегирование спокойной стали алюминием в количестве 0,03-0,06 % обеспечивает оптимальное сочетание физико-механических и служебных свойств металла.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зиборов А.В., Зырянов В.В., Кузнецов М.С. и др. Влияние технологии внепечной обработки на загрязненность стали неметаллическими включениями. // Металлург. – 2008. – №3. – с. 39–40.

2. Процессы внепечной обработки стали: научное издание / Р.А. Гизатулин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 287 с.

3. Виноградов С.В., Фетисов А.А., Жучков В.И. Улучшение качества и разливаемости металла путем совершенствования технологии его раскисления при внепечной обработке. //Металлург. – 2003. – №10. – с. 45–47.

4. Виноградов С.В., Кромм В.В., Жучков В.И. Эффективность различных способов раскисления стали при внепечной обработке. // Электрометаллургия. – 2004. – №6. – с. 21–23.

5. Голубцов В.А. Теория и практика введения добавок в сталь вне печи. – Челябинск, 2006. – 423 с.

6. Казаков С.В., Гуненков В.Ю., Кушнерев И.В. и др. Влияние внепечной обработки на количество неметаллических включений в стали. // Черная металлургия: Бюл. НТИ. – 2006. – №10. – с. 37–40

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕРПЕНТИНА С ЖЕЛЕЗОМ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЗАЩИТНОГО МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ

Химич М.А.
Томский государственный университет
Научный руководитель: Ковалевская Ж.Г., к.т.н., доцент
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск
Томский политехнический университет
E-mail: shinju2902@tambo.ru

Одной из основных проблем машиностроения, как известно, является проблема изнашивания технических средств. Естественно, что борьба с ней является, по сути, одним из главных направлений в развитии машиностроения вообще [1]. В первой половине 90-х годов прошлого столетия сотрудником НИИ «Механбор» (г. С.-Петербург) Д.М. Телухом были опробованы смазочные композиции. Испытания таких композиций с добавлением тонкодисперсных порошковых железистых кварцитов на испытательном полигоне НПО «Микрогонмаш» в г. Омске в 1985г. дали положительные результаты. Были проведены первые испытания новых смазочных композиций (СК). Экспериментальное использование таких СК привело к увеличению прочности и долговечности тестируемых деталей. Сотрудниками НПО «Руспромремонт» было установлено, что для реализации ремонтно-восстанавливающей технологии наилучшими материалами являются минералы типа серпентинитов [2].

Нами была поставлена задача экспериментальным путем оценить характер взаимодействия СК с материалом детали из сплава на основе железа – стали при формировании защитного металлокерамического слоя – покрытия, повышающего прочность и износостойкость деталей.

Для изучения процесса взаимодействия СК с поверхностью стали использовался термогравиметрический (ТГ) и дифференциальный сканирующий калориметрический (ДСК) анализ. В настоящее время проводится рентгеноструктурный анализ (РСА) и оптическая металлография.

За основу эксперимента нами были взяты порошки серпентина и технически чистого железа. Первое, что мы сделали – разделили порошок железа на фракции. В эксперименте был использован порошок, размер крупинок которого составлял 40-125мкм.

Был проведен анализ следующих материалов: серпентина, порошка железа и механической смеси 50об.% серпентина и 50об.% железа. С помощью прибора для синхронного ТГ-ДСК анализа STA 409 PC Luxx проведена оценка потери веса и количества поглощаемого тепла навесок серпентина, технически чистого железа и механической смеси серпентина и железа. Оценивались процессы, происходящие в материале в интервале температур 25 – 1400ºС.

Анализ кривой потери массы серпентина показал, что при нагреве происходит уменьшение массы вещества в интервале температур 520 – 720ºС и составляет 10 мас.%. Как показывает ДСК кривая, нагрев серпентина до температуры 500ºС идет без тепловых скачков. Затем начинается потеря тепла, что говорит о том, что в материале происходят эндотермические процессы (рис.1).

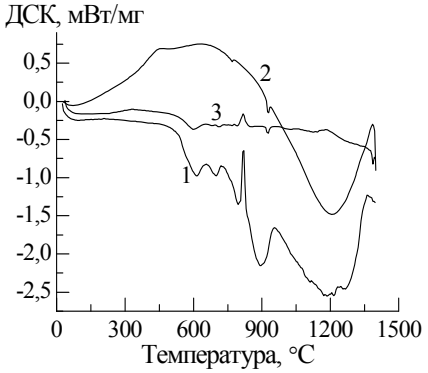


Рис. 1. Изменение тепловой энергии при нагревании серпентина (1), железа (2) и смеси серпентина и железа (3)

В случае нагрева порошка железа потери веса во всем интервале температур не происходит. ДСК кривая имеет плавный подъем до 700ºС с выделением энергии с переходом к плавному спаду с эндотермическим эффектом при температуре 900ºС. На кривой в виде перегибов и пиков регистрируются все характерные для технически чистого железа критические точки: температура рекристаллизации; точка Кюри; полиморфное превращение α-железа в γ-железо и т.д. Все перечисленные процессы происходят с незначительной потерей энергии.

ТГ анализ показал, что добавление в серпентин 50об.% железа затруднило процесс снижения масса вещества до значения 2%. Сравнительный анализ ДСК кривых показал, что до температуры 450ºС динамика процесса нагрева смеси серпентина и железа повторяет процесс нагрева серпентина с той лишь разницей, что при нагреве смеси поглощается меньшее количество тепла, что обусловлено протеканием экзотермических процессов в железной составляющей смеси (рис. 1). В интервале температур 450 – 700ºС влияние экзотермического выделения тепла в железной составляющей смеси почти полностью нивелирует потерю тепла, характерную для реакций, протекающих в серпентине в этом температурном интервале. При дальнейшем нагреве, несмотря на то, что в случае нагрева железа или серпентина в отдельности имеет

место значительное поглощение тепла, при нагреве смеси порошков данного процесса не происходит. Следовательно в смеси серпентина с железом при нагреве выше 700ºС происходят дополнительные реакции [3].

Для оценки фазовых превращений происходящих в исследуемой смеси при нагреве до определенных нами критических температур, были нагреты отдельно порошки железа и серпентина, а также их смесь в атмосфере аргона. Нагрев проводили в защитной атмосфере аргона до 550 и 850ºС и охлаждали с печью. При нагреве серо-зеленый порошок серпентина изменил свой цвет – после нагрева до 550ºС стал песочным, а после нагрева до 850ºС – терракотовым, что говорит об изменении его фазового состава (рис.2).

Рис.2. Изменение цвета порошка серпентина при нагреве его в воздушной атмосфере до 600 и 900^0С

При нагреве порошок железа также изменил цвет – стал значительно темнее. При нагреве смеси порошков железа и серпентина до вышеуказанных температур произошло спекание компонентов с образованием конгломерата.

Полученные нами смесь серпентина и железа, а также продукты нагрева были отправлены в НГТУ (г. Новосибирск) для РСА.

Следующим этапом работы, было исследование механического взаимодействия компонентов смеси. Для этого проводили механическое смешивание составляющих в шаровой мельнице. Всего порошки смешивались 336 часов (две недели). В результате, на шариках шаровой мельницы сформировалось рыхлое покрытие серо-зеленого цвета (рис.3).

Рис.3. Шарики шаровой мельницы с образовавшимся на них покрытием

Возможно, что на шарики налип серпентин, а железо оказалось слишком тяжелым, тогда надо было использовать более мелкую фракцию. Для точного определения состава сформировавшегося покрытия образцы были отправлены на РСА.

Несколько шариков с налипшим на них слоем были использованы для проведения оптической металлографии. Мы подготовили форму, поместили в нее шарики и залили эпоксидной смолой. Сделали шлиф и обнаружили, что покрытие не имеет адгезионной связи с шариком. Можно предположить, что в ходе механического перемешивания воздействия, которое оказывали падающие друг на друга стальные шарики, было не достаточно для образования связи между частицами серпентина и материалом шарика.

Выводы

1. Для формирования металлокерамических покрытий процессы, протекающие в зоне взаимодействия, должны соответствовать условиям нагрева в интервале 520…700ºС.
2. Для формирования покрытия получаемого из смеси порошков железа и серпентина в условиях перемешивания в шаровой мельнице, необходимо использовать более мелкую фракцию железа.
3. Для образования связи между частицами серпентина и железа необходимо не только механическое воздействие, оказываемое падающими друг на друга шариками, но и какое-либо другое – возможно ультразвуковое и термическое.

Литература:

1. Зуев В.В., Лазарев С.Ю. и др. Новые подходы к процессам трения и износа // сайт http://www.forsan.biz
2. Телух Д.М., Кузьмин В.Н., Усачев В.В. // Трение, износ, смазка (электронный ресурс). – 2009. – №3. – 2с.
3. Ковалевская Ж.Г., Белявская О.А., Уваркин П.В. Исследование влияния температуры на взаимодействие геомодифицирующего материала и стальной детали // Изв. вузов. Физика. – 2011. – Т. 54. – №. 11/3 – С. 242-245.

РАЗВИТИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ПЛЕНКА-ПОДЛОЖКА В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ АМГ2 И 1570

Хохлова А.И.
Научный руководитель: Панин А..В., д.ф.- м.н.
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: annakozelskaya@gmail.com

Термически выращенные оксидные слои широко используются для увеличения срока службы и надежности деталей машин и механизмов, работающих в условиях высоких температур. Они формируются на поверхности металла для предотвращения доступа кислорода и последующего его окисления. В процессе термического оксидирования в системе оксидная пленка-металлическая подложка возникают сильные сжимающие напряжения. Релаксация напряжений начинается с локальной потери устойчивости границы раздела оксид-металл и может приводить к формированию складок на поверхности оксидных покрытий, их отслаиванию от подложки, короблению, растрескиванию и т.п.

Поскольку характер развития неустойчивости границы раздела зависит от напряженно-деформированного состояния и степени податливости подложки, толщины оксидной пленки и др., то изучение закономерностей развития складчатых структур на поверхности оксидных пленок позволит глубже понять механизмы их деградации при повышенных температурах и выработать рекомендации по увеличению срока службы металлических деталей.

В работе изучена эволюция поверхности алюминиевых сплавов АМГ2 (2,8% Mg – 0,4% Mn – 0,3% Fe – 0,3% Si) и 1570 (5,6% Mg – 0,4% Mn – 0,32% Sc) в процессе их термического оксидирования. Перед проведением оксидирования была проведена стабилизация их зеренной структуры путем отжига в вакууме при температуре 580°C в течение 3 часов. Для получения оксидных пленок предварительно полированные образцы размером $10\times10\times2$ мм^3 подвергали воздушно-термическому оксидированию длительностью от 5 минут до 5 часов. Оксидирование проводилось путем отжига образцов в открытой муфельной электропечи в диапазоне температур от 590 до 630 °C.

Морфологию поверхности оксидных пленок исследовали с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) Quanta 200 3D, атомно-силового микроскопа (АСМ) Solver HV и оптического профилометра NewView 6200. Температуру плавления алюминиевых сплавов определяли на приборе синхронного термического анализа (дериватографе) STA 409 PC Luxx.

Исследования показали, что после отжига в течении 10 минут при температурах 590°C (Сплав 1570) и 610°C (АМГ2) на их поверхности

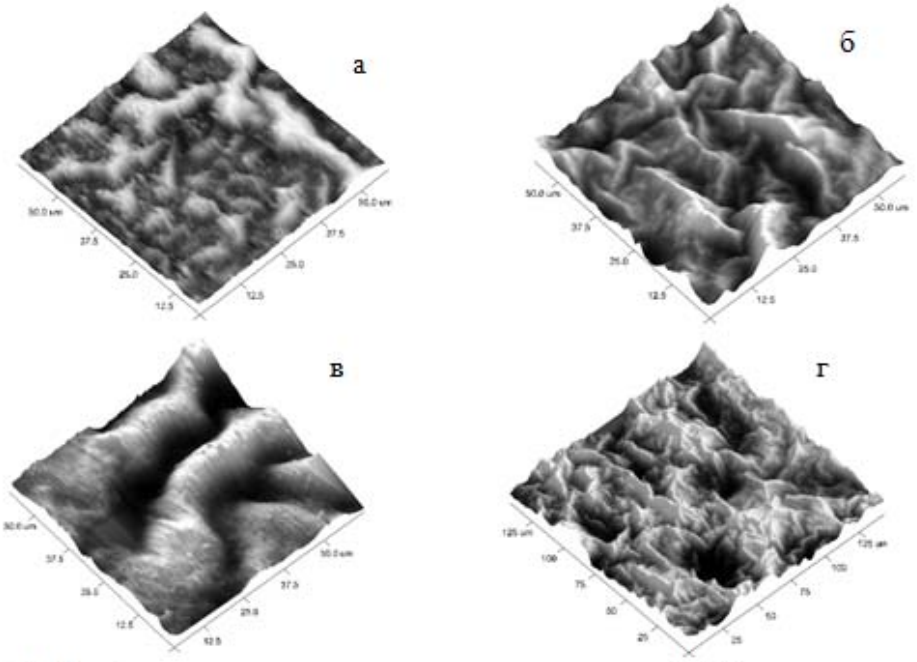


Рис. 1. АСМ-изображения поверхности алюминиевого сплава АМГ2 после оксидирования при температурах 610 (а-в) и 630 °C (г) в течение 5 (г), 10 (а), 30 минут (б) и 5 часов (в)

формируются локальные складки с латеральными размерами 5-10 мкм (рис. 1,а). Образование складок происходит неравномерно по поверхности образца, в результате чего на начальном этапе

наблюдаются складки различной высоты. Однако с увеличением времени оксидирования до 30 минут высота складок выравнивается, и они формируют однородную лабиринтную структуру (рис. 1,б). При дальнейшем увеличении длительности оксидирования вплоть до 5 часов имеет место рост, как длины волны, так и высоты складок (рис. 1,в). Кроме того, в результате подобного длительного отжига гофрирование вновь приобретает локальный характер: складки наблюдаются лишь на отдельных участках поверхности образцов.

Повышение температуры оксидирования приводит к более быстрому росту размеров складок, а также к формированию двухуровневого складчатого рельефа. Так при температуре 630°С уже через 5 минут оксидирования на поверхности сплава АМГ2 образуется гофр, состоящий из крупных складок с длиной волны ~ 60 мкм, на фоне которых наблюдаются мелкие складки с латеральными размерами ~ 10 мкм (рис. 1,г).

Образование оксидной пленки в процессе воздушно-термического оксидирования сплавов АМГ2 и 1570 сопровождается развитием сжимающих напряжений, вызванных несколькими факторами. Во-первых, трансформация алюминия в оксид приводит к увеличению объема формирующегося слоя. Во-вторых, в процессе оксидирования происходит повышение плотности оксидной пленки за счет продолжающегося роста Al_2O_3 внутри уже существующего слоя оксида, так называемого «латерального» роста. Однако, вследствие ограничений со стороны подложки пленка не может расшириться, и ее уплотнение становится избыточным. В результате, в оксидной пленке развиваются сжимающие напряжения, а в поверхностном слое подложки – растягивающие. Релаксация напряжений приводит к гофрированию оксидных пленок.

Механизм, лежащий в основе гофрирования, заключается в эйлеровской упругой неустойчивости пленок под действием сжимающих напряжений.

Рис. 2. Периодическое распределение нормальных σ и касательных τ напряжений в системе оксидная пленка-алюминиевый сплав

Отличие от классической модели Эйлера заключается лишь в ограничениях, которые металлическая подложка накладывает на изгиб оксидной пленки. Гофрирование начинается в местах неровностей на границе раздела между ними. Локальная кривизна интерфейса приводит к возникновению компоненты напряжений, направленной нормально к границе раздела. Релаксация нормальных напряжений вызывает локальный изгиб пленки, сопровождающийся когерентной деформацией подложки и проявляющийся в виде складки. Дальнейшая релаксация сжимающих напряжений в оксидной пленке приводит к формированию однородного гофра, как за счет удлинения отдельных складок, так и роста их высоты и поперечного размера. Конфигурация складок определяется соотношением компонент напряжений, действующих в плоскости пленки в различных направлениях.

Гофрирование оксидной пленки обусловливает возникновение волнистой границы раздела пленка-подложка, вдоль которой в условиях сжатия формируется периодическое распределение напряжений и деформаций. В вершинах складок напряжения нормальные к границе раздела являются растягивающими, а в области впадин – сжимающими (рис. 2). Аналогично изменяются и касательные напряжения вблизи свободной поверхности пленки. При увеличении длительности термического оксидирования под действием нормальных растягивающих напряжений имеет место дальнейший рост высоты складок гофра, в то время как длина волны остается постоянной. Последнее, однако, вызывает повышение локальной кривизны пленки в областях вершин и впадин гофра и соответствующее увеличение касательных напряжений. Кроме того, непрерывно возрастает толщина выращенного оксидного слоя. Оба этих фактора приводят к увеличению энергии изгиба пленки, что обусловливает следующий этап эволюции гофра, на котором происходит рост длины волны складок гофра.

Повышение температуры оксидирования вызывает увеличение, как скорости образования оксида, так и податливости алюминиевой подложки. В результате развивается гофр с большей длиной волны и формируется двухуровневая складчатая система.

Поскольку для когерентного гофрирования системы пленка-подложка необходимо чтобы последняя была достаточно податливой, то развитие неустойчивости начинается только при температурах близких к температурам плавления алюминиевых сплавов. Поэтому, более низкая температура плавления сплава 1570 (~ 630°С по данным термогравиметрии), по сравнению с АМГ2 (~ 650°С), обусловливает соответствующее понижение температуры его гофрирования.

ОБРАЗОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ НА КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕНТ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗАКАЛКОЙ ИЗ РАСПЛАВА НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ БАРАБАНЕ – ХОЛОДИЛЬНИКЕ

Цветкова Е.М., Фаерштейн К. Л., Аникин Ю.А.
Научный руководитель: Филонов М.Р., д.т.н., профессор
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119049, г. Москва, Ленинский пр., д. 4.
E-mail: tsvetkovaEM@yandex.ru

В процессе быстрой закалки расплава методом спиннингования или закалки плоского течения на контактной поверхности лент образуется рельеф в виде ямок и борозд самой разнообразной формы. Характерно, что этот рельеф в той или иной степени имеется на всех известных нам и описанных в литературе лентах, и создается впечатление, что рельеф является неотъемлемой особенностью лент, полученных методом быстрой закалки расплава [1].

При рассмотрении возможных механизмов образования рельефа следует в первую очередь выяснить, на какой стадии процесса образуется рельеф и какие геометрические формы являются закономерными в картине рельефа, а какие - случайными.

Высокие скорости процесса делают крайне затруднительным прямое экспериментальное исследование жидкой ванны, поэтому имеющиеся экспериментальные данные крайне скудны, а указываемые обычно характеристики процесса (температура ванны, скорость охлаждения и т. д.) получены расчетным путем с теми или иными допущениями. Сразу же следует отметить, что обычно в расчетах предполагается постоянство коэффициента температуропроводности от расплава к диску, которое с очевидностью нарушается самим фактом существования рельефа.

По представлениям авторов работы [2] в процессе формирования ленты при закалке плоской струи расплава на вращающемся барабане-холодильнике в точке встречи расплава с поверхностью барабана-холодильника нарушается непрерывность гидродинамических характеристик течения: скорость расплава в этой точке «слева» u(-0) = u, в то время как «справа» в той же точке, по условию прилипания $u(+0) = V_д$. Соответственно, в этой точке имеется разрыв скоростей, соответствующий отрицательному импульсу давления [2]:

$$\Delta p = \frac{1}{2}\rho(\Delta u)^2 \approx \frac{1}{2}\rho(V_0 - u)^2 \approx (1-1{,}5)\cdot 10^6 \quad \text{Па} \qquad (1)$$

где Δp – изменение давления в точке контакта, Па, ρ – плотность расплава, кг/м^3, Δu – изменение скорости в точке контакта, м/с, $V_д$ – скорость вращения барабана, м/с, u – скорость потока расплава, м/с.

Следовательно, в области контакта происходят периодические разрывы потока расплава с образованием каверн. Термодинамический анализ потенциала зарождения и роста каверн, то есть разрыва сплошности расплава в точке контакта с охлаждающей поверхностью барабана-холодильника, показал, что вероятность зарождения близка к единице ($0{,}99 \le \xi \le 1$), а наиболее вероятный размер каверн составляет около 10 мкм.

По данным работ [2,3] режим движения расплава оказывает существенное влияние на характер рельефа, поэтому надо полагать, что рельеф формируется на гидродинамической стадии процесса закалки, до затвердевания ленты.

Для понимания процессов, происходящих при контакте расплава с поверхностью барабана холодильника, необходимо определить характер движения расплава в подсопельной области.

Рассмотрим возможность турбулизации набегающего потока расплава на движущуюся поверхность барабана-холодильника на основе гидродинамического анализа.

Схематический вид огибающей задней части подсопельной зоны показан на рисунке 1а.

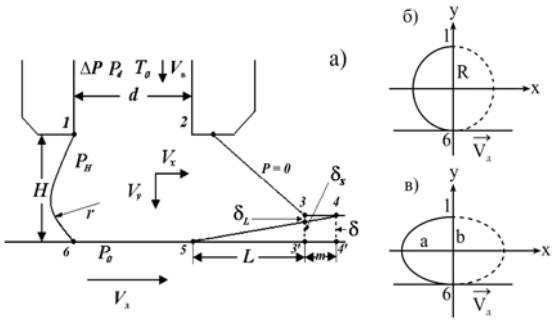


Рис.1. а) Схема зоны формирования ленты; б) огибающая задней части зоны (аппроксимация окружностью); в) огибающая задней части зоны (аппроксимация эллипсом).

Огибающая характеризуется как гладкая кривая с одним экстремумом. Кривизна огибающей задается величиной поверхностного натяжения, давлением в расплаве и динамическим напором. При проведении гидродинамического анализа огибающая аппроксимировалась окружностью и эллипсом (рис. 1б, в). Если считать, что в данной области выполняется условие неразрывности, то огибающая должна быть линией тока.

В точке 1 (рис. 1а) и крайней правой точке огибающей скорость соизмерима со скоростью выхода расплава из сопла ($V_y = V_в \approx 0{,}5 \div 1$ м/с). В точке 6 из условия прилипания расплава к поверхности барабана-холодильника скорость расплава должна быть равна скорости вращения барабана ($V_x = V_д \approx 20$ м/с).

Система уравнений, состоящая из уравнения для линии тока, уравнения неразрывности и уравнения, описывающего геометрию огибающей зоны, имеет вид:

$$\begin{cases} \dfrac{dy}{dx} = +\dfrac{V_y}{V_x} \\ \dfrac{dy}{dx} = -\dfrac{x}{y} \\ \mathrm{div}(V) = 0 \end{cases} \quad (2) \qquad \begin{cases} \dfrac{dy}{dx} = +\dfrac{V_y}{V_x} \\ \dfrac{dy}{dx} = -\dfrac{b^2}{a^2} \cdot \dfrac{x}{y} \\ \mathrm{div}(V) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

для рис. 1 б — для рис. 1в

Решая системы (2) и (3), были получены следующие соотношения

$$V_x^0 = V_y^0 \quad (4) \qquad \frac{V_y^0}{V_x^0} = \frac{b}{a} \quad (5)$$

Но выполнение условия (4) невозможно, из-за разницы скоростей выхода расплава из сопла и скорости движения барабана-холодильника.

При зазоре H ≅ 200 мкм по условию (5) протяженность задней части подсопельной области должна быть 2 мм, что соизмеримо с длиной всей зоны формирования ленты, т.е. области первичного контакта (точка 6, рис. 1а), что, в свою очередь, также нереализуемо на практике.

Таким образом, проведенный гидродинамический анализ показал, что в точке 6 (рис. 1а) не соблюдается условие неразрывности потока ($\mathrm{div}\, V \neq 0$). За дефектообразование на контактной поверхности лент, в таком случае, отвечают разрывы потока расплава в области первичного контакта с поверхностью барабана-холодильника. Возможная схема образования дефектов типа «воздушный карман», согласующаяся с проведенным гидродинамическим анализом, представлена в работе [3].

При продвижении дефектов в область затвердевания происходит увеличение образовавшихся каверн на контактной поверхности ленты вследствие разогрева, содержащегося в каверне объема газа. Таким образом, местоположение начала фронта затвердевания, оказывает определяющее влияние на процесс дефектообразования. Перегрев, физические свойства спиннингуемого расплава и материал барабана-холодильника могут менять местоположение начала фронта от нулевой точки контакта расплав-барабан до конца зоны формирования ленты. Смещение фронта затвердевания вглубь зоны формирования ленты приводит к увеличению геометрических размеров дефектов на контактной поверхности получаемой ленты, и даже может привести к выходу газового пузырька на свободную поверхность ленты в области окончания зоны формирования.

Выводы:

1. Геометрические дефекты контактной поверхности быстрозакаленных лент (воздушные карманы) возникают за счет разрыва потока расплава в месте ее первичного контакта с поверхностью барабана-холодильника. Полностью неустранимы при спиннинговании в атмосфере, так как определяются гидродинамикой потока расплава (невыполнение условия неразрывности $\mathrm{div}\, V \neq 0$ в месте контакта), присущей спиннингованию при любых технологических режимах.
2. Местоположение начала фронта затвердевания определяет размер «замороженных» дефектов на контактной поверхности ленты, образовавшихся за счет разрыва потока расплава в точке его первичного контакта с поверхностью барабана-холодильника.

Список литературы:

1. Филонов М.Р., Аникин Ю.А., Левин Ю.Б. Теоретические основы производства аморфных и нанокристаллических сплавов методом сверхбыстрой закалки. - М. «МИСиС», 2006. - 328 с.
2. Золотарев С.Н., Шумаков А.Н. Рельеф контактной поверхности быстрозакаленных лент. ФММ. 1987, т. 64, № 2, с. 349-357.
3. Е.М. Цветкова, М.Р. Филонов, Ю.А. Аникин, М.Ю. Язвицкий, А.Н. Шумаков. Исследование рельефа контактной и свободной поверхностей аморфных и нанокристаллических лент, полученных закалкой из расплава на вращающемся барабане-холодильнике.// Известия ВУЗов. Черная металлургия. 2011. № 9, с.28 – 32.

БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БРОНЕКЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С РАЗНЫМИ ДОБАВКАМИ

Чаплина Е.В.[1,2], Мухин В.В.[2,3], Непочатов Ю.К.[3]
Научный руководитель: Богаев А.А., к.т.н.
[1]Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина, 30
[2]ЗАО «НЭВЗ-КЕРАМИКС», 630049, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 220
[3]ООО «Керамик Инжиниринг, 630049, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 220
e-mail: k_chaplina@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время керамика широко используется в качестве броневого противопульного материала [1-4]. Алюмооксидная керамика является самым ранним и наиболее широко используемым видом броневой керамики, что объясняется сочетанием свойств и цены [2], в частности, высокие физико-механические свойства, позволяющие эффективно противостоять современным и перспективным средствам поражения. Баллистическая эффективность брони достигается оптимальным сочетанием свойств и структуры керамики [3, 4].

В настоящее время разработано большое количество технологий получения алюмооксидных керамических материалов. Корунд без добавок спекается по твердофазовому механизму путем диффузии [5]. Керамика на основе Al_2O_3, не содержащая модифицирующих добавок характеризуется невысоким уровнем свойств, трудно регулируемой структурой, низкой плотностью [4,6-7].

Для снижения температуры спекания, улучшения свойств алюмооксидной керамики применяют различные добавки. Целью данной работы являлось исследование влияния комплексных добавок на свойства и структуру алюмооксидной бронекерамики и оценка баллистической эффективности полученного материала.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Исследования проводились с использованием микронного порошка оксида алюминия (Almatis, Германия) со средним размером частиц 2 мкм. Средний размер частиц добавок не превышал 2 мкм. Добавки приготавливались с использованием планетарной мельницы АПФ-3.

Оксид алюминия смешивали с добавками (табл.1) в шаровой мельнице корундовыми шарами в течение 8 ч в водной среде. Количество добавки не превышало 2% мас. В качестве связующего использовали поливиниловый спирт

Таблица 1 – Шифры исследованных составов алюмооксидной бронекерамики

Шифр	Состав
A0	Без добавки
A1	$MgO+SiO_2$
A2	$MgO+SiO_2+Y_2O_3$
A3	$MgO+SiO_2+TiO_2$
A4	$MgO+SiO_2+Y_2O_3+TiO_2$

Из полученных масс методом одноосного прессования формовали образцы, которые затем ожигались в камерной печи (Naberthern, Германия) в температурном интервале от 1200 до 1700°С на воздухе.

После обжига определяли плотность, прочность на изгиб, твердость, трещиностойкость, микротвердость. Заключительным этапом исследований была оценка баллистической эффективности полученной керамики. Составы с лучшими характеристиками были подвергнуты баллистическим испытаниям.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Согласно полученным данным выбранные добавки позволяют снизить температуру спекания алюмооксидной керамики (рис.1).

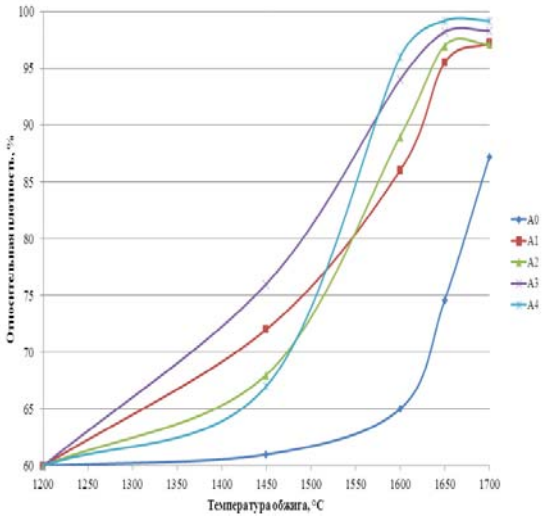


Рисунок 1- Зависимость относительной плотности от температуры обжига алюмооксидных керамических образцов с разными добавками

Спекание образцов с добавками происходит при более низких температурах, чем спекание корунда без добавок, за счет образования расплава эвтектической системы «MgO-Al_2O_3-SiO_2». Состав А1 приняли базовым. С помощью добавки оксида иттрия к базовому составу удалось повысить относительную плотность. Как показал анализ полученных данных, добавка оксида титана в большей степени снижает температуру спекания керамики. Комплексная добавка состава А4 позволила получить наибольшую плотность керамики. При этом согласно рисунку 1 оптимальной температурой обжига для образцов всех составов оказалась температура обжига равная 1650°С.

В таблице 2 приведены результаты комплексной оценки свойств керамических образцов всех составов при температурах обжига 1650°С, 1700 °С.

Таблица 2 – Свойства алюмооксидной керамики, допированной комплексными добавками

Шифр	Отн. плотность, (%)		Твердость по Виккерсу (ГПа)		Трещиностойкость ($МПа \cdot м^{0,5}$)		Прочность на изгиб (МПа)	
	1650	1700	1650	1700	1650	1700	1650	1700
А0	74.6	87.2	6.0	8.7	2.45	2.71	127	165
А1	95.5	97.2	14.0	15.5	3.42	3.58	251	294
А2	97.0	97.1	17.9	17.8	2.64	2.56	380	385
А3	98.2	98.3	15.5	14.8	4.15	4.21	284	260
А4	99.2	99.2	17.2	17.1	3.68	3.54	350	313

Введенные добавки позволили значительно повысить прочностные характеристики. Максимальную прочность на изгиб и микротвердость среди изученных составов показали образцы состава А2. Образцы состава А3 обладали высокой трещиностойкостью.

Главной целью исследований было улучшение баллистической эффективности алюмооксидной бронекерамики. Основные параметры керамики, обеспечивающие баллистическую эффективность, - это прочностные характеристики и структура. Таким образом, в соответствии с изложенными выше результатами для баллистических испытаний выбрали состав А2. Результаты испытаний броневых панелей, составленных из полученных образцов состава А2 положительны, бронекерамика обеспечивает защиту от пуль Б-32 и ЛПС ОБ/ССТ патрона 7,62·54Р для винтовки СВД. Живучесть броневых плит 6-8 выстрелов, что говорит о высокой баллистической эффективности полученной бронекерамики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показали возможность получения алюмооксидной керамики с относительной плотностью около 99.2%, высокой твердостью 18.0 Гб, высокой трещиностокостью 4.15 $МПа \cdot м^{0,5}$, прочностью на изгиб 560 МПа, высоким модулем Юнга 450 ГПа при температуре обжига 1650°С.

Образцы из алюмооксидной керамики с добавкой $MgO+SiO_2+Y_2O_3$ выдержали баллистические испытания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Karandikar P.G., Evans G., Wong S. and Aghajanian M.K. A review of ceramics for armor applications. 32th International Conference on Advanced Ceramics and Composites, Daytona Beach, January 2008. Rev.3 Ceramic Engineering and Science Proceedings V.29, No.6.
2. Charles E. Anderson Jr., Suzanne A. Royal-Timmons. Ballistic performance of confined 99.5%-A12O3 ceramic tiles. Int. J. Impact Engng, Vol. 19, No. 8, 1997, 703-713.
3. J.B. Quinn, G.D. Quinn, On the hardness and brittleness of ceramics, Key Engineering Materials, vols. 132–136, Trans Tech Publications, Switzerland, 1997, 460–463.
4. Medvedovski E. Ballistic performance of armour ceramics:Influence of design and structure. Part 1. Ceramics International 36, 2010, 2103–2115.
5. Балкевич В.Л. Техническая керамика / В.Л. Балкевич. - М.: Стройиздат, 1984. - 250 с.
6. Иванова Л.П. Керамика из оксида алюминия с пониженной температурой спекания / Буранова Н.Д., Кораблева Е.А.
7. Лукин Е.С., Макаров Н.А. и др. Новые виды корундовой керамики с добавками эвтектических составов // Конструкционные материалы, №3. 2001.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ СВС-ПОРОШКОВ ПРИ РЕАКЦИОННОМ СПЕКАНИИ НИТРИДСОДЕРЖАЩЕЙ КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ «Al-O-N»

Чаплина Е.В., Паутова Ю.И., Громов А.А.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина, 30

Сегодня основные направления в керамической технологии связаны с созданием многофункциональной керамики [1]. В связи с этим получению нитридной и оксинитридной керамики уделяется значительная доля внимания в науке и промышленности [2]. Одним из перспективных направлений в области нитридной керамики является получение композиционных материалов методом СВС на воздухе [3]. Получение керамики на основе системы «Al-O-N» является актуальной задачей. Целью данной работы являлось получение керамики основе полученного самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС) на воздухе нитридсодержащего материала в системе «Al-O-N».

Для получения нитридсодержащего материала использовались грубодисперсные порошки алюминия марки ПАП-2 (a_s=40-50 мкм) и оксида алюминия марки Ч (a_s=60-70 мкм).

1)

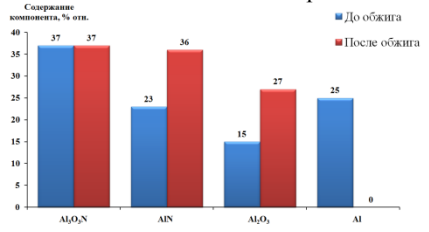
интез нитридсодердащей шихты осуществлялся с помощью горения свободно насыпанных навесок смесей металла и его оксида в воздухе. Была выбрана масса навески 5 г, как наиболее оптимальная согласно ранее проведенным исследованиям. Для проведения СВС керамических материалов выбраны следующие составы:

– «Al + 50% мас. Al2O3» (в продуктах сгорания преобладающая фаза оксинитрид алюминия);

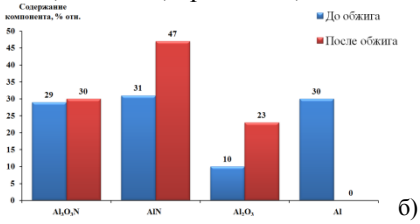
– «Al + 30% мас. Al_2O_3» (в продуктах сгорания преобладающая фаза нитрид алюминия).

Был проведен предварительный эксперимент по спеканию продуктов сгорания смесей приведенных составов при 1550°C в среде азота. СВС-порошки были измельчены, просеяны через сито. Из них методом прессования были сформованы цилиндрические образцы, в качестве временной технологической связки выступал этанол. Спрессованные образцы были обожжены в трубной печи (Nabertherm, Германия).

Фазовый состав определялся посредством РФА (ДРОН-3М), полученные результаты представлены на рис.1 Состав полученной керамики представлен тремя фазами: AlN (ICDD PDF2, 25-1133), A_3O_3N (ICDD PDF2, 36-0050), Al_2O_3 (ICDD PDF2, 46-1212). Недогоревший алюминий под действием высокой температуры вступил во взаимодействие с азотом с образованием нитрида, что в некоторой степени активировало процесс спекания. В таблице 1 приведены характеристики полученной керамики, из которой видно, что образцы того и другого состава обладают высокой пористостью, высокими значениями водопоглащения и низкой прочностью.



а)



б)

Рис.1. Относительный фазовый состав керамического материала до и после обжига при T_{max}=1550°C в среде азота исходного состава: а) «Al + 50% Al_2O_3»; б) «Al + 30% Al_2O_3»

Для определения относительной плотности, пористости, водопоглощения использовали стандартную методику – метод гидростатического взвешивания. Микротвердость определяли по стандартной методике на приборе ПТМ-3. Прочность на сжатие определяли на лабораторном гидравлическом прессе по стандартной методике.

С

Таблица 1 – Свойства керамики, полученной в результате обжига при T_{max}=1550°C в среде азота

Параметры	Керамика на основе продуктов сгорания начального состава	
	«Al + 50% мас. Al_2O_3»	«Al+30% мас. Al_2O_3»
Водопоглощение В, %	18,0	15,0
Открытая пористость $П_о$, %	42,7	37,6
Закрытая пористость $П_з$, %	3,8	5,3
Отн. плотность $\rho_{отн}$, %	53,5	57,1
Прочность на сжатие, МПа	19,5	23,8
Микротвердость, ГПа	-	-

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что образцы спеклись частично, структура несовершенна. Это говорит о том, что температуры обжига T_{max}=1550°C недостаточно для получения плотноспеченной керамики.

Поэтому следующим этапом исследований было проведение обжига при более высокой температуре. Обжиг производился в высокотемпературной вакуумной печи (Nabertherm, Германия) при 1850°C в среде азота.

Как видно из таблицы 2, показатели образцов после обжига при T_{max}=1850°C заметно изменились. Для обоих составов снизились значения пористости, соответственно уменьшилось водопоглощение, увеличились прочностные показатели. Однако можно сделать вывод о том, что даже при этой температуре степень спекания образцов низкая.

Таблица 2 – Свойства керамики, полученной в результате обжига при T_{max}=1850°C в среде азота

Параметры	Керамика на основе продуктов сгорания начального состава:	
	Al + 50% мас. Al_2O_3	Al+30%мас. Al_2O_3
Водопоглощение В, %	13,2	7,7
Открытая пористость $П_о$, %	30,6	19,4
Закрытая пористость $П_з$, %	0,2	5,1
Отн. плотность $\rho_{отн}$, %	69,3	75,4
Прочность на сжатие $\sigma_{сж}$, МПа	29,8	36,9
Микротвердость HV, ГПа	-	-

Поэтому с целью снижения температуры спекания в соответствии с литературными данными были выбраны следующие добавки:

2) *Y_2O_3.* Образует эвтектику с Al_2O_3, поэтому в процессе обжига при этой же температуре (1850°С) образуется больше расплава, в нем растворяются более тугоплавкие зерна, в результате происходит спекание.

3) *Комплексная добавка Y_2O_3+C.* Углерод играет роль восстановителя, он восстанавливает Al_2O_3 по реакции:

$$Al_2O_3+N_2+C \rightarrow AlN+C$$

Оксид иттрия играет роль плавня.

4) *Комплексная добавка: Y_2O_3+C+B_2O_3.* Оксид иттрия и оксид бора образуют расплав в виде бората иттрия при температуре порядка 1580°С, который способствует спеканию керамического материала. При температуре выше 1700°С углерод, содержащийся в шихте, восстанавливает борат иттрия по реакции:

$$2YBO_3+3C+N_2 \rightarrow 2BN+Y_2O_3+3CO$$

Кроме того, углерод восстанавливает до AlN часть оксида алюминия, содержащегося в исходном керамическом материале. В таблице 3 приведен перечень исследованных добавок.

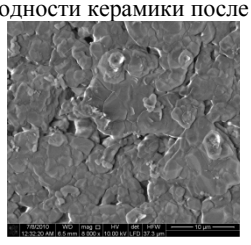
Таблица 3 – Составы керамики на основе продуктов сгорания смесей «Al + Al_2O_3» с добавками

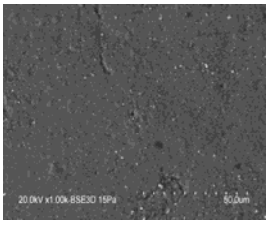
Керамика на основе продуктов сгорания начального состава	
«Al + 50%Al_2O_3»	«Al + 30%Al_2O_3»
1% Y_2O_3	1% Y_2O_3
2% Y_2O_3	2% Y_2O_3
4% Y_2O_3	4% Y_2O_3
3,5% Y_2O_3+1,5% C	3,5% Y_2O_3+1,5% C
2,5% Y_2O_3+0,45% C+0,7% B_2O_3	2,5% Y_2O_3+0,45% C+0,7% B_2O_3

Спечённые образцы без добавок из продуктов сгорания смеси начального состава «Al+30% мас. Al_2O_3» содержали две основных фазы: нитрид алюминия AlN и оксинитрид алюминия Al_3O_3N. В образцах, содержащих от 2% мас. оксида иттрия, образовался иттрийалюминиевый грантат. На рентгенограммах керамических образцов пиков, соответствующих соединениям с углеродом и бором, не обнаружено, по-видимому, это связано с малыми количествами введенной добавки. Преобладающей фазой являлся нитрид алюминия (до ~60% отн.).

Для образцов исходного состава «Al + 50 % мас. Al_2O_3» преобладающей фазой являлся оксинитрид алюминия. Следует отметить, что для образцов данного состава интенсивности пиков, принадлежащих иттрийалюминиевому гранату, оказались значительно больше, чем для состава «Al + 30 % мас. Al_2O_3», что, скорее всего, связано с фазовым составом продуктов сгорания, явившимися исходным сырьем для получения керамики.

На микрофотографии (рис.2) при увеличении в 3000 раз, позволяющем выделить в структуре объекты менее 1 мкм, границы зерен практически неразличимы, что свидетельствует о высокой степени уплотнения и однородности керамики после спекания.





а) б)

Рисунок 2 - Микрофотографии шлифов керамики из продуктов сгорания «Al-30%Al_2O_3»: а) Т=1550°С; б) 1850°С

Контроль процесса спекания образцов осуществляли по значениям относительной плотности, пористости, водопоглощения, также для образцов определяли механическую прочность и микротвердость. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Свойства керамики, полученной на основе продуктов сгорания смесей алюминия и оксида алюминия с добавками в результате обжига при Т=1850°С в среде азота

	Керамика на основе продуктов сгорания начального состава «Al – 50%Al_2O_3»					
	Б/д	1% Y_2O_3	2% Y_2O_3	4% Y_2O_3	Y_2O_3 +C	Y_2O_3 + C + B_2O_3
В, %	13,20	3,95	3,50	3,30	2,90	3,40
$П_о$, %	30,60	13,35	11,80	10,85	8,90	10,20
$\rho_{отн}$, %	69,30	86,00	88,00	89,00	91,00	90,00
$\sigma_{сж}$, МПа	35,47	77,0	79,00	82,72	75,10	63,99
HV, ГПа	-	5,47	6,02	7,32	7,33	5,51
	«Al-30%Al_2O_3»					
В, %	9,2	2,8	3,2	4,3	5,7	4,6
$П_о$, %	28,30	8,10	9,30	11,90	15,10	12,60
$\rho_{отн}$, %	71,00	89,20	89,00	88,00	84,00	87,00
$\sigma_{сж}$, МПа	36,90	61,20	52,80	45,80	33,27	42,47
HV, ГПа	2,40	7,09	5,57	3,05	2,89	3,12

Для образцов, полученных из продуктов сгорания смеси состава «Al + 50% Al_2O_3», при введении оксида иттрия в качестве спекающей добавки в количестве от 1% до 4% мас. наблюдается улучшение свойств керамических образцов. Введение комплексных добавок также положительно сказалось на свойствах спеченных образцов.

Таким образом, оптимальным режимом спекания для исследованных составов является обжиг в азоте при Т=1850°С и целесообразным является введение добавок оксида иттрия или комплексных добавок на основе оксида иттрия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мержанов А.Г. Процессы горения и синтез материалов / А.Г. Мержанов. - Черноголовка: ИСМАН, 1998. – 512с.
2. Bermudo J., Osendi M.I. Study of AlN and Si3N4 powders synthesized by SHS reactions // Ceramics International. - №25, 1999. – P. 607-612.
3. Горение нанопорошков металлов. / Под ред. Громова А.А. – Томск: Дельтаплан, 2008. – 382 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ДЕФФОРМАЦИИ В ОБРАЗЦАХ УГЛЕПЛАСТИКОВОГО КОМПОЗИТА.

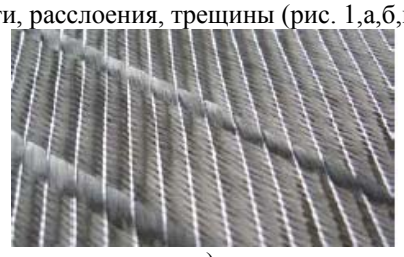
[1]Чернейкина Г.Н., [2]Еремин А., [3]Бурков М.В.
Научный руководитель: Панин С.В., д.т.н., профессор
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Институт физики высоких технологий, Физико-технический институт,
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
E-mail: gelena89@sibmail.com

В настоящее время полимерные композиционные материалы получили широкое распространение в специальных областях современной техники, а также в машиностроении. Без применения армированных пластиков на основе стеклянных, полимерных, углеродных и керамических волокон в настоящие время немыслим прогресс в авиации, ракетостроении, автомобилестроении, судостроении. Эти материалы обладают уникальным сочетанием таких свойств, как высокая прочность и жесткость, устойчивость к образованию трещин и низкая плотность, хорошие влаго- и химическая стойкость, отличная коррозионная устойчивость. Для изучения процессов деформации и разрушения композиционных материалов применяются различные разрушающие и неразрушающие методы диагностики. Особое место среди неразрушающих занимают таковые, позволяющие регистрировать изменения в процессе нагружения.

Композиты на основе углеродного волокна имеют низкую электропроводность, которая, тем не менее, является достаточной для проведения их оценки с использованием вихретокового метода контроля.

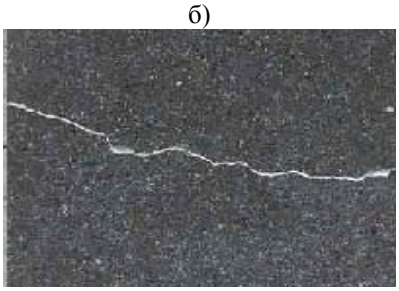
Вихретоковый метод основан на регистрации изменений электромагнитного поля вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля. Вихревые токи возникают в электропроводящих объектах, находящихся под воздействием переменного магнитного поля. В качестве источника переменного магнитного поля используется обмотка с переменным электрическим током (обмотка возбуждения). Если такую обмотку поместить вблизи электропроводящего объекта, то магнитное поле обмотки будет создавать в объекте некоторый магнитный поток. Ввиду переменного характера магнитного поля и создаваемый магнитный поток будет переменным (изменяющимся во времени) [1].

С использованием системы вихретокового контроля могут быть обнаружены структурные и скрытые дефекты, такие как отсутствие углеродной нити, расслоения, трещины (рис. 1,а,б,в) [3].



а)

б)



в)

Рис.1 Различные дефекты углепластика; а) пропуск пучка нитей, б) бахрома, в) трещина [3]

Целью данной работы являлось исследования возможности использования вихретокового метода для выявления областей локализованной деформации/разрушения в образцах углепластикового композита, а также эффективности его применения непосредственно в процессе нагружения.

В эксперименте использовали отполированные образцы с концентраторами напряжений в виде V-образного краевого надреза, различной ширины и глубины. Материал представляет собой псевдоизотропный композит из слоев однонаправленных углеродных лент [0°, 45°, -45°, 90^0], спеченных в углеродной матрице.

Механические испытания образцов проводили по схеме одноосного статического растяжения на электромеханической испытательной машине Instron 5582. Контроль процессов деградации структуры образцов проводили с помощью вихретокового дефектоскопа «Вектор».

В качестве основного информативного параметра электромагнитного поля, которое создается вихревыми токами, возбуждаемыми преобразователем дефектоскопа в поверхностном слое пластины, было выбрано изменение амплитуды сигнала, принимаемого преобразователем (пробником). Изменение амплитуды сигнала обусловлено изменением нарушением сплошности структуры образца в процессе испытаний, связанных, прежде всего, с формированием сквозных трещин.

В ходе тестовых исследований была определена рациональная частота работы генератора,

которая обеспечила максимальную чувствительность преобразователя при проведении контроля, величина которой составила 50 кГц. Также в ходе лабораторных экспериментов оценено влияние несплошностей и зон локализованного развития деформации в образце.

На рисунке 2 показана зависимость амплитуды сигнала вихретокового дефектоскопа от его местоположения на образце. Видно, что максимум амплитуды соответствует области расположения магистральной трещины; при этом шаг перемещения щупа составлял 2,5 мм, а частота возбуждения преобразователя меняли в диапазоне 5-50 кГц.

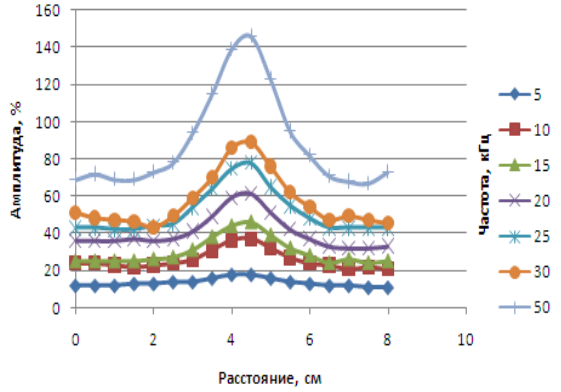
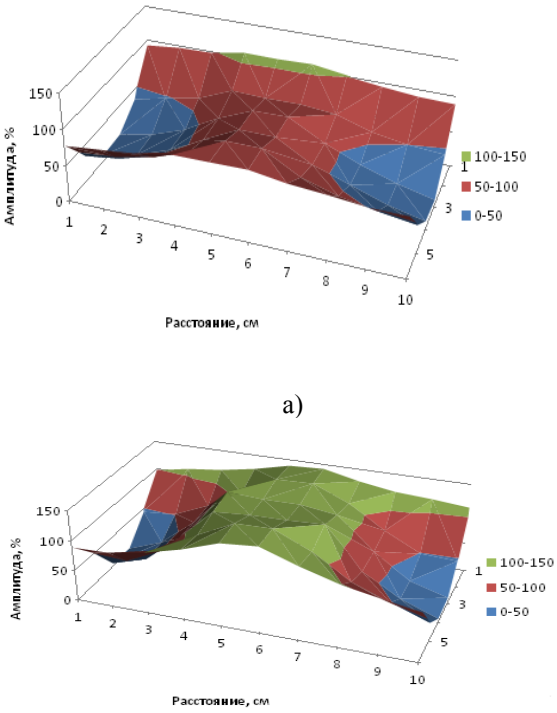


Рис. 2 Зависимость амплитуды сигнала от местоположения щупа на образце при различной частоте генератора.

Из графика видно, что повышение амплитуды сигнала происходит в разной степени при всех частотах возбуждения в области, расположенной на расстоянии ~45 мм от края образца (что соответствовало зоне залегания трещины), а максимум увеличения амплитуды соответствует частоте 50 Гц.

В дальнейшем были проведены измерения непосредственно в процессе растяжения образца с регистрацией данных через равный промежуток времени. На рис. 3 приведены картины распределения амплитуды вихретокового сигнала, полученные путем поточечного механического сканирования вдоль поверхности образца. Видно, что в отличие от образца, не содержащего трещину, где наблюдается лишь некоторое повышение амплитуду сигнала в центральной области, в образце с магистральной трещиной амплитуда сигнала в центральной части, соответствующей зоне трещины, заметно выше (до 3-х раз), чем в окружающем материале. Таким образом, с использованием предварительно протарированного метода вихревого контроля имеется возможность выявлять зоны локализованного развития деформации и разрушения.



а)

б)

Рис. 3 Зависимость амплитуды сигнала от развития деформации в образце. а) недеформированный образец; б) образец с трещиной (разрушенный)

Заключение. С использованием вихретокового метода проведены исследования деформации углепластикового композита при одноосном статическом растяжении. Выявлена рациональная частота, обеспечивающая максимальную чувствительность метода для выявления дефектных зон, а также проведено исследование изменения распределения информативного параметра по мере статического растяжения образца с надрезом, позволившая в явном виде обнаружить зону залегания макродефекта.

Литература:

1. Гольдштейн А.Е., Физические основы получения информации, учебник, изд. ТПУ, 2010. -с. 105.
2. Углеродные волокна и углекомпозиты. Пер. с англ. / Под ред. Э. Фитцера. — М.: Мир, 1988. — 336 с. ил.
3. Henning HEUER, Martin H. SCHULZE, Norbert MEYENDORF «High Resolution Inspection of Carbon Fiber Materials by Eddy Current Techniques». Proceedings 2nd International Symposium on NDT in Aerospace 2010 - Mo.2.A.3.

МЕХАНОАКТИВАЦИЯ КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ СВ-СИНТЕЗОМ КАТОДНЫХ СОЕДНИНЕНИЙ

Чурсин С.С., Исаченко Д.С., Кузнецов М.С.
Научный руководитель: Кузнецов М.С., ассистент,
Томский политехнический университет, Физико-технический институт
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 2
E-mail: chursinss@tpu.ru

В связи с быстрым развитием технологии производства электронных эмиттеров в настоящее время существует большое количество различных типов термокатодов, отличающихся друг от друга используемыми материалами, структурой активного слоя, температурным режимом и способом нагрева.

Эмиттеры на основе боридов имеют, как правило, высокую рабочую температуру и сравнительно низкую экономичность, но все-таки они представляют значительный интерес благодаря устойчивости к отравлению остаточными газами. Среди гексаборидов редкоземельных металлов наиболее перспективным веществом является гексаборид лантана, обладающий низкой работой выхода, именно он чаще всего применяется в настоящее время для изготовления катодов.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) является одним из перспективных методов получения термокатодов, в которых очень нуждается современное производство.

СВ-синтез открыт в 1967 году А.Г.Мержановым, И.П. Боровинской и В.М. Шкиро. Суть СВС очень проста: в смеси порошков разных химических веществ точечно инициируют реакцию синтеза. При протекании реакции выделяется тепло, которое нагревает соседние более холодные слои вещества и также возбуждает в них реакцию. Получается самораспространяющийся процесс: химическая реакция протекает в узкой зоне (фронте горения), перемещающейся по веществу с определенной скоростью. Для таких процессов нужны очень высокие температуры, близкие к температурам плавления веществ, участвующих в реакции. Но огромное преимущество состоит в том, что эта высокая температура создается в самой системе.

На сегодняшний день проводится множество исследований по изучению процессов управления СВ-синтезом. Известно несколько путей, которые следует рассматривать применительно к конкретным его стадиям и изменяемым параметрам[1].

На стадии подготовки исходной шихты компонентов, при проведении процесса синтеза или при охлаждении готовых продуктов. На данном этапе работы изучается как раз управление синтезом на первой стадии. К изменяемым параметрам СВС на этом этапе можно отнести химический состав, соотношение компонентов и распределение частиц по размерам исходных реагентов, плотность исходной шихты, начальные размеры образцов, начальную температуру прогрева, начальное давление прессования образца, механическую активацию исходных компонентов.

В данной работе рассматривается способ воздействия на протекание СВС путем изменения параметров исходных компонентов шихты, а именно механической активация исходной шихты.

Для изучения механоактивации взята смесь состоящая из оксида лантана + оксида титана + бора, в пропорциях 5/3/2 соответственно, так как уже отмечалось ранее, гексаборид лантана представляет особый интерес.

Механоактивация осуществляется в планетарной мельнице шарового типа АГО-2. В качестве мелющих тел используются металлические шары диаметром 6 мм. Засыпка производилась засыпка в соотношении 200 металлических шаров к 35 граммам исходной шихты. Затем образцы прессуются гидравлическим прессом в цилиндрические формы диаметром 30 мм и высотой 10-12 мм, и далее после предварительного прогрева образца инициируется синтез. С помощью термопар ведется запись температур, по которым потом и осуществляется анализ эксперимента.

В результате механической активации достигается более однородная структура исходного образца, увеличивается поверхность соприкосновения компонентов смеси, так как частицы становятся более мелкими, соответственно получаются более благоприятные условия для протекания СВ-синтеза.

В ходе эксперимента варьировалась частота вращения мельницы от 10 Гц до 30Гц через 10Гц и время активации исходной шихты от 5 минут до 20 минут через 5 минут и фиксировалась температура инициирования синтеза. Результаты опытов отображены на графике (рис.1). По вертикальной оси отложена температура инициирования синтеза.

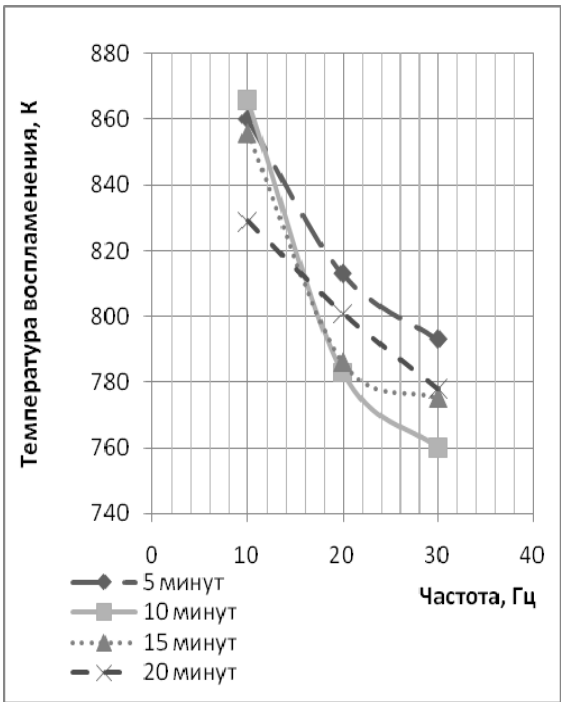


Рис.1 Температура воспламенения в зависимости от частоты активации

Установлено, что увеличение частоты вращения мельницы ведет к уменьшению температуры воспламенения. Из графика видно, что наименьшая температура активации наблюдается при механической активации при 30 Гц в течение десяти минут. Дальнейшая активация уже не вносит положительного результата, а только увеличивает температуру. Это можно объяснить тем что, при длительной активации происходит «наклепывание» частиц друг на друга, то есть частицы уже не мелются, а склеиваются между собой.

Так же установлено, что в результате механоактивации не происходит нарушение целостности образцов после синтеза, которое наблюдалось в некоторых случаях без механоактивации в виде трещин. Это можно объяснить тем, что достигается меньший градиент температур в образце благодаря предварительной механической активации. Но при более длительной активации снова наблюдается сильное растрескивание образца из-за сильного увеличения энергетического выхода реакции, что опять же неблагоприятно сказывается на полученном результате.

Проанализировав результаты экспериментов, можно сказать, что механическая активация имеет порог «насыщения», после которого она не только не вносит положительный эффект, а наоборот ухудшает условия протекания синтеза. По этому для получения качественных материалов необходимо тщательно подбирать параметры механической активации, а это возможно только экспериментальным путем.

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- Доказано, что получать гексаборида лантана можно методом СВ-синтеза, который является наиболее перспективным, так как является энергоэкономичным;
- Экспериментально установлена зависимость влияния времени активации компонентов шихты на температуру инициирования синтеза для системы La_2O_3-TiO_2-B.

Список литературы:

1. Мержанов А.Г., Боровинская И.П., Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений. Отчет ОИХК АН СССР, Черноголовка, 1970. - 283с.
2. Бойко В. И., Долматов О. Ю., Шаманин И. В., Нужин О. А. // Физика горения и взрыва. – 1996. – Т. 32, №1. – С. 58–65.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЕРМООБРАБОТКИ

Шевяко Н.А. [1], Литовченко И.Ю. [1,2]
Научные руководители: Тюменцев А.Н. [1,2], д.ф-м.н., профессор, Астафурова Е.Г. [1,2], к.ф-м.н., доцент
[1]Томский Государственный Университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36
[2]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, Россия, Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: Nadejda89tsk@yandex.ru

В связи с жесткими условиями эксплуатации внутри активной зоны ядерного реактора перед материаловедами встает проблема подбора новых и улучшения имеющихся конструкционных материалов.

Активное развитие перспективных сталей ферритно-мартенситного класса в настоящее время связано с программами по разработке новых реакторов на быстрых нейтронах, термоядерного реактора ТЯР ДЕМО-РФ, а также международным проектом по созданию опытного реактора термоядерного синтеза.

Температурный диапазон применения таких сталей снизу ограничен их склонностью к низкотемпературному радиационному охрупчива-нию (НТРО), а сверху – уровнем длительной прочности (жаропрочности).

Необходимость повышения высокотемператур-ной прочности ферритно-мартенситных сталей с целью расширения температурного диапазона их применения в энергетической технике диктует необходимость поиска возможных резервов жаропрочности.

В настоящей работе предпринята попытка повышения уровня жаропрочности и термической стабильности микроструктуры малоактивируемой ферритно-мартенситной стали ЭК-181 (Fe-12Cr-2W-V-Ta-B) и ферритно-мартенситной стали ЧС-139 (20Х12НМВБФАР) в интервале предположительных рабочих температур (600-750°C) за счет модификации их гетерофазной структуры. Идея метода состоит в увеличении объемной доли наноразмерных (<5 нм) карбидных и/или нитридных фаз на основе V, Ti, Ta и одновременном снижении объемной доли грубых выделений фазы $M_{23}C_6$ при сохранении достаточного запаса низкотемпературной пластичности.

Структурно-фазовые исследования образцов жаропрочных высокохромистых сталей ЭК-181 и ЧС-139 после термообработок, представленных в таблице 1, проведены методами просвечивающей электронной микроскопии с использованием электронных микроскопов Philips CM30 (300 кВ) и Philips CM12 (120 кВ) и рентгеноструктурного анализа с использованием дифрактометра Shimadzu XRD-6000.

Таблица 1. Режимы термической обработки (ТО) высокохромистых ферритно-мартенситных сталей ЭК-181 и ЧС-139

ЭК-181,	ЭК-181	ЭК-181,
ЧС-139		ЧС-139
ТО-I	ТО-II	ТО-III
1100°C, 1 ч (вода / воздух)	1100°C, 1 ч (воздух)	1100°C, 1 ч (вода / воздух)
	термоциклирование около A_{c1}	500°C, 3 ч
		600°C, 3 ч
720°C, 3 ч	720°C, 1 ч	720°C, 3 ч

Электронно-микроскопический анализ выявил наличие в структуре рассматриваемых материалов ряд частиц второй фазы, которые на примере стали ЭК-181 удобно разделить на 3 основных размерных типа (таблица 2). В стали ЧС-139 наблюдалась более высокая плотность частиц $M_{23}C_6$ с большими размерами, так как содержание углерода и карбидообразующих элементов в ней выше, чем в ЭК-181. Плотность наноразмерных карбонитридов ванадия существенно не меняется, в то время как их размеры могут достигать ~ 20 нм. Однако общая тенденция изменения морфологии вторичных фаз внедрения в зависимости от режима термообработки также прослеживается. Далее анализ будет проведен на примере стали ЭК-181.

Таблица 2. Средние значения размеров частиц вторичных фаз внедрения стали ЭК-181 после различных ТО

ТО	ТО-I	ТО-II	ТО-III (воздух)	ТО-III (вода)
$M_{23}C_6$, нм	111	299	100	30
VC, V_2C, нм	64	120	55	60
VC/VN, нм	< 5	< 5	< 10	< 5

Следует отметить, что высокая плотность мелкодисперсных частиц (< 5нм, рис. 1) является важной особенностью гетерофазной структуры после ТО-I и ТО-III. После ТО-II области с подобными частицами встречаются крайне редко, а их плотность существенно ниже (как минимум, на порядок). Электронографический анализ кристаллической структуры таких частиц показал, что они представляют собой фазу внедрения на основе карбонитрида ванадия с тетрагональными и моноклинными искажениями.

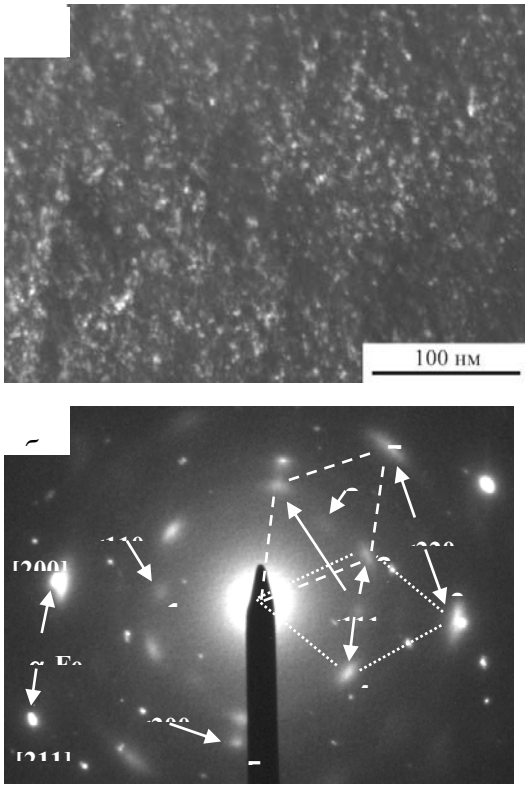


Рис.1. Наночастицы второй фазы (а) и картина микродифракции (б) после ТО-I. Темнопольное изображение в рефлексе <220> (рис. 1 б, № 7). Ось зоны матрицы – $[0\,\bar{1}\,1]$. Пунктирными линиями обозначены фрагменты обратных решеток наночастиц, соответствующих двум осям зон типа <110>

Другой важной отличительной особенностью образцов стали ЭК-181, прошедших обработку по режиму ТО-I, является формирование внутри фрагментов мартенсита субструктуры с непрерывными разориентировками с кривизной кристаллической решетки $\chi_{ij} \approx (0{,}5 - 2)$ град/мкм. Электронномикроскопическое исследование формирующихся в такой структуре внутренних напряжений показало, что в локальных зонах повышенной кривизны эти напряжения сравнимы с величиной предела текучести сплава при комнатной температуре. Термическая обработка стали по режиму ТО-II исключает образование наноразмерных частиц указанного выше карбонитрида и снижает интенсивность фазового наклепа и, как следствие, формирование структурных состояний с непрерывными разориентировками. Такие особенности структурно-фазового состояния стали при режиме ТО-II приводят к существенному снижению эффектов дисперсного и субструктурного упрочнений стали и являются основной причиной уменьшения прочности сплава после такой обработки. Последнее, совместно с локальными внутренними напряжениями в зонах повышенной кривизны кристаллической решетки, является важным фактором изменения степени хладноломкости стали (снижения температуры хрупко – вязкого перехода).

Установлено, что в процессе ТО-III происходит уменьшение объемной доли и размеров грубых выделений фазы $M_{23}C_6$ и одновременное увеличение концентрации и дисперсности наночастиц карбонитрида ванадия. Однако, величина предела текучести стали ЭК-181 существенно (на ≈ (15-25) %) уменьшается как при комнатной температуре испытаний на растяжение, так и при Т = 650 °С (таблица 3).

Таблица 3. Механические свойства сталей ЭК-181 и ЧС-139 после ТО по разным режимам

Режим обработки	Температура испытаний			
	T = 20 °С		T =650 °С	
	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ, %	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ, %
ЭК-181				
ТО-I (воздух)	827	8	390	8
ТО-I (вода)	832	9,5	410	9
ТО-III (воздух)	630	10	300	13,5
ТО-III (вода)	660	8	320	14,5
ЧС-139				
ТО-I (воздух)	790	10	370	14
ТО-III (воздух)	700	10	330	14
ТО-III (вода)	640	10,5	300	14,5

Предполагается, что вклад от дисперсного упрочнения наночастицами оказывается меньше частично потерянного после такой ТО вклада от субструктурного упрочнения в результате отпуска мартенсита и релаксации внутренних напряжений. Ввиду высокотемпературных условий эксплуатации исследуемой стали важно, что полученное структурно-фазовое состояние с высокой плотностью термостабильных наночастиц обеспечит повышенные характеристики длительной прочности при повышенных температурах.

СЕКЦИЯ 7

ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ГЕННЫХ СЕТЕЙ

Акиньшин А.А.
Научный руководитель: Голубятников В.П., д.ф.-м.н., профессор
Алтайский Государственный Технический Университет,
656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: mayortg@gmail.com

Введение

Среди задач биоинформатики одной из наиболее интересных является задача изучения периодических режимов функционирования генных сетей, которые соответствуют различным биоритмам организма. В настоящей работе рассматриваются модели генных сетей, заданных произвольным образом. В качестве приложений часто рассматриваются циклические системы с простейшими комбинациями отрицательных и положительных обратных связей. Подробный анализ такого рода систем можно найти в монографии [1].

В процессе анализа генных сетей естественным образом возникает обилие подзадач: нахождение стационарных точек и периодических траекторий, исследование их свойств, описание фазовых портретов исследуемых моделей, определение их качественных характеристик.

Ручные методы обсчёта зачастую являются непригодными, ввиду их сложности и объёма. Поэтому в работе создаётся специализированный программный комплекс для автоматизированного анализа исследуемых моделей. Но прежде необходимо проработать математический аппарат, который послужил бы основой для компьютерного моделирования.

Математическое моделирование

В настоящей работе рассматриваются произвольные нелинейные динамические системы химической кинетики. Каждая такая система задаётся системой дифференциальных уравнений, определяющих, каким образом скорость изменений концентраций одних веществ зависит от концентраций других веществ.

Особый интерес при исследовании таких систем представляют стационарные точки (они соответствуют гомеостазу организма) и циклические траектории (они соответствуют разным биологическим циклам, например, циркадным ритмам).

Рассмотрим некоторую стационарную точку и её инвариантную окрестность. Проведём через эту точку n гиперплоскостей, параллельных координатным гиперплоскостям. Они разобьют окрестность на 2^n частей, которые мы будем называть кластерами. Кластер примечателен тем, что внутри него производные по каждой из размерностей сохраняют свой знак. Стоит отметить, что поиск таких кластеров в случае произвольной системы является достаточно сложной математической задачей. Для простых систем часто удаётся выписать уравнения, определяющие область кластера. Анализ кластеров является достаточно важной задачей, т.к. позволяет описать качественное поведение траекторий вблизи стационарных точек.

На границе двух кластеров векторное поле, соответствующее динамической системе, ориентировано в одну сторону по всей области соприкосновения. Таким образом, можно говорить о графе кластеров. Удобным будет рассмотрение траекторий, возникающих в системе, как движение по графу кластеров. В силу однородности внутри отдельно взятого кластера не может существовать замкнутых траекторий. А значит, каждому циклу динамической системы будет соответствовать цикл в графе кластеров. Поэтому поиск замкнутых траекторий удобней начинать с анализа такого графа.

Для более детального изучения окрестности стационарной точки строится линеаризация системы с последующим нахождением собственных чисел и векторов. При построении проекций траекторий на собственные вектора (и на их линейные комбинации) получаются очень показательные иллюстрации, дающее представление об устройстве векторного поля. Действительные числа тоже содержат в себе ценную информацию. Если все действительные части собственных чисел меньше нуля, то стационарная точка является притягивающей. Более интересным является случай отталкивающей стационарной точки. В этой ситуации благодаря некоторым дополнительным рассуждениям часто удаётся доказать существование по меньшей мере одного цикла вблизи рассматриваемой точки. В некоторых частных случаях даже для систем небольших размерностей доказывается существование двух или трёх циклов, а также делаются выводы об их устойчивости.

Стоит заметить, что так же очень важными являются вопросы о количестве циклов и об их устойчивости. Но для ответа на них приходится использовать куда более сложные математические рассуждения.

Компьютерное моделирование

Для автоматизации описанного выше анализа динамических систем была разработана специальная компьютерная программа.

Программа позволяет выполнять следующие действия:

- *Базовое конструирование системы.* Задание размерности системы и исследуемых функций в аналитическом виде. Для задания системы можно использовать опреде-

лённые пользователем переменные и вспомогательные функции.

- *Анализ стационарных точек*. Поиск точек, построение линеаризации системы, поиск собственных чисел и векторов.
- *Моделирование траекторий*. Задание характеристик генерации стартовой точки, алгоритмы автоматического подбора шага.
- *Построение изображений системы*. Отображение стационарных точек и траекторий. Проецирование на координатные 2D и 3D плоскости, построенные на заданные вектора (могут использоваться: декартовы вектора, собственные вектора, их линейные комбинации).
- *Построение графа кластеров*. Кроме аналитического построения графа предусмотрена графическая визуализация.
- *Построение различных графиков*. Рассматриваются всевозможные функции, возникающие в ходе исследования.
- *Сохранение и загрузка системы*. Используются файлы собственного формата, которые можно редактировать как средствами программы, так и в любом текстовом редакторе.
- *Отчёт о проделанных вычислениях*. Предусмотрена генерация отчёта в формате LaTeX.

Программа написана на языке C# под платформу .NET 4. Для генерации изображений графов используется пакет graphviz.

Результаты моделирования

Устройства сложных многомерных моделей генных сетей можно изучать по сгенерированным программой графическим представлениям проекций на пространство собственных векторов. Важно иметь возможность посмотреть различные проекции траекторий одной и той же динамической системы.

На рисунках 1, 2 приведены примеры фазового пространства 15-мерной системы. На рисунке 3 изображён фрагмент графа кластеров 9-мерной системы. На рисунке 4 продемонстрирован интерфейс программы.

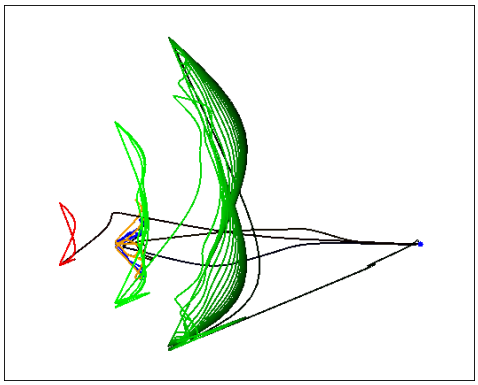


Рис. 1. Распределение нескольких циклов

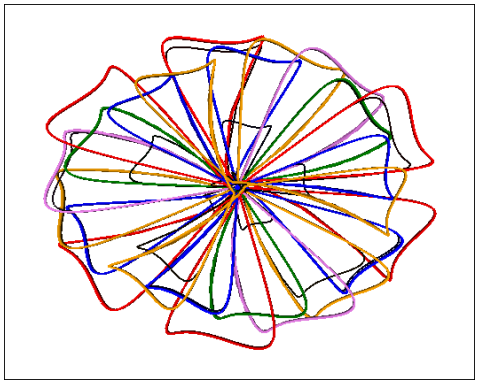


Рис. 2. Пример сложного аттрактора

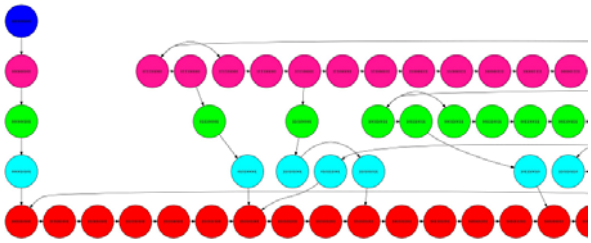


Рис. 3. Фрагмент графа кластеров

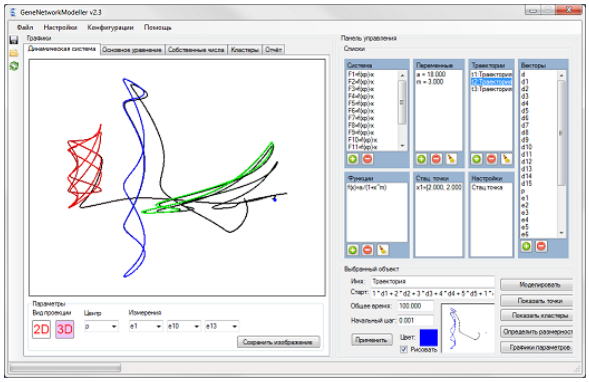


Рис. 4. Главное окно программы

Список литературы:

1. Системная компьютерная биология. Под ред. Н.А.Колчанова, СО РАН, 2008.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕНТОМ ORACLE UCM

Акулин И.А., Иванов С.С.
Научный руководитель: Шерстнев В.С., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: akulin.ivan@gmail.com

Построение инфраструктуры для управления корпоративной информацией позволяет компании снижать затраты, легко осуществлять обмен информацией между внутренними и внешними пользователями, минимизировать риски потери данных, автоматизировать дорогостоящие и затратные по времени ручные процессы обработки данных, объединять множество сайтов компании на единой платформе.

Oracle Universal Content Management (Oracle UCM) является основным продуктом ассортиментной линейки Oracle по управлению корпоративной информацией. Это единая промышленная платформа для разработки бизнес-приложений по управлению документооборотом, Web-контентом, цифровыми активами и хранением документации [1].

Благодаря простому интерфейсу, разграничению доступа в систему по ролям, встроенным средствам защиты информации Oracle UCM позволяет пользователям просматривать необходимую информацию, коллективно работать с документами или сохранять информацию, оставаясь абсолютно уверенными в том, что вся опубликованная информация защищена, достоверна и актуальна.

Рис. 1. Архитектура решения Oracle Universal Content Management

В основе решения лежит сервер контента (Content Server), отмеченный на рисунке красным прямоугольником. Во-первых, он предоставляет базовые атомарные сервисы управления неструктурированной информацией, такие как регистрация, классификация, поиск, контроль доступа и т.д. Во-вторых, для того, чтобы предоставлять такие сервисы, серверу необходимо иметь 3 хранилища.

Реляционная база данных – в табличном виде хранится системная информация, а также хранятся атрибуты, версии, пользователи, группы, роли, процессы, правила и т.д.

Поисковый индекс – хранятся поисковые индексы (атрибутивный и полнотекстовый) с учетом прав доступа. Официально поддерживаются СУБД (Oracle, MS SQL, DB2) и внешние приложения (Autonomy/Verity, FAST InStream)

Хранилище информации – имеет двухуровневую систему хранения: «подвал» (vault) – хранилище всех оригинальных (не преобразованных) версий файлов и «веб-макет» (web layout) – хранилище веб представлений последних актуальных версий файлов плюс дополнительные системные ресурсы (css, javascript, images…), необходимые для работы системы.

Анализ и управление контентом включают в себя следующие основные задачи:

- единый унифицированный интерфейс
- постоянный доступ к электронным образцам документов
- сбор статистики о типах хранимой информации (количество текстовых документов, изображений, аудио-видео файлов и т.д., находящихся в системе)
- сбор статистики о владельцах контента (количество размещенного контента пользователем, список документов)
- сбор сведений о востребовании контента (сколько раз был запрошен тот или иной контент, дата изменения контента)
- безопасный и защищенный документооборот
- назначение прав доступа к документам
- перенос контента в другую категорию доступности

составление маршрутов передачи документов в рамках документооборота

Рис. 2. Управление информационными правами

Вывод:

В результате проведения анализа выявлены определенные преимущества данной системы, которые помогают сэкономить большое количество времени в работе с файлами, а также легкое отслеживание всего жизненного цикла документа. [2] Технологии безбумажного оборота информации позволяют организовать централизованное хранение большого количества разнообразных документов. Для удобства такой организации Oracle Universal Content Management предлагает возможность создания дополнительных функций.

На сегодняшний день, были освоены большинство служб Content Server, которые в дальнейшем будут использоваться в программном продукте, с использованием языка программирования Java.

Список литературы:

1. Oracle Corporation. Oracle Remote Intradoc Client // Интернет-сайт корпорации Oracle. 2008г. URL: http://download.oracle.com/docs/cd/E10316_01

2. Ермаков Е.А. Полнотекстовый поиск: проблемы и их решение // Журнал для пользователей персональных компьютеров «Мир ПК». 2001. URL: http://www.osp.ru/pcworld/2001/05/161575.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ, С ПРИМЕНЕНИЕМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В.
Научный руководитель: Панин С.В., д.т.н., профессор
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия г. Томск
E-mail: sokol88.dap@gmail.com

Использование фрактального анализа для получения оценки и количественной характеризации изображений в литературе встречается достаточно часто. В данной работе авторы ставят задачу оценить влияние различных способов получения изображений на вычисляемое значение ФР, как количественной характеристики объекта анализа.

В настоящее время предложено множество способов оценки ФР, однако в настоящей работе было использовано лишь несколько распространенных методов [1]: а) треугольных призм; б) показателя Херста; в) структурной функции; г) изаритм.

Для проверки эффективности методов оценки ФР были сгенерированы модельные фрактальные изображения с заранее известной ФР и модель-ные нефрактальные изображения. Получение модельных фрактальных изображений производили по алгоритму смещения средней точки.

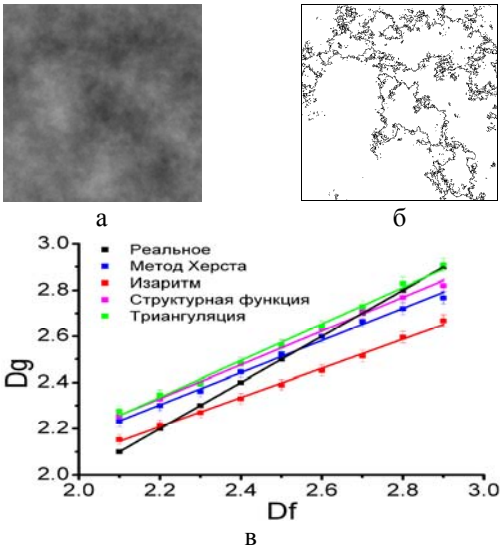


Рис. 1. а) Модельное изображение фрактальной поверхностей с ФР, D_f равной 2.5; б) карта изаритм для изображения с ФР, D_f = 2.5; в) сводный график зависимости рассчитанного значения ФР от заданного при использовании методов: 1) показателя Херста; 2) изаритм; 3) структурной функции; 4) триангуляции; 5) реальная ФР.

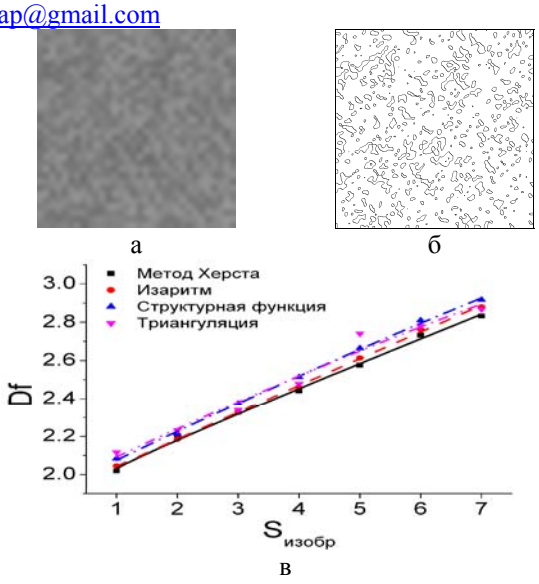


Рис. 2. а) Модельное нефрактальное изображение с амплитудой случайного сигнала 9.6%; б) карта изаритм для изображения с амплитудой сигнала 9.6%; в) графики изменения ФР, при расчете методами: 1) показателя Херста; 2) изаритм; 3) структурной функции; 4) триангуляции.

Для исследования методов оценки ФР на экспериментальных изображениях, полученных с применением различных датчиков, было взято 2 серии изображений. Первая серия состояла из экспериментальных электронно-микроскопических изображений поверхностей кремнистого железа FeSi. Вторая серия состояла из экспериментальных оптических изображений поверхностей алюминиевого сплава Д16АТ. Из рисунка 1в, видно, что значения ФР, рассчитанные каждым из способов, имеют похожий вид, а также идентичную тенденцию изменения: при малых величинах ФР рассчитанные значения несколько выше реальной величины, в то время как при больших значениях они несколько меньше ее.

Из рисунка 2в, видно, что для данного способа генерации модельных изображений график изменения значений ФР имеет фактически линейный вид, независимо от использованного метода расчета ФР. Более того, ФР изменяется практически во всем отведенном ей динамическом диапазоне D_f=2.1-2.9. Таким образом, использованная методика генерации изображений в определенной степени подобна алгоритму создания модельных фрактальных поверхностей.

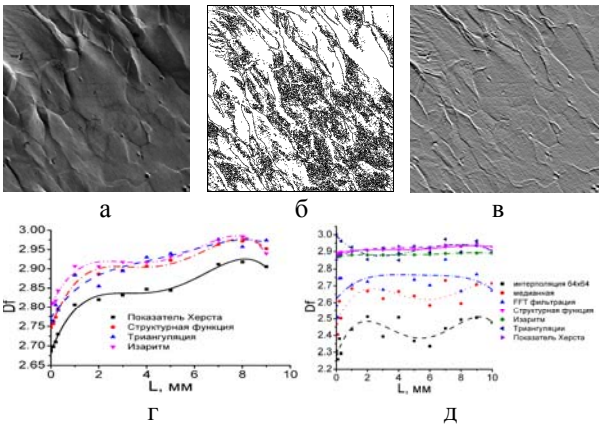


Рис. 3. а) РЭМ-изображения поверхности кремнистого железа б) карта изаритм в) изображение после применения фильтрации Собеля; г) Зависимость ФР от расстояния от места разрушения исходных изображений при расчете методами: 1) показателя Херста, 2) изаритм, 3) структурной функции, 4) триангуляции; д) Зависимость ФР от расстояния от места разрушения фильтрованных изображений при расчете методами: 1) показателя Херста, 2) изаритм, 3) структурной функции, 4) триангуляции (везде фильтрация Собеля), 5) интерполяционная фильтрация, 6) медианная фильтрация, 7) фильтрация FFT;

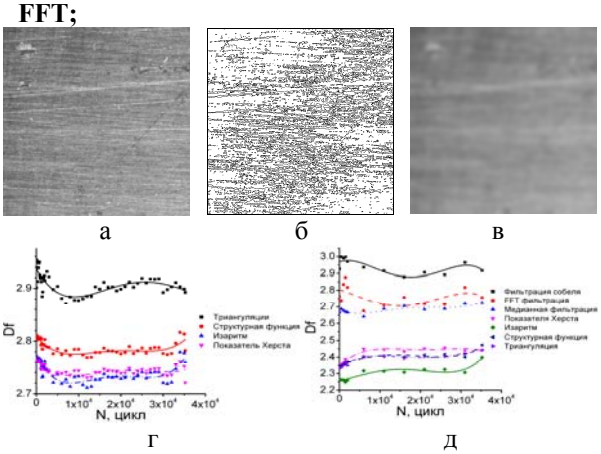


Рис. 4. а) оптическое изображение поверхности, б) карта изаритм в) изображение после фильтрации интерполированием; г) Зависимость ФР от расстояния от места разрушения исходных изображений при расчете методами: 1) показателя Херста, 2) изаритм, 3) структурной функции, 4) триангуляции; д) Зависимость ФР от расстояния от места разрушения фильтрованных изображений при расчете методами: 1) показателя Херста, 2) изаритм, 3) структурной функции, 4) триангуляции (везде интерполяционная фильтрация), 5) медианная фильтрация, 6) фильтрация FFT, 7) фильтрация Собеля

Из рисунка 3г, видно, что характер изменения всех графиков является подобным: вблизи места разрушения величина ФР имеет минимальное значение D_f=2.7÷2.8, а затем все кривые достигают максимума D_f=2.9÷2.95 для изображений, характеризуемых наиболее гладкой поверхностью. В результате были протестированы несколько методов НЧ-фильтрации. Однако их использование хоть и приводило к заметному снижению величины ФР по уровню, но не изменяло характер кривых ФР (рис. 3,д). В качестве одного из подходов к решению данной проблемы было предложено использовать фильтр Собеля. На рис. 3,д приведены графики ФР, полученные с использованием 4-х методов ее расчета. Видно, что абсолютное значение ФР во всех случаях увеличилось. Более того, за исключением метода триангуляции графики изменения ФР могут быть удовлетворительно аппроксимированы прямой линией, и практически не изменяются по мере удаления от места разрушения. В случае расчета методом триангуляции удалось добиться максимального значения ФР вблизи шейки с постепенным уменьшением значения ФР (рис. 3,д, кривая 4).

Подобно предыдущему подходу, были применены несколько способов НЧ-фильтрации оптических изображений. Характерные картины изображений, полученных при фильтрации интерполированием, приведены на рис. 4,в, видно, что изображения стали менее резкими, что связано с отсутствием ВЧ компонент. На рис. 4,д видно, что наиболее эффективным методом фильтрации с позиции изменения характера кривой является интерполяционный. При этом значение ФР заметно снижается (ср. с рис. 4,г). После применения процедуры НЧ-фильтрации интерполированием характер изменение всех кривых ФР, рассчитанных 4-мя различными методами изменился: минимальное значение стало характерным для визуально более гладкой поверхности в начале испытаний, а максимум ФР достигается на наиболее «шероховатой» поверхности пленки, содержащей максимальное количество складок, а также усталостную трещину (рис. 4,д).

Таким образом, ФР может быть количественной мерой рельефа поверхности, однако необходимо оценивать и максимально исключать влияние шумов на результаты расчета. Это планируется выполнять с использованием нелинейной фильтрации.

Список используемой литературы:

1. Русскин А.Б. Сравнительный анализ методов измерения фрактальной размерности. 11-я международная конференция «Цифровая обработка сигналов и ее применение» (DSPA - 2009) – М.: Т.1, с. 346-348.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В PLM-СИСТЕМЕ

Аметова Э.С., Суханова Ю.А., Мартынов Я.А.
Научный руководитель: Цапко С.Г., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: zlatco@mail2000.ru

Введение

Ракетно-космическая промышленность России – стабильно и динамично развивающаяся высокотехнологичная и наукоемкая отрасль. В состав любой космической техники – от тяжелых ракетносителей до малых космических аппаратов – входит бортовая радиоэлектронная аппаратура (РЭА).

Бортовая РЭА – это сложное наукоемкое изделие, включающее в себя электрическую, программную и механическую составляющие. С помощью электрической и программной частей реализуются принципы функционирования бортовой РЭА, а механическая – обеспечивает защиту от воздействий окружающей среды. Следовательно, создание бортовой РЭА представляет собой целый комплекс сложных итерационных процессов, в которых принимают участие множество специалистов различного профиля.

В рамках постановления от 9 апреля 2010 г. №218 авторами статьи разработан прототип единого информационного пространства проектирования и испытаний проектирования бортовой РЭА. Управление данными в едином информационном пространстве на протяжении всех этапов жизненного цикла изделий возлагается на PLM-системы (от англ. Product Lifecycle Management – система управления жизненным циклом изделия) [1]. Для управления процессами проектирования и распределения заданий в рамках PLM-системы используется механизм workflow.

Принципы формализации бизнес-процессов проектирования в виде workflow-диаграмм

Термин «workflow» дословно можно перевести с английского языка как «поток работ», то есть workflow – система, координирующая выполнение операций, составляющих бизнес-процессы [2].

При использовании механизма workflow необходимо формализовать процесс проектирования в виде workflow-диаграмм. Но при этом возникают сложности, так как реальные бизнес-процессы слишком сложные, чтобы их можно было представить в виде статических линейных workflow-диаграмм, используя стандартный набор инструментов редактора PLM-системы.

В ходе работы авторами статьи были выделены особенности, которые необходимо учитывать при формализации процесса проектирования бортовой РЭА в PLM-системе в виде workflow-диаграмм. Принципы формализации бизнес-процессов проектирования в виде workflow-диаграмм представлены ниже.

1 Бортовая РЭА представляет собой набор взаимосвязанных модулей, проектирование которых включает в себя одинаковые, типовые этапы. При этом процесс проектирования одного модуля, также как и самой бортовой РЭА, включает несколько итераций. Результат каждого этапа проектирования – это типовой набор взаимосвязанных данных, изменение которых может повлечь за собой необходимость изменений на более ранних этапах проектирования. В связи с этим реализация процесса проектирования в виде workflow-диаграмм в PLM-системе может не только не ускорить работу, но и замедлить ее.

Для решения этой проблемы предлагается создать систему уведомлений, которая свяжет все разрабатываемые данные на всех этапах проектирования. Таким образом, все данные должны быть разбиты по категориям (типам) и определены связи между этими категориями. При изменении какого-либо типа данных заинтересованные разработчики получают уведомления о необходимости ознакомления с изменениями. В этом случае исчезает необходимость возвращать процесс на более ранний этап проектирования.

2 Укрупнено процесс проектирования бортовой РЭА типовой, но в зависимости от типа изделия последовательность и количество этапов в процессе проектирования может варьироваться. Это сложно поддается формализации в PLM-системе. Таким образом, появляется необходимость динамического изменения workflow-диаграмм.

Авторами статьи в PLM-системе реализован набор типовых workflow-диаграмм, состоящих из небольшого количества узлов (как правило, из 1 – 5), и формировать из них более сложные процессы с помощью программных компонент (скриптов). Таким образом, при реализации процесса проектирования бортовой РЭА в PLM-системе используется объектно-ориентированный подход при котором процесс формируется из более простых подпроцессов и так далее до самой нижнего уровня иерархии.

Необходимо рассмотреть два способа формирования workflow-диаграмм:

2.1 «Последовательный» (один процесс запускается после другого). Для данного случая необходим скрипт, запускающий workflow-диаграмму, когда предыдущая диаграмма завершится (перейдет на узел «END») (рис. 1).

Рис. 1. Последовательное выполнение workflow-диаграмм

2.2 «Параллельный» (одновременный запуск нескольких workflow-диаграмм). Workflow-диаграмма второго уровня иерархии запускается внутри узла диаграммы первого уровня иерархии. Здесь используется два скрипта. Первый отслеживает начало узла диаграммы первого уровня иерархии и запускает вложенную workflow-диаграмму, второй отслеживает конец вложенной диаграммы и возвращается на выполнение диаграммы первого уровня.

При этом:
-в рамках одного узла первого уровня может быть запущено любое количество одинаковых диаграмм второго уровня (рис. 2). Такой вариант может быть использован, когда заранее неизвестно количество исполнителей на задание.

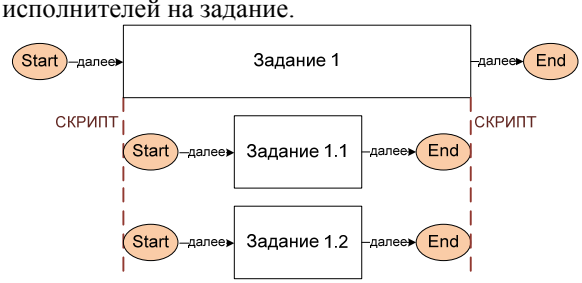


Рис. 2. Декомпозиция узла несколькими параллельными workflow-диаграммами

-любой блок диаграммы второго уровня может также запускать диаграммы более низкого уровня иерархии (рис. 3). Такой подход позволит использовать как можно больше типовых workflow-диаграмм.

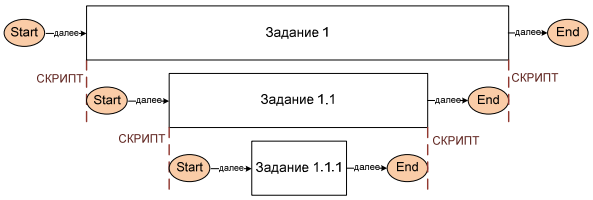


Рис. 3. Декомпозиция workflow-диаграмм

3 При реализации подхода, предложенного в пункте 2, каждая workflow-диаграмма представляет собой отдельный класс в модели данных PLM-системы. В связи с этим каждой диаграмме соответствует отдельная экранная форма.

Авторами статьи предложено использовать эти экранные формы для назначения исполнителей и сроков выполнения на узлы workflow-диаграмм. Также такой подход позволит учитывать вариативность выполнения процесса:
– задать на экранной форме необходимое количество запускаемых процессов;
– задать на экранной форме последовательное или параллельное выполнение запускаемых процессов;
– задать на экранной форме кто должен быть уведомлен о завершении процесса.

4 Множество вложенных и параллельных workflow-диаграмм, реализующих процесс проектирования бортовой РЭА, вызывает сложность отслеживания хода общего процесса проектирования изделия.

Для решения этой проблемы авторами статьи предложено отслеживать жизненного цикла данных, получаемых в результате этапов проектирования. Например, когда все схемы электрические принципиальные утверждены, процесс переходит на этап конструкторского проектирования и начальник подразделения получает уведомление. Также подобные проверки могут быть использованы для отслеживания окончания процесса для запуска следующей типовой workflow-диаграммы.

Заключение

В PLM-системах для реализации бизнес-процессов используется механизм workflow. Стандартный инструментарий систем позволяет создавать статические линейные workflow-диаграммы, но зачастую реальные процессы предприятий имеют сложную иерархическую структуру с множеством логических ветвлений, возвратов и вариантов исполнения.

В качестве примера в статье рассмотрен процесс проектирования бортовой РЭА. На его основе выявлены особенности данного процесса и предложены принципы, позволяющие при внедрении PLM-систем формализовать сложные итерационные процессы.

Предложенные принципы предполагают использование небольшого количества программных компонент (скриптов). Также к достоинствам предложенного подхода можно отнести то, что все бизнес-процессы сводятся к типовым workflow-диаграммам, что позволяет сделать структуру бизнес-процессов предприятия более прозрачной. Благодаря использованию экранных форм для назначения сроков выполнения и исполнения на узлы workflow-диаграмм интерфейс пользователя PLM-системы становится интуитивно понятным для пользователя.

Литература:

1. Информационная поддержка ЖЦ изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS/ИПИ: А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров. – М.: Изд-кий центр «Академия», 2007. – 304 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ ДЗЗ

Аникина П.В.
Научный руководитель: Буркатовская Ю.Б., к. ф.-м. н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: karmen1690@mail.ru

Введение

Несмотря на многочисленные работы, проводимые в последние несколько лет в мире и направленные на разработку методов автоматизации интерпретации аэрокосмических изображений (АИ) земной поверхности, универсального похода к решению данной задачи нет, эффективного во всех прикладных областях, на сегодняшний день не существует. Одной из основных задач теории распознавания образов является задача оптимального выбора системы признаков, наиболее информативно описывающей образы. Другой не менее важной задачей, является описание классов, посторенние решающих функций, с помощью которых тот или иной образ можно отнести одному из классов.

В настоящее время одним из подходов к классификации АИ является приложение теории статистического распознавания образов с использованием статистических классификаторов, использующих робастные признаки.

Термин «робастность» был введен для выделения класса статистических процедур, слабочувствительных к небольшим изменениям начальных предположений.

Под робастностью понимают нечувствительность к различным отклонениям и неоднородностям в выборке, связанным с теми или иными причинами [1]. Примерами робастности может служить:

- ошибки детектора, регистрирующего наблюдения;
- чьи-то добросовестные или не очень попытки «подогнать» выборку до того, как она попадёт к статистику;
- ошибки оформления, вкравшиеся опечатки и многое другое [2].

Особенность робастных методов, предназначенных для работы с параметрическими моделями, состоит в том, что эти модели уже не предполагаются совершенно точными, что влечет за собой необходимость в соответствующих формальных построениях, т.е. для вычислений робастных параметров затрачивается очень много времени.

Области применения статистически классификаторов, основаны на использовании робастных признаков имеют очень большую область применения, в нее входят такие сферы исследований, таких как формальная статистика, экономические исследования, обработка изображений, в частности обработка данных полученных при помощи дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) [3].

Цель работы

Целью данной работы является исследование применимости робастных параметров для автоматической классификации изображений ДЗЗ. Для наглядности исследования будет создана система, реализующая рассматриваемый алгоритм, который позволяет распознавать образы относительно применяемой обучающей выборки и заданных классов. Алгоритм разрабатываемой системы приведен на рисунке 1.

Рис. 1. Схема работы программы

Алгоритмическое описание системы

Автоматическая классификация подразумевает под собой задачу классификации объектов без использования обучающего множества. Задача автоматической классификации не полностью определена, если не указаны свойства, которыми должны обладать искомые классы объектов. Выбор этих свойств или определение класса является немаловажным этапом. Если имеется адекватное определение класса, то становится возможным отличать хорошие классификации от плохих.

Важным моментом в распознавании образов является оценка вероятности ошибок решения. Т.е. любое решающее правило характеризуется вероятностью ошибки. Тем самым вероятность ошибки представляет собой наиболее эффективный критерий. При решении многих практических задач применяются экспериментальные методы такие, как моделирования с помощью метода Монте-Карло или, с помощью, метода нахождения границы вероятности ошибки.

Существуют, по меньшей мере две причины, чтобы пожелать узнать уровень ошибки классификатора. Первая причина – это оценить, достаточно ли хорошо работает классификатор, чтобы считать его работу удовлетворительной. Вторая состоит в

сравнении качества его работы с неким конкурирующим устройством.

Один из возможных путей, для построения автоматической процедуры решения задачи автоматической классификации – это конструирование критерия качества классификации.

Критерий качества классификации J ставит в соответствие каждой возможной классификации множества объектов число. Областью определения J является множество всех возможных классификаций объектов, а областью значений – множество действительных чисел. Предполагается, что классификации соответствуют экстремальным значениям критерия J.

Таким образом, если критерий J задан, то можно оценить любую данную классификацию.

Задачу классификации математически в общем случае можно представить следующим образом. Для каждого класса w_i из исходного алфавита $\{w_i\}, i = \overline{1,M}$ (где M – количество типов земной поверхности на исследуемом изображении) водится понятие вероятности появлении класса w_i в пространстве признаков Ω(X). Данная вероятность $p(w_i)$ называется априорной вероятностью класса w_i. Предполагается, что для каждого класса известна многомерная функция $p(X|w_i)$, описывающая условную плотность распределения вектора признаков X в классе w_i.

Критерий качества классификации J является функций от Ω и X. Наилучшая классификация Ω_0 удовлетворяет условию

$$J(\Omega_0; X) = \min_{\Omega} J(\Omega; X),$$

либо

$$J(\Omega_0; X) = \max_{\Omega} J(\Omega; X).$$

На l - итерации имеем классификацию $\Omega(l)$, т.е если изменить классификацию i-го объекта, перенеся его из класса $k_i(l)$ в класс, тем самым критерий классификатора изменится на величину $\Delta J(i, j, l)$:

$$\Delta J(i, j, l) = J(\omega_{k_1}(l), \dots, \omega_{k_{i-1}}(l), \omega_j, \omega_{k_{i+1}}(l), \dots, \omega_{k_N}(l); X)$$

Если величина $\Delta J(i, j, l)$ отрицательна, то перенесение i-го объекта в j-й класс дает улучшение классификации [4].

На этом основан алгоритм реализации программы.

В данном алгоритме на каждой итерации происходит одновременная переклассификация всех объектов (как говорилось выше). Таким образом, нет гарантии реального улучшения J и нет гарантии, что алгоритм сходится к абсолютному минимуму J. Несмотря на это данный алгоритм эффективен. Он обеспечивает систематическое, направленное рассмотрение возможных вариантов и позволяет ограничиться рассмотрением лишь небольшого подмножества классификаций.

Ниже приведено пошаговое описание используемого алгоритма.

Шаг 1. Выбрать начальную классификацию Ω(0)

Шаг 2. Для данной l-й классификации Ω(l) вычислить ΔJ(I,j,l) для $j = \overline{1,m}$ и $i = \overline{1,n}$.

Шаг 3. Для всех $i = \overline{1,n}$ перенести i-й объект в класс t, где t определяется из условия $\Delta J(i, j, l) = \min_j \Delta J(i, j, l)$. Если минимум ΔJ достигается при нескольких значениях j и если среди этих значений есть $k_i(l)$, то неоднозначность разрешается в пользу уже построенной классификации. В противном случае неоднозначность разрешается произвольно. В результате получаем новую классификацию $\Omega(l+1)$.

Шаг 4. Если $\Omega(l+1) \neq \Omega(l)$, возвращаемся к шагу 2; в противном случае работа алгоритма закончена.

Применяемый для реализации рассматриваемый алгоритм автоматической классификации, пригоден для широкого диапазона критериев.

Заключение

Разрабатываемая система должна реализовать приведенный алгоритм в соответствии с заданными исходными параметрами. Итогом работы системы будет являться сегментированное изображение с объектами разделенными на соответствующие классы. Реализация системы осуществляется при помощи пакета MS Visual Studio 2010 и MATLab.

Список литературы:

1. Huber P.J. Robust statistics. N.Y.: John Wiley and Sons, 1981.
2. Айвазян С.А. и др. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное изд. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
3. Шурыгин А.М. Прикладная стохастика: робастность, оценивание, прогноз. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 224 с.
4. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов. – М.: Наука, 1979. – 368 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. – 1072с.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ В МЕТОДАХ ОПТИМИЗАЦИИ

Аньшина А.А., Рейзлин В.И.
Научный руководитель: Рейзлин В.И., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30
E-mail: anshina-arina@rambler.ru, vir@tpu.ru

Введение

В настоящее время все более актуальными становятся задачи оптимизации, поиска, реализации распределенных и (или) параллельных систем. Многие из них легко реализуемы простыми математическими методами, но некоторые задачи требуют к себе особого подхода. Эти задачи либо не разрешимы простыми методами, либо их решение потребует значительного времени и объема ресурсов. Для решения подобного рода задач существуют особые методы и алгоритмы. К их числу относятся генетические алгоритмы.

Генетические алгоритмы – это эвристические алгоритмы поиска, используемые для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию [1].

ГА работают с совокупностью особей - *популяцией*, каждая из которых представляет возможное решение данной проблемы. Каждая особь оценивается мерой ее *приспособленности* согласно тому, насколько хорошо соответствующее ей решение задачи. В природе это эквивалентно оценке того, насколько эффективен организм при конкуренции за ресурсы. Наиболее приспособленные особи получают возможность воспроизводить потомство с помощью "перекрестного скрещивания" с другими особями популяции. Это приводит к появлению новых особей, которые сочетают в себе некоторые характеристики, наследуемые ими от родителей. Наименее приспособленные особи с меньшей вероятностью смогут воспроизвести потомков, так что те свойства, которыми они обладали, будут постепенно исчезать из популяции в процессе эволюции. Иногда происходят мутации, или спонтанные изменения в генах.

Принцип работы ГА

Генетические алгоритмы оперируют совокупностью особей (популяцией), которые представляют собой строки, кодирующие одно из решений задачи. Этим ГА отличается от большинства других алгоритмов оптимизации, которые оперируют лишь одним решением, улучшая его.

С помощью функции приспособленности среди всех особей популяции выделяют:

- наиболее приспособленные (более подходящие решения), которые получают возможность скрещиваться и давать потомство;
- наихудшие (плохие решения), которые удаляются из популяции и не дают потомства.

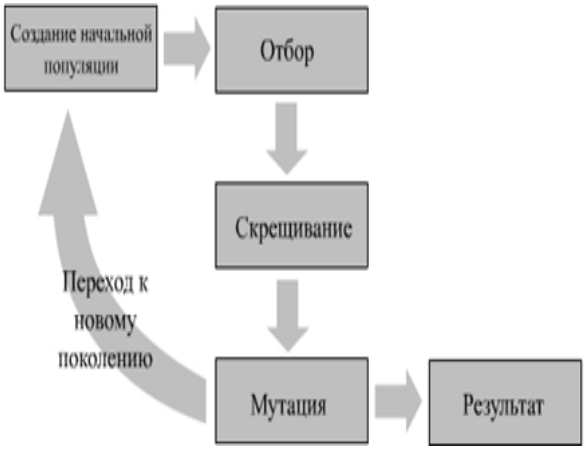
Таким образом, приспособленность нового поколения в среднем выше предыдущего [2].

В классическом ГА:

- начальная популяция формируется случайным образом
- размер популяции (количество особей *N*) фиксируется и не изменяется в течение работы всего алгоритма
- каждая особь генерируется как случайная *L*-битная строка, где *L* – длина кодировки особи
- длина кодировки для всех особей одинакова [3].

Алгоритм работы

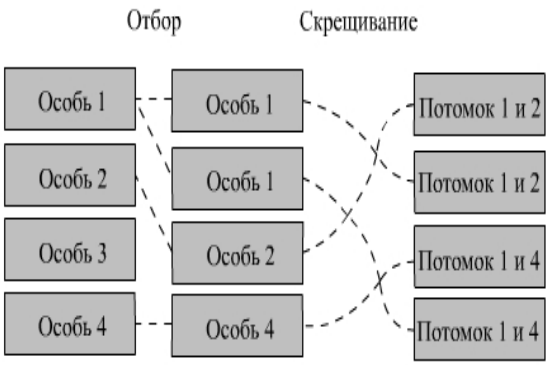
На рисунке изображена схема работы любого генетического алгоритма:



Шаг алгоритма состоит из трех стадий:

1. генерация промежуточной популяции (*intermediate generation*) путем отбора (*selection*) текущего поколения
2. скрещивание (*recombination*) особей промежуточной популяции путем *кроссовера* (*crossover*), что приводит к формированию нового поколения
3. мутация нового поколения

Первые две стадии (отбор и скрещивание):



Отбор

Промежуточная популяция – это набор особей, получивших право размножаться. Наиболее приспособленные особи могут быть записаны туда несколько раз, наименее приспособленные с большой вероятностью туда вообще не попадут.

В классическом ГА вероятность каждой особи попасть в промежуточную популяцию пропорциональна ее приспособленности, т.е. работает *пропорциональный отбор* [4].

Скрещивание

Особи промежуточной популяции случайным образом разбиваются на пары, потом с некоторой вероятностью скрещиваются, в результате чего получаются два потомка, которые записываются в новое поколение, или не скрещиваются, тогда в новое поколение записывается сама пара.

В классическом ГА применяется одноточечный оператор кроссовера (*1-point crossover*): для родительских строк случайным образом выбирается точка раздела, потомки получаются путём обмена отсечёнными частями.

После того, как закончится стадия кроссовера, выполняются операторы мутации. В каждой строке, которая подвергается мутации, каждый бит изменяется на противоположный. Популяция, полученная после мутации, записывается поверх старой и этим цикл одного поколения завершается. Последующие поколения обрабатываются таким же образом: отбор, кроссовер и мутация.

011010.01010001101->111100.10011101001
111100.01010001101->011010.10011101001
[3].

Мутация

К полученному в результате отбора и скрещивания новому поколению применяется оператор мутации, необходимый для "выбивания" популяции из локального экстремума и способствующий защите от преждевременной сходимости.

Каждый бит каждой особи популяции с некоторой вероятностью инвертируется. Эта вероятность обычно очень мала, менее 1%.

Можно выбирать некоторое количество точек в хромосоме для инверсии, причем их число также может быть случайным. Также можно инвертировать сразу некоторую группу подряд идущих точек. Среди рекомендаций по выбору вероятности мутации нередко можно встретить варианты $1/L$ или $1/N$ [5].

Оптимизация генетического алгоритма

Популярным приложением генетических алгоритмов является *оптимизация многопараметрических функций*. Многие реальные задачи могут быть сформулированы как поиск оптимального значения, где значение - сложная функция, зависящая от некоторых входных параметров. Часто, точный оптимум не требуется - решением может считаться любое значение, которое лучше некоторой заданной величины. В этом случае, генетические алгоритмы - часто наиболее приемлемый метод для поиска *хороших* значений. Сила генетического алгоритма заключена в его способности манипулировать одновременно многими параметрами, эта особенность генетического алгоритма использовалось в сотнях прикладных программ, включая проектирование самолетов, настройку параметров алгоритмов и поиск устойчивых состояний систем нелинейных дифференциальных уравнений. Важно помнить, что для реальных задач имеющих точные решения, однозначно получаемые численными методами, генетические алгоритмы не должны применяться. Как правило, это делается в учебных (тестовых) целях для проверки правильности реализации.

Список литературы:

1. **Википедия. Генетический алгоритм.** URL:http://ru.wikipedia.org/wiki/Генетический_алгоритм
2. http://www.itfru.ru/index.php/genetic-algorithms
3. Исаев С.А. Популярно о генетических алгоритмах http://algolist.manual.ru/ai/ga/ga1.php
4. Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А., Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности, Харьков, ОСНОВА, 1997. – 112с.
5. Авторский сайт Ю. Цоя http://www.qai.narod.ru/

МОДУЛЬ ПРИОБРЕТЕНИЯ ЗНАНИЙ ИЗ «1С»-ИНФОПИСЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Ахаев А.В.
Научный руководитель: Ходашинский И.А., д.т.н., профессор
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 40
E-mail: AkhaevAV@gmail.com

Введение

База знаний является важной частью экспертной системы, качество наполнения которой серьезно влияет на всю работу системы. Практические методы получения знаний можно разделить на два вида: коммуникативные и текстологические. В первом случае таким источником является эксперт, а во втором – литература, документы, учебники [1].

Для разработки модуля приобретения знаний в продукционной системе выбора программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» используется текстологический метод [2]. В качестве источника знаний выступают информационные письма фирмы «1С» (инфописьма) о выпуске программных продуктов в виде текстовых документов.

К основным проблемам, препятствующим быстрой и качественной обработке писем, можно отнести недостаточную структурированность информации, избыточность.

Для решения представленных проблем, прежде всего, необходимо описать структуру и семантику данных. Одним из возможных подходов к описанию информации, заложенной в документе, является подход на основе онтологий.

В данной статье предлагается автоматизация процесса анализа документа с использованием онтологии, в результате которого будут получены данные, необходимые для пополнения базы знаний.

Описание информационных писем с использованием онтологий

В контексте решения данной задачи онтология – это спецификация некоторой предметной области, которая включает в себя словарь терминов (понятий) предметной области и множество связей между ними, которые описывают, как эти термины соотносятся между собой [3].

Онтологический подход обладает такими преимуществами, как [4]:

- удобство восприятия человеком;
- отсутствие необходимости в квалификации пользователя при разработке онтологии;
- возможность описания одного документа различными онтологиями.

Для построения иерархии понятий онтологии используются следующие базовые типы отношений:

- *is_a* («класс – подкласс»);
- *part_of* («часть – целое»).

В настоящее время существует ряд стандартов хранения и обработки информации при работе с онтологиями. Одним из основных стандартов является язык описания онтологий *OWL* (*Ontology Web Language*) [5].

Язык *OWL* позволяет описывать классы и отношения между ними, присущие как для веб-документов, так и для любых объектов действительности.

Существуют различные редакторы для работы с онтологиями. При этом, наиболее перспективным представляется визуальный подход, позволяющий специалистам «рисовать» онтологии, что помогает наглядно представить структуру объекта.

Онтологии информационных писем строятся средствами редактора Protege (рис. 1).

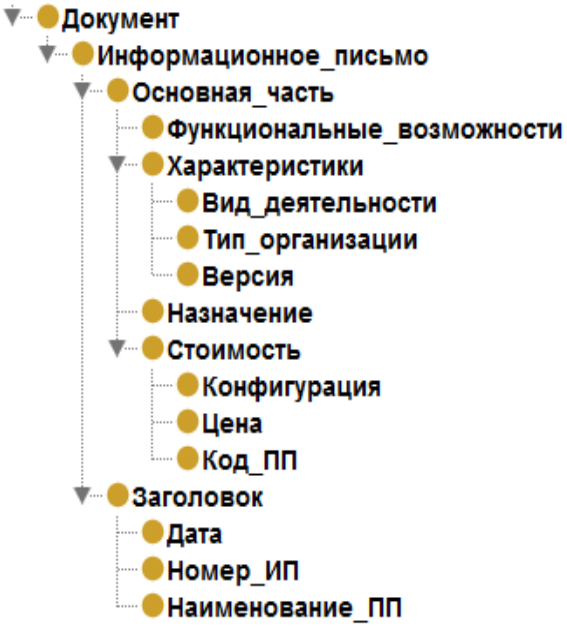


Рис. 1 – Структура информационного письма

Для построения онтологии письма вначале был составлен перечень терминов, которые требуются для описания структуры письма. Затем с использованием перечисленных выше базовых отношений сформирована иерархия понятий.

Сопоставление онтологии и информационного письма в процессе анализа представляет собой поиск понятий онтологии в данном письме.

Если найдены все понятия, то можно говорить о том, что данная онтология описывает документ.

Таким образом, из слабоструктурированного документа может быть получен документ с выявленной структурой.

Обработка структурных блоков

После того как определена структура письма, происходит обработка структурных блоков. Для каждого из них разработан алгоритм анализа.

Рассмотрим один из таких алгоритмов на примере блока «Функциональные_возможности» (рис. 1). Данный блок представляет собой фрагмент информационного письма о выпуске программного продукта, в котором содержится описание функциональных возможностей этого продукта (рис. 2)

* Предварительная запись клиента на ремонт в удобное время;
* Учет выполнения ремонта автомобиля документом "Заказ-наряд";
* Проведение поэтапного ремонта (заявка, выполнение ремонта, ожидание, ремонт выполнен, заказ-наряд закрыт);
* Использование различных видов ремонтов. Ремонты могут быть как платные, так и бесплатные;
* Гибкое ценообразование на авторабоы в зависимости от модели или комплектации автомобиля, контрагента, вида и места ремонта;

Рис. 2 – Пример функциональных возможностей программного продукта

Входными данными для алгоритма являются:

- фрагмент информационного письма. Этот фрагмент получен на этапе выявления структуры всего письма;
- шаблон, представляющий собой список наименований наиболее важных функций. Шаблоны разработаны экспертами. В системе имеется не более десяти шаблонов. Они подставляются автоматически, в зависимости от результатов обработки блока «Характеристики».

На выходе получается список найденных функций с их описанием.

На рисунке 3 представлена блок-схема алгоритма.

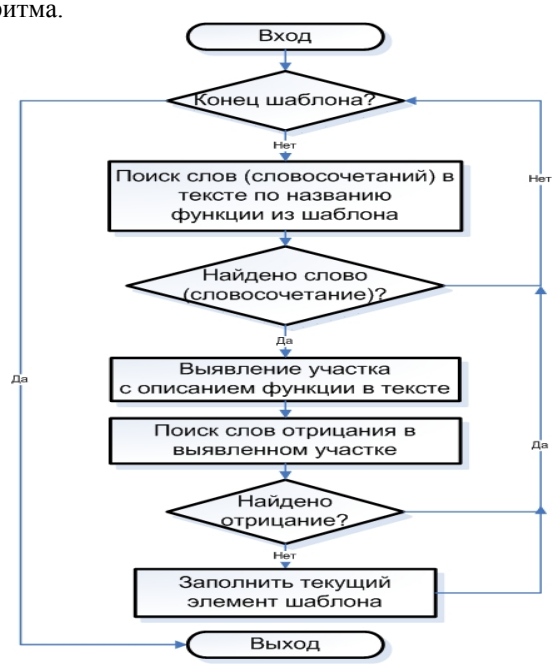


Рис. 3 – Блок-схема алгоритма анализа функциональных возможностей

После того как все блоки обработаны формируется правило для продукционной системы вида:

ЕСЛИ <антецедент> ТО <консеквент>.

Полученное знание сохраняется в базе знаний.

Совместимость

Следует отметить, что на данный момент информационные письма делятся на три типа. Соответственно для каждого типа была разработана своя онтология. Однако с течением времени письма изменяются. Не исключено, что будут добавляться новые типы. В связи с этим онтологии должны быть доступны для редактирования.

Рассматриваемая продукционная система выбора программных продуктов реализована на платформе «1С:Предприятие 8», а онтологии информационных писем описываются при помощи языка *OWL* (средствами редактора Protege). В связи с этим потребовалось обеспечить совместимость разработанного модуля со стандартом *OWL*.

Заключение

Разработанный модуль приобретения знаний продукционной системы выбора программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» позволяет в значительной степени облегчить затраты времени и труда на поддержание ее в актуальном состоянии.

Обеспечена совместимость разработанного модуля со стандартом описания онтологий *OWL*.

Литература:

1. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф Хорошевский. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.

2. Адуева Т.В., Ахаев А.В., Ходашинский И.А. Продукционная система выбора программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» // Бизнес информатика. 2012. №1(19).

3. Гаврилова Т.А. Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных систем автоматизации // Новости искусственного интеллекта. 2003. № 2.

4. Ланин В.В. Мультиагентая система для интеллектуального анализа документов // International Book Series “Information Science & Computing”, Sofia, ITHEA. 2008 № 4 “Advansed Studies in Software and Knowledge Engineering”. P. 166-172.

5.OWL Web Ontology Language [Электронный ресурс]. -http://www.w3.org/TR/owl-ref/.

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Бахчаев А.С.
Научный руководитель: Михайлов В.В., к.т.н., с.н.с., доцент кафедры
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Chalenger@sibmail.com

В данной статье представлено системное решение и описан алгоритм, позволяющий управлять скоростью вращения двигателя постоянного тока (ДПТ) при помощи микроконтроллера. Схема реализации данного решения представлена на рис.1.

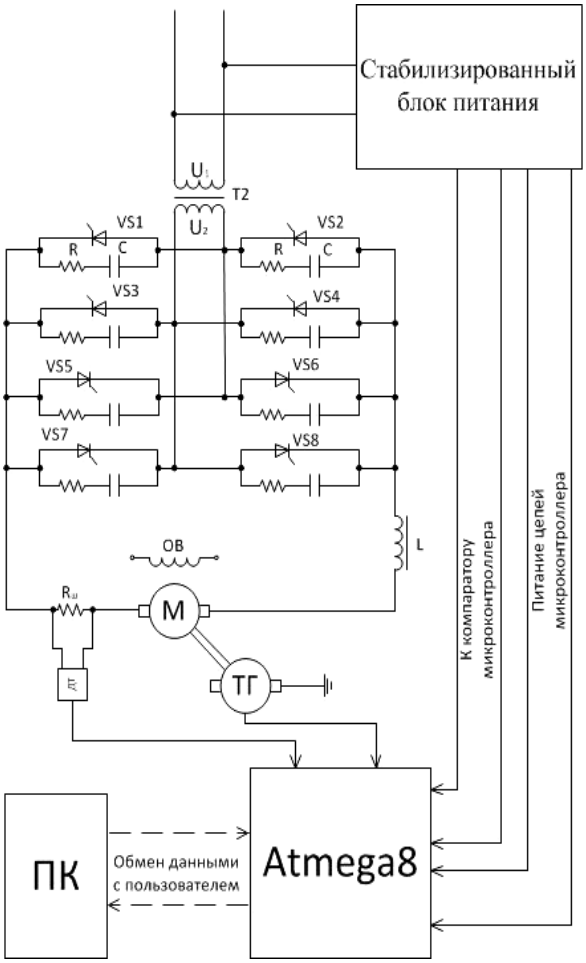


Рис.1. Схема микропроцессорного управления ДПТ

Схема состоит из трех основных частей:

1. Стабилизированный блок питания.
2. Реверсивный тиристорный преобразователь.
3. Управляющая часть.
4. Рассмотрим отдельно каждую из частей.

Стабилизированный блок питания.

Как известно, для питания цифровых микросхем необходимо стабилизированное напряжения 5В. Для получения необходимого номинала используется стабилизированный блок питания. На выходе из блока мы получаем номиналы +5В (для питания цифровых цепей микроконтроллера) и +12В (для питания других цепей микроконтроллера).

Кроме собственно цепей питания приведенная схема содержит специальные цепи, позволяющие получать сигнал, синхронный с частотой сетевого напряжения. Такой сигнал может подаваться на компаратор, входящий в состав микроконтроллера, и позволяет реализовать алгоритмы управления тиристорными ключами для плавной регулировки мощности на нагрузке.

Реверсивный тиристорный преобразователь.

Тиристорный преобразователь необходим для регулирования мощности ДПТ. Он представляет собой мостовую схему из восьми тиристоров, позволяя регулировать скорость вращения ДПТ как в прямом так и в обратном направлении.

Управляющая часть.

Управляющая часть схемы состоит из микроконтроллера и персонального компьютера.

Для управления двигателем был выбран микроконтроллер фирмы ATMEL: ATmega8. По количеству портов вводов-выводов, а также по параметрам своей вычислительной мощности данный микроконтроллер подходит для управления. Схема микроконтроллера представлена на рис.2.

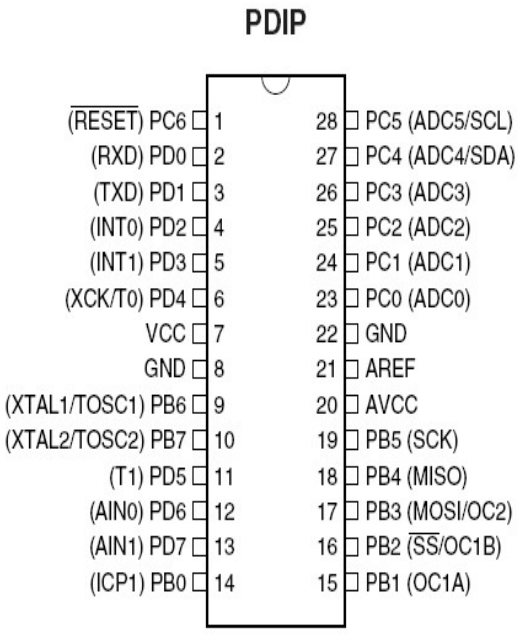


Рис.2. Схема микроконтроллера Atmega8

Персональный компьютер необходим для ввода пользователем информации в контроллер. При-

мерный вид интерфейса программы для ввода данных представлена на рис.3:

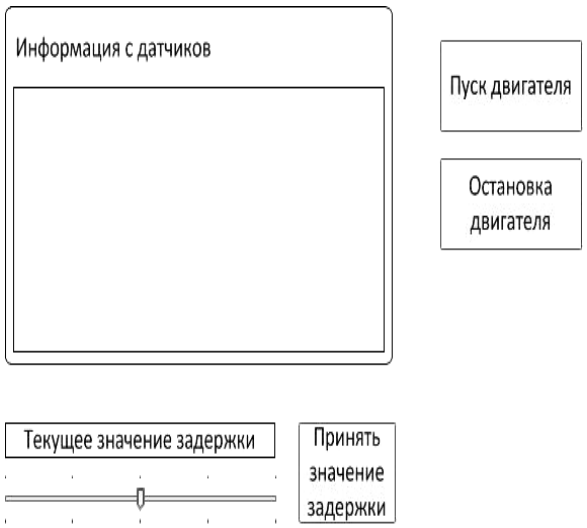


Рис.3. Интерфейс программы для ввода данных

Интерфейс содержит две кнопки для пуска и остановки двигателя, бегунок для изменения времени задержки открытия тиристорного преобразователя и кнопку для ввода информации о задержке в микроконтроллер. Так же программа содержит информационное окно, в котором отображается информация с датчиков, а именно скорость вращения двигателя и ток якоря.

Общий принцип работы.

Для управления тиристорами был выбран метод фазового регулирования. Он состоит в выборе момента открытия тиристора относительно начала фазы текущего полупериода питающего напряжения. Этот процесс иллюстрирует рис. 4:

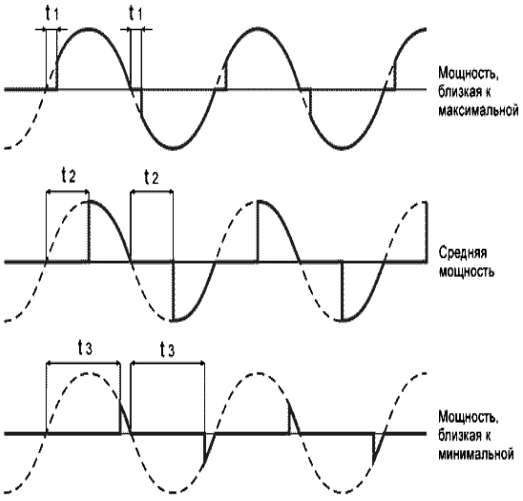


Рис.4. Метод фазового регулирования.

На рисунке приведена форма сигнала на нагрузке при разных значениях времени задержки. При малом времени задержки t1 мощность максимальна. При t2 в нагрузку отдается ровно половина возможной мощности, а при t3 мощность минимальна.

Алгоритм управления: пользователь через управляющую программу задает величину времени задержки открытия тиристора. Введенная информация поступает в микроконтроллер. Контроллер ожидает начала очередного полупериода. Обнаружив начало полупериода, контроллер запускает внутренний таймер (время работы таймера равно времени задержки, заданной пользователем). По окончании работы таймера, контроллер выдает запускающий сигнал на выход, управляющий тиристорным регулятором. Тиристор открывается, и напряжение поступает на двигатель и тот в свою очередь начинает вращение. Важно, что бы управляющее напряжение было снято с тиристора до окончания текущего полупериода. В этом случае, как только сетевое напряжение достигнет нуля, тиристор закроется, а с началом следующего полупериода процесс отсчета времени повторится снова. Изменяя величину задержки, пользователь может изменять мощность, а значит и скорость вращения двигателя.

Так же пользователь имеет возможность наблюдать за показателями работы двигателя, а именно за скоростью вращения двигателя и за током на обмотке якоря. Это позволяет удаленно следить за работой ДПТ.

Список литературы:

1. Зиновьев Г.С. Силовая электроника: основы силовой электроники. Часть 1// Методы и системы управления преобразователями. №1. С.504-523; 2003.
2. Денисенко В.В. Тиристоры: вопросы реализации. Часть 2// Современные технологии автоматизации. №1. С.72-80; 2008.
3. Мир микроконтроллеров. [Электронный ресурс]. – Режимдоступа: http://www.mirmk.net/content/view/66/29/, свободный. – Загл. с экрана.
4. Мир микроконтроллеров. [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://www.mirmk.net/content/view/65/29/, свободный. – Загл. с экрана.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА API-БИБЛИОТЕК

Бердников И.С., Аврамчук В.С.
Научный руководитель: Пушкарев М.И., аспирант
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: sinbizkit@gmail.com

Аббревиатуру API (Application Programming Interface) дословно можно перевести как интерфейс программирования приложений. Подобным термином обозначаются всевозможные библиотеки, содержащие наборы классов, процедур, констант и т.п., использующиеся во внешних, сторонних программных продуктах. В сущности, интерфейсы программирования приложений предоставляют конечному пользователю определенный функционал, который может быть использован при создании своих собственных приложений. То есть можно сказать, что API является своего рода пользовательским интерфейсом для программистов[1].

В процессе разработки практически всех современных программ используются те или иные наборы интерфейсов. С их помощью команда разработчиков может сосредоточить свое внимание на реализации основных программных решений, не отвлекаясь на написание уже описанных раннее в API более общих методов и функций.

В качестве примера необходимо упомянуть общеизвестный набор базовых функций WinAPI, который распространяется вместе с семейством операционных систем Windows. Данный интерфейс является самым прямым способом взаимодействия пользовательских приложений и операционной системы.

Стоит отметить тот факт, что создание API является очень ответственной и трудоемкой задачей. Поэтому в процессе реализации необходимо особенно тщательно продумать архитектуру будущей библиотеки, чтобы в итоге её сопровождение не превратилось в ночной кошмар[1]. Любой разработчик скажет, что API должен иметь оптимальную архитектуру и быть максимально удобным в использовании.

Интерфейс программирования приложений создается для решения определенной проблемы или выполнения конкретной задачи. А значит первое, что необходимо продумать при реализации нового API – выделение определенной абстракции относительно решаемого вопроса. Впоследствии она будет описана в сопроводительной документации для того, чтобы пользователь, даже не искушенный в программировании, вполне ясно мог понять, для чего именно предназначен данный функционал. Грамотно спроектированный API позволит решать требуемые задачи практически интуитивно.

Процесс создания API можно условно разделить на три стадии:

1. Анализ решаемой задачи. На данном этапе необходимо совершенно четко определить для чего именно будет предназначен API и как именно он будет решать эти задачи. Это позволит разработчикам сэкономить уйму времени и денег.
2. Составление плана предстоящей работы, который включает в себя примерную архитектуру проекта, общее описание классов и методов.
3. Реализация. Непосредственно разработка, тестирование, написание сопроводительной документации. Без проведения должного тестирования работоспособности каждого функционального блока любой проект обречен на провал.[2]

Многие начинающие программисты рассматривают разработку, как программных продуктов, так и API, некой обособленной задачей, которая заканчивается в момент самого первого релиза.[2] Первый выпуск является лишь самым началом таких непростых процессов как тестирование и сопровождение. Практически всегда в исходном коде находятся ошибки или мелкие недочеты, которые необходимо исправить. Либо у команды разработчиков может возникнуть желание провести рефакторинг кода функций, расширить функционал или добавить поддержку других операционных систем.

Основная задача при выпуске последующих версий API состоит в том, чтобы максимально снизить, а по возможности исключить, возможность создания каких-либо неудобств для пользователей. Разрушение структуры или изменение свойств интерфейса в обновленном релизе заставит ваших клиентов переписывать свой код, чтобы извлечь максимум из нововведений. Чем сильнее вы сможете минимизировать необходимость ручного вмешательства со стороны пользователей, тем охотнее они будут обновлять API.[1]

Каждому выходящему в свет релизу API или программного продукта присваивается уникальный номер версии. На некоторых аспектах этого вопроса стоит остановиться отдельно. Для представления информации о версии программного продукта используется множество различных схем, однако большинство из этих схем используют последовательности чисел, разделенных точкой. Это делается для того, чтобы наглядно показать весомость внедренных изменений в текущей версии.

Чаще всего применяется два или три разделенных целых числа, например “1.0”, “0.9.1”. Первое число отображает номер полноценной версии продукта. В стартовом релизе оно устанавливается в единицу, а изменение её говорит о значимых изменениях в архитектуре, которые могут привести к нарушению обратной совместимости с предыдущими релизами. Второе число является индикатором упрощенной версии, изменение которой, как правило, не должно повлечь за собой ручное изме-

нение пользователями своих продуктов. Третье (опциональное) число отображает номер патча. Патчи выпускаются для исправления ошибок и устранения различных брешей в системе безопасности.

Данная система нумерации не является обязательной к применению, однако она наиболее распространена и проста в восприятии.

При разработке и выпуске новых версий API очень важным понятием является обратная совместимость. Обратная совместимость может быть определена, как сохранение в новом релизе API функционала предыдущих версий, что позволит пользователям использовать его без каких-либо исправлений в собственном коде.[2] Другими словами, новая версия интерфейса является супермножеством предыдущей.[1] Существует несколько типов обратной совместимости:

- Функциональная совместимость.
- Совместимость на уровне исходного кода.
- Бинарная совместимость.

Каждый из данных подвидов накладывает определенные ограничения на изменения последующих версий, в которые обновления основного кода вписываются далеко не всегда, что приводит к нарушению того или иного вида совместимости.

Расширение или изменение функциональных возможностей особенно критично сказывается на бинарной совместимости, т.к. любое изменение исходного кода, например, добавление новой виртуальной функции к абстрактному классу, изменит размер файла на величину объема указателя на новую функцию. Некоторые компиляторы позволяют добавлять виртуальные функции к классу, который уже имеет виртуальные методы, но только до тех пор, пока вы добавляете метод последним в списке.

Для того, чтобы обеспечить обратную совместимость в максимально широком спектре обновлений, необходимо постоянно проводить тщательные обзоры исходного кода API. Данное условие является обязательным. Подобные обзоры могут проводиться двумя методами:

1. Общее совещание перед выпуском каждого нового релиза API, на котором рассматриваются все вводимые обновления.
2. Рассмотрение и обсуждение каждого отдельного метода перед его внесением в основную линию исходного кода проекта.

Естественно, команда разработчиков может применять обе методики.[1]

Основными целями подобных обзоров является поддержание обратной совместимости, сохранение целостности архитектуры проекта, контроль над вводимыми обновлениями, пересмотр прошлых технологических решений и анализ будущего эволюционного развития проекта.

Проблемы, выявленные при анализе проекта, совсем не обязательно будут касаться исходного кода. Они так же могут затрагивать прилагаемую к API документацию.

Одним из основных условий успешного интерфейса программирования приложений является грамотно составленная сопроводительная документация, которая должна содержать описание всех возможностей, предоставляемых API, а так же способов их применения и использования. Какими бы однозначными не были сигнатуры имен классов, прототипов функций и методов, конечному пользователю гораздо быстрее и удобнее понять их предназначение из справочного описания. Так же сопроводительная документация является дополнительным подспорьем для самих разработчиков API.

В связи с быстрыми темпами развития информационных технологий и внедрения программного обеспечения практически во все аспекты современной жизни, качество разрабатываемых программных продуктов является обязательным условием при нынешних условиях конкуренции на рынке. А раз практически все программы, так или иначе, зависят от множества различных API, то уровень профессионализма и упорства, с которым разработчики подходят к созданию интерфейса программирования приложений, является одним из ключевых факторов успеха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Martin Reddy. API design for C++ - USA 2011 – 427 с.
2. Jaroslav Tulach. Practical API Design: Confessions of a Java Framework Architect – USA 2008 – 416 с.

МНОГОСЛОЙНЫЙ ПЕРСЕПТРОН С ВАРИАТИВНЫМИ ПОТЕНЦИАЛАМИ ДЕЙСТВИЯ НЕЙРОНОВ

Борило И.А., Слядников Е.Е.
Научный руководитель: Слядников Е.Е., д-р физ.-мат. наук, профессор
Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36.
E-mail: boriloilya@yandex.ru

Введение

В настоящее время нейронные сети находят широкое применение для решения задач обработки и анализа данных. Среди существующих нейросетевых парадигм широкое распространение получил многослойный персептрон, обучаемый методом обратного распространения ошибки[1,2]. Данный вид нейронной сети успешно применяется для решения задач классификации с учителем, регрессии, нелинейного сжатия данных. Важным достоинством многослойного персептрона является то, что с помощью данной нейронной сети может аппроксимировать с заданной точность любую функцию многих переменных, заданную на некотором ограниченном подпространстве [3]. При этом персептрон обладает существенным недостатком – значительными вычислительными затратами на обучение. Цель данной работы – снижение вычислительных затрат на обучение многослойного персептрона

Многослойный персептрон

Многослойный персептрон представляет собой набор вычислительных элементов - формальных нейронов. Формальные нейроны в многослойном персептроне объединены в слои. Количество слоев в многослойном персептроне не ограничено, но обычно слоев у многослойного персептрона два или три. Принцип работы многослойного персептрона состоит в передаче сигнала последовательно от слоя к слою. На вход каждого формального нейрон поступает входной сигнал предыдущего слоя или входной сигнал персептрона для первого слоя, и каждый такой нейрон формирует одну компоненту вектора выходного сигнала слоя. Оценка ее значения происходит следующим образом: рассчитывается потенциал активации (1) и рассчитывается значение функции активации (2).

$$\upsilon_k = \sum_{j=0}^{n} w_{kj} x_j \qquad (1)$$

$$y_k = \varphi(\upsilon_k) \qquad (2)$$

где υ_k - потенциал активации; $x_1, x_2, \ldots, x_n$ - компоненты входного сигнала слоя; x_0 - постоянная компонента равная 1, соответствующая порогу; $w_{k1}, w_{k2}, \ldots, w_{kn}$ - синоптические веса формального нейрона k; w_{k0} - синоптический вес формального нейрона, определяющий величину порога формального нейрона; n - размерность входного сигнала; $\varphi(\upsilon_k)$ - функция активации; y_k - выходной сигнал формального нейрона. Из (1) и (2) очевидно, что многослойный персептрон является векторной функцией векторного аргумента, полученной путем линейной комбинации и суперпозиции функций активации $\varphi(\upsilon_k)$.

Наиболее часто используемыми функциями активации в многослойном персептроне являются сигмоидальная функция (3) и гиперболический тангенс (4).

$$\varphi(\upsilon_k) = \frac{1}{1+\exp(-\alpha \cdot \upsilon_k(n))}, \alpha > 0 \qquad (3)$$

$$\varphi(\upsilon_k) = a \cdot \tanh(b \cdot \upsilon_k), a > 0, b > 0 \qquad (4)$$

Важно отметит, что при вычислении (3) и (4) необходимо проводить вычисление экспоненты, что является затратной операцией с точки зрения вычислений.

Чтобы персептрон задавал необходимое отображение из множество возможных входных сигналов на множество выходных сигналов, для этого необходимо обучить многослойный персептрон. Важно отметить, что теорема о возможности аппроксимации любой функции многих переменных многослойным персептроном является теоретическим доказательством существования персептрона, который будет аппроксимировать целевую функцию с заданной точностью, но это не значит, что в процессе обучения данный многослойный персептрон будет найден. Поэтому для многих прикладных задач обучения многослойного персептрона является не тривиальной задачей.

Обучения многослойного персептрона состоит в поиске минимума квадратичной ошибки выходов персептрона на пространстве синоптических весов нейрона. Процесс обучения персептрона разбит на эпохи. Обычно за каждую эпоху для каждого из примеров обучающей выборки проводится оценка квадратичной ошибки и определяются значения коррекции синоптических весов формальных нейронов, чтобы уменьшить величину квадратичной ошибки. Данный процесс включает в себя два этапа: прямой проход и обратный проход. На прямом проходе происходит расчет выходного сигнала для некоторого примера из обучающей выборки. При обратном проходе рассчитывается сигнал ошибки выходного нейрона, затем рассчитывается локальный градиент для каждого из формальных нейронов [4]. По окончанию каждой эпохи обычно проводится проверка на выполнение условия остановки процесса обучения. Сам процесс коррекции синоптических весов зависит от используемой реализации алгоритма обратного распространения ошибки.

Способы уменьшения вычислительных затрат на обучение персептрона

В алгоритме обучения многослойного персептрона, есть большое количество точек для оптими-

зации с целью уменьшение вычислительных затрат на обучение персептрона. Методы снижения вычислительных затрат на обучение персептрона можно разделить на две группы:

1. снижение количество вычислительных затрат на одну эпоху обучения;
2. увеличение скорости сходимости обучения, т.е. уменьшения количества эпох обучения.

К первой группе относятся такие методы, как оптимизация программной реализации, распараллеливание процесса обучения и т.д. Важным звеном с точки зрения уменьшения вычислительных затрат является функция активации. Например, для функций активации (3) и (4) основным вычислительные затраты идут на вычисления экспоненты. С этой точки зрения, большой интерес представляет работа [4], в которой предложен алгоритм приближенного расчета экспоненты, который позволяет значительно уменьшить вычислительные затраты на ее расчет.

К второй группе относятся такие методы, как нормализация входной выборки, задание оптимальной структуры многослойного (количество слоев персептрона и количество формальных нейронов в ней) и т.д. [1,2]. Сходимости процесса обучения персептрона во многом определяется реализацией алгоритма обратного распространения ошибки, который применяется для обучения. В ряде работ [5,6] показано, что более оптимальным с точки зрения сходимости обучения является on-line режим алгоритма обратного распространения ошибки.

Потенциал действия нейрона

Для снижения вычислительных затрат на обучение был предложен следующий подход. В предложенном подходе потенциалы активации (1) объединены в группы, в каждой из которых находится k потенциалов активации. И на основе заданного критерия в каждой группе определяется один потенциал активации, для которого рассчитывается значение функции активации (2). Данный потенциал активации будем называть потенциалом действия. Для остальных потенциалов активации в группе значение функции активации не рассчитывается. Выходной сигнал слоя формируется только потенциалами действия, т.е. каждая группа определяет значение одной компоненты выходного сигнала слоя. В результате в одном слое затраты на расчет значений функций активации снижаются в k раз.

Если рассмотреть исходное подпространство, на котором должен быть определен персептрон, то для данной модификации это подпространство будет разбита на новые подпространства так , что в любой точке одного такого подпространства будут действующими потенциалами одинаковые потенциалы активации. Таким образом исходная целевая функция будет аппроксимирована не одним персептроном, а набором персептронов, причем у каждого такого персептрона синоптические веса потенциалов активации будут одинаковы с другими персептронами, но не будет не одной пара персептронов, у которых все синоптические веса одинаковые. Поэтому можно предположить, что предложенная модификация модели персептрона позволит лучше аппроксимировать целевую функцию, подстраиваясь под локальные особенность целевой функции.

В ходе исследований предложенной модели персептрона показано: предложенная модель персептрона позволяет аппроксимировать любую функцию нескольких переменных с заданной точностью; для обучения предложенной модели персептрона может применяться алгоритм обратного распространения ошибки. На данном этапе основной целью исследований является сравнения стандартного многослойного персептрона и предложенной модификации по достигаемой точности и скорости обучения в эпохах при одинаковом количестве потенциалов активации в каждом слое. Для этого используются базы реальных данных из UCI Machine Learning Repository (http://archive.ics.uci.edu/ml/index.html)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Вильямс, 2006. – 1104с

2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: ФиС, 2003. – 344с.

3. Kreinovich V.Y. Arbitrary nonlinearity is sufficient to represent all functions by neural networks: A theorem / Neural Networks, 1991, Vol.4, №3. - pp.381-383.

4. Ahrendt T. Fast Computations of the Exponential Function / Lecture Notes in Computer Science, 1999, Vol. 1563/1999, pp. 302-312

5. Царегородцев В.Г. Общая неэффективность использования суммарного градиента выборки при обучении нейронной сети // Материалы XII Всеросс. семинара "Нейроинформатика и ее приложения", Красноярск, 2004. - 196с. - С.145-151.

6. Wilson D.R., Martinez T.R. The general inefficiency of batch training for gradient descent learning / Neural Networks. 2003, Vol.16. Issue 10. - pp.1429-1451.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОРОДНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР

Борисов А. В., Хамухин А. А.
Научный руководитель: Хамухин А. А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Virusaga@tpu.ru

Теория однородных вычислительных структур (ОВС) была создана и разработана в 60-70-е годы прошлого столетия [1,2]. Элементная база того времени не позволяла эффективно реализовать ОВС, хотя аппаратное распараллеливание обещало достижения наивысшей возможной производительности вычислений при прочих равных условий.

С развитием микроэлектроники в настоящее время возможно создавать ОВС на одном кристалле со множеством однотипных ячеек с параллельным выполнением операций. В частности, могут использоваться ПЛИС (программируемые логические интегральные схемы) или БМК (базовые матричные кристаллы). За рубежом они известны под аббревиатурой FPGA (Field-Programmable Gate Array) и ASIC (An application-specific integrated circuit) [3].

Схематичная реализация каждой ячейки может быть различной и от этого зависит эффективность и производительность всей ОВС. Так, например, в [4] предложена более производительная схема ячейки однородной структуры для решения дифференциальных уравнений в частных производных, на которую получен патент РФ [5].

В работе [6] показана возможность реконфигурирования ОВС без изменения схемы каждой отдельной ячейки в отличие от работы [7], где для граничных ячеек предлагаются отдельные схемы решения. В работе [8] показано применение ОВС для параллельного вычисления непрерывного вейвлет- преобразования. На схему ячейки, положенной в основе такой ОВС, так же получен патент РФ [9].

В реальных задачах коэффициенты дифференциальных уравнений в частных производных являются переменными, так как обычно зависят от условий окружающей среды (температура, давление и т.п.). Для таких коэффициентов в работе [10] предложена новая схема ячейки, которая так же имеет патент РФ [11]. В работе [12] предложено решение проблемы адресации ячеек ОВС, для ввода исходных данных и вывода результатов расчёта, на которое также получен патент РФ.

Архитектура современных суперкомпьютеров, построенных на базе универсальных процессоров с последовательным выполнением команд, не всегда поддерживает структуру решаемой задачи. А это значит, что используется только 5-15% от пиковой производительности. Кроме этого требуется преобразование последовательных алгоритмов в параллельные, что так же является трудоёмкой задачей.

Идея реализации аппаратных параллельных вычислений, возрождается в связи с приближением максимально возможной пиковой тактовой частотой универсальных процессоров, и выражается в виде создания многоядерных структур. Однако внутри ядер таких процессоров используется последовательное выполнение команд, поэтому априорно такие структуры будут проигрывать ОВС при прочих равных условия (тактовая частота, элементная база и т.п.).

Микросхемы ПЛИС и БМК, позволяющие реализовать ОВС, обладают, как достоинствами, так и недостатками. Достоинством ПЛИС является возможность перепрограммирования, а недостатком – увеличение времени вычисления. Поэтому основной элементной базой для реализации ОВС, по нашему мнению, являются более быстродействующие микросхемы БМК. Но недостатком БМК является невозможность перепрограммирования, что может приводить к потерям микросхем при ошибках проектирования. В таких случаях на начальной стадии проектирования необходимо применять тщательное математическое моделирование для исключения ошибок, что позволит сократить общее время проектирования.

Рассмотрим в качестве примера исходное дифференциальное уравнение с первой частной производной по времени:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \alpha(x)\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + F(x,t)$$

с начальными и граничными условиями:

$$U|_{t=0} = U_0(x);$$

$$U|_{x\in G} = F_G(t),$$

где U – искомая переменная; t – время; x – пространственная координата (в общем случае это может быть вектор); $U_0(x)$ – начальные значения искомой переменной; G – граница области решения; $F(x,t)$ – функция источника внутри области решения; $F_G(t)$ – функция источника на границе области решения; $\alpha(x)$ – коэффициенты уравнения.

В соответствии с конечно-разностной аппроксимацией по неявной схеме исходного дифференциального уравнения получаем расчетную формулу для внутренних узлов разностной сетки, наложенной на область решения:

$$U_i^{n+1} = U_i^n + \Delta t \cdot \alpha_i \cdot \frac{1}{h^2}(U_{i+1}^{n+1} - 2U_i^{n+1} + U_{i-1}^{n+1}) + \Delta t \cdot F_i^{n+1},$$

где Δt – шаг по времени; h – шаг по пространственной координате; n – номер шага по времени; i – номер шага по пространственной координате.

Для обеспечения устойчивости решения при любом шаге по времени применяется метод установления (итераций) по фиктивному времени. Для этого все слагаемые конечно-разностного уравнения (1) переносятся в правую часть, а в левой части ноль заменяется производной от искомой переменной по фиктивному времени θ.

В общем виде уравнение приращения искомой переменной на каждом шаг для n+1-го шага по реальному времени и для θ+1 шага:

$$\Delta U_i^{n+1,\theta+1} = \Delta U_i^{n+1,\theta} + \Delta\theta \cdot [k_i \cdot \Delta U_{i+1}^{n+1,\theta} - (1 + 2k_i)\Delta U_i^{n+1,\theta} + k_i \cdot \Delta U_{i-1}^{n+1,\theta} + \Delta t \cdot F_i^{n+1} + \Delta U_i^n.$$

Эти уравнения одинаковы для всех узлов разностной сетки и могут быть реализованы аппаратно в виде устройства (рис.) Каждая ячейка этого устройства передает рассчитанное на каждом шаге приращение в соседние ячейки и обрабатывает приращения, полученные от соседних ячеек. Результат вычислений приращений на каждом шаге накапливается и даёт общее решение исходного уравнения.

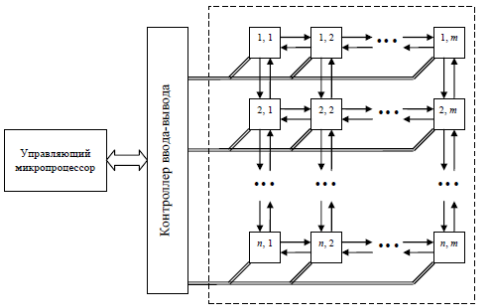


Рис. Однородная вычислительная структура для решения дифференциальных уравнений в частных производных на разностных сетках

Циклы вычислений в таких структурах состоят из двух этапов: на первом производится обмен данными между управляющим микропроцессором и всеми ячейками (загрузка в ячейки коэффициентов уравнений, считывание из ячеек накопленных результатов расчета), а на втором производится сам процесс решения с обменом данными только между соседними ячейками.

Исследования этого примера на модели ОВС показали снижение времени решения в 2–5 раз (в зависимости от количества ячеек) по сравнению с одноядерным микропроцессором.

Список литературы:

1. Каляев А.В. Теория цифровых интегрирующих машин и структур. – М.: Советское радио, 1970. – 472 с.

2. Евреинов Э.В. Однородные вычислительные системы, структуры и среды. – М.: Радио и связь, 1981. – 208 с.

3.НИИ СИ РАН. Отдел разработки высокопроизводительных систем. 2010. URL: http://www.niisi.ru/ppv.htm (дата обращения: 16.11.2009).

4. Хамухин А.А. Ячеечная модель устройства для решения дифференциальных уравнений в частных производных // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. - №5 – С.62-67.

5. Пат. РФ на изобретение № 2359322, МПК (2006.01) G06F 17/13, G06F 7/64 Ячейка однородной структуры для решения дифференциальных уравнений в частных производных / А.А. Хамухин, Ю.В. Бабушкин (РФ). – № 2007141832/09; заявл.12.11.07; опубл. 20.06.09, Бюл. № 17. – 6 с.

6. Хамухин А.А. Реконфигурирование однородной вычислительной структуры с непрограммируемыми ячейками для решения дифференциальных уравнений в частных производных // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. - №5. – С. 68-72

7. Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры. – Ростов на Дону: ЮНЦ РАН, 2008. – 393 с. URL: http://parallel.ru/FPGA/papers/rmvs.pdf (дата обращения: 31.03.2010)

8. Хамухин А.А. Применение ячеек однородной структуры для вычисления непрерывного вейвлет преобразования // Известия Томского политехнического университета, №5, Т. 317, 2010. – С. 149-153.

9. Пат. РФ на изобретение № 2437147, МПК (2006.01) G06F 17/14. Устройство для вычисления дискретизированного непрерывного вейвлет-преобразования / А.А. Хамухин (РФ). – № 2010127068/08; Заяв. 01.07.2010; Опубл. 20.12.2011, Бюл.35.– 9 с.

10. Хамухин А.А. Модификация ячейки однородной структуры для решения дифференциальных уравнений в частных производных с переменными коэффициентами // Известия Томского политехнического университета, №5, Т. 318, 2011. – С. 37-41.

11. Пат. РФ на изобретение № 2419141, МПК (2006.01) G06F 17/13, G06F 7/64. Ячейка однородной структуры для решения дифференциальных уравнений в частных производных с переменными коэффициентами / А.А. Хамухин , Ю.В. Бабушкин (РФ). - № 2009128437/08, Заяв. 22.07.2009; Опубл. 27.01.20011

12. Пат. РФ на изобретение № 2427033, МПК (2006.01) G06F 17/13 G06F 7/64. Адресуемая ячейка однородной структуры для решения дифференциальных уравнений в частных производных / А.А. Хамухин (РФ). – № 2010107933/08; Заяв. 03.03.2010; Опубл. 20.08.2011, Бюл.23.– 7 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ СУБЪЕКТОВ РФ

Боровская Т.И.
Научный руководитель: Кузьмина Е.А., к.т.н., доцент
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634045, Россия, г.Томск, ул. Вершинина 74
E-mail: fiary@sibmail.com

Введение

Российская Федерация – государство резких межрегиональных экономических и политических контрастов, где каждый инвестор, на свое усмотрение, может выбрать регион или город в соответствии с собственными представлениями о приемлемом риске и прибыли. На этапах принятия инвестиционного решения обязательной процедурой является оценка инвестиционной привлекательности предполагаемого региона[1].

Инвестиционная привлекательность региона представляет собой систему или сочетание различных объективных признаков, средств, возможностей, обуславливающих в совокупности потенциальный платежеспособный спрос на инвестиции в данный регион. В зависимости от временного горизонта могут быть выделены текущая и перспективная инвестиционная привлекательность.

Общая характеристика методов оценки инвестиционной привлекательности регионов

Законодательством Российской Федерации не определена конкретная методика оценки инвестиционной привлекательности регионов, поэтому в последнее время все чаще стали появляться различные методики расчета показателей инвестиционной привлекательности, которые, зачастую, отличаются субъективизмом.

Объем вовлекаемых в экономику региона инвестиций – один из критериев эффективности его функционирования. Вместе с тем существует огромный разрыв между достигнутым уровнем инвестиций в экономику российских регионов и уровнем, необходимым для обеспечения их устойчивого развития.

Одной из причин такого дисбаланса является проблема достоверности оценок инвестиционной привлекательности регионов, полученных в результате применения существующих методик. В связи с этим вполне закономерен возросший интерес субъектов инвестиционной деятельности к таким методикам, а также к факторам, оказывающим на инвестиционную привлекательность регионов наибольшее воздействие.

Исследования в области оценки инвестиционной привлекательности отдельных экономических систем проводятся достаточно давно. Наиболее значительный опыт накоплен в странах Европы и США; именно западные методики оценки инвестиционной привлекательности являются первоосновой российских разработок в этом направлении. Однако механическое перенесение известных и апробированных в международной практике методологических подходов к оценке инвестиционной привлекательности российских регионов не всегда являются целесообразными. Причиной тому служат особенности, присущие экономике любого федеративного государства, к числу которых относится и Россия[2].

Многообразие условий и факторов, под воздействием которых происходит развитие субъектов РФ на современном этапе, определяет острую необходимость в разработке системного подхода к оценке инвестиционной привлекательности регионов, учитывающем все условия и факторы их инвестиционного развития. Заинтересованность в этой оценке, прежде всего, возникает у органов государственных инвестиционных институтов, объектов инфраструктур инвестиционного рынка и иностранных инвесторов, которые зачастую имеют весьма слабое представление о современной российской действительности.

С другой стороны, следует принимать во внимание, что «инвестор» – понятие очень широкое, поэтому, приступая к разработке системы оценки инвестиционной привлекательности региона, необходимо определиться, на какого инвестора нацелена система. Всех инвесторов можно разделить на две группы:

– участники бизнеса (владельцы доли в бизнесе), заинтересованные в получении дохода от роста стоимости компании;

– кредиторы, заинтересованные в получении текущих доходов в форме процентов. Основными инструментами в данном случае являются кредиты (банковские, торговые), облигационные займы и т.п.[3].

Из всего вышесказанного следует, что необходимо, прежде всего, учитывать специфику рассматриваемого региона, а также четко понимать, какой инвестор рассматривается.

Проектирование системы оценки инвестиционной привлекательности региона

В рамках данного проекта предлагается производить оценку инвестиционной привлекательности регионов на основании платежеспособности областного бюджета, инвестиционного потенциала региона и рисков, присущих региону.

Исходя из этого, целью системы являются расчет показателей платежеспособности бюджета, определение уровня инвестиционного потенциала региона, а также оценка уровня регионального инвестиционного риска. На рисунке 1 представлена система измерителей инвестиционной привлекательности.

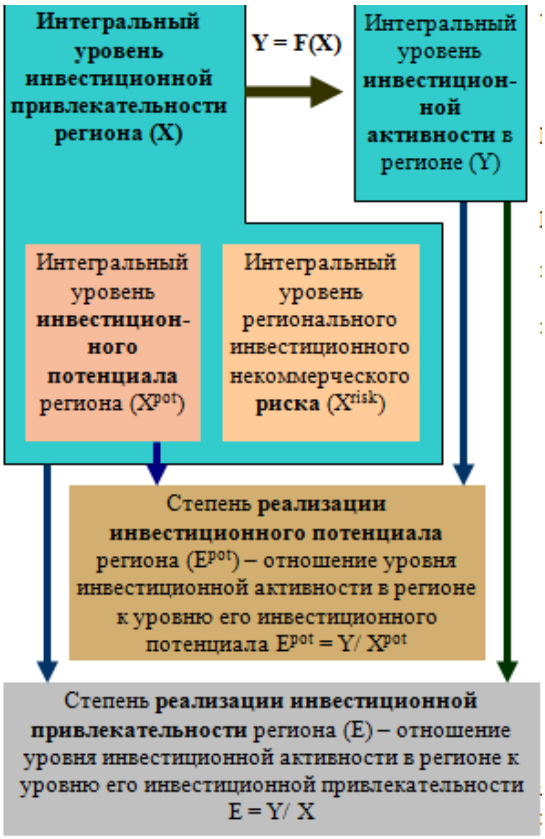


Рис. 1. Система измерителей инвестиционной привлекательности региона.

Таблица 1. Состав показателей для определения интегрального уровня инвестиционной привлекательности региона.

А. Показатели для определения интегрального уровня инвестиционного потенциала региона (Xpot)
1. Показатели производственно-финансового потенциала региона
2. Показатели социального потенциала региона
3. Показатели природно-географического потенциала региона
Итого: интегральный уровень инвестиционного потенциала региона (Xpot)
Б. Показатели для определения интегрального инвестиционного риска (Xrisk)
Итого: интегральный уровень регионального инвестиционного риска (Xrisk)
Всего: интегральный уровень инвестиционной привлекательности региона (X)

Входными данными системы являются:

1) Отчет об исполнении консолидированного бюджета

2) Данные из проекта бюджета на текущий и плановый периоды

3) Статистические данные.

В качестве управляющей информации выступает действующее законодательство, в частности бюджетный кодекс РФ.

Выходными являются следующие данные:

1) Отчет о платежеспособности бюджета

2) Информация о перспективах развития региона

3) Уровень инвестиционного потенциала

4) Уровень регионального инвестиционного риска

5) Отчет об оценке инвестиционной привлекательности региона.

Модель системы в методологии SADT представлена рисунке 2.

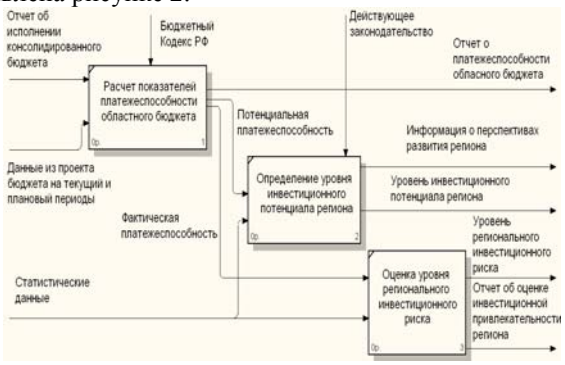


Рис. 2. SADT – модель система оценки инвестиционной привлекательности региона

Заключение

Степень инвестиционной привлекательности является определяющим условием активной инвестиционной деятельности, а, следовательно, и эффективного социально-экономического развития региональной экономики. Высокая экономическая активность российских регионов и существенное увеличение притока инвестиций в экономику, характерные для последних лет, в значительной степени обусловлены результатом многолетней успешной работы региональных властей по повышению инвестиционной привлекательности своих территорий. Конечным результатом эффективного функционирования региональной экономики непременно должно быть повышение качества и рост уровня жизни населения.

Литература:

1. Фасхиев Х.А., Котляр Л.В. Метод оценки инвестиционной привлекательности региона. Часть 1, 2, 3 // СЭТС. 2005. №1 (9)

2. Смаглюкова Т.М. Методика комплексной оценки инвестиционной привлекательности регионов с учетом их отраслевой специализации // Проблемы современной экономики. 2007. №3 (23).

3. Хиггинс Р. Отношения с инвесторами: передовой опыт. Пути создания акционерной стоимости. - М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРАХ SIMATIC S-300

Буй Бинь Занг, Скороспешкин В.Н.
Научный руководитель: Скороспешкин В.Н., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30

На сегодняшний день использование контроллеров затрагивает все отрасли деятельности предприятий. С помощью этих устройств осуществляется не только контроль и управление производственными процессами. Благодаря автоматизации процесса повышается производительность линии, уменьшается потребления электроэнергии, увеличивается выход продукции, снижается процент брака, экономятся ресурсы и продлевается срок службы технологического оборудования.

Современный промышленный контроллер должен выполнять весьма обширный ряд задач и действий, с которыми вполне успешно справляются контроллеры фирмы SIEMENS. Контроллеры SIEMENS являются одними из наиболее популярных контроллеров на сегодняшний день.

Контроллеры SIEMENS SIMATIC S7-300 – это средние по мощности контроллеры, для системных решений в производстве и управлении процессам. Контроллеры SIMATIC S7-300 обладают оптимальным соотношением цена-производительность, они успешно применяется сфере отопления, нефтегазовой промышленности, в управлении конвейерными линиями, подъемном оборудовании, вентиляционных и осветительных процессах и т.д. Основные достоинства данных контроллеров – высокая производительность и эффективность, безопасность, надежность и возможность горячей замены модулей.

В связи с этим, в данной работе представлен лабораторный комплекс для изучения программной реализации автоматических регуляторов на основе контроллеров SIMATIC S7-300 и SCADA-пакетов WinCC. Комплекс предназначен для использования в учебном процессе кафедры автоматики и компьютерных систем Томского политехнического университета при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Автоматизированные информационно-управляющие системы» студентами очного и заочного отделений.

Структурная схема лабораторного комплекса представлена на рисунке 1. Комплекс состоит из контроллера SIMATIC S7-314C, аналогового вычислительного комплекса АВК-6, системы сигнализации и персонального компьютера, играющего роль операторской станции. В качестве объекта управления используется электрическая модель, набранная на аналоговом вычислительном комплексе АВК-6. На АВК-6 могут набираться модели объекта управления с порядком от одного до четырех.

Контроллер SIMATIC S7-314C состоит из блока питания PS 307, центрального процессора CPU 314C – 2 DP с встроенными модулями: дискретного ввода DI18xDC24V и аналогового ввода/вывода AI5/AO2x12bit, коммуникационного модуля CP 343-1 для организации последовательной передачи данных по сети Ethernet, станций распределенного ввода ET200M/LINK (IM 153-2), модулей ввода/вывода дискретного сигнала DI32XDC24V и DI8/DO8xDC24V, модули аналогового ввода/вывода AI4/AO2x12Bit, модули дискретного ввода/вывода DI16/DO16xDC24V, а также двух блоков реле (X2, X7).

АВК-6 исползуется для создания электрической модели объект управления, АВК находится справа от стенда также на стенде присутствуют клемные колодки для ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов X4, X6, X8, X10, X15, X16 – обозначения клемных колодок. Каналы модуля ввода аналогового сигнала поступают на клемную колодку X4, где осуществляется ввод сигнала с АВК. Каналы модуля ввода дискретного сигнала при помощи тумблеров. Каналы модуля вывода дискретного сигнала поступает на блоки реле X2 и X7, где осуществляется вывод дискретного сигнала при помощи сигнального табло.

- Программирование контроллера осуществляется в среде SIMATIC STEP7 на языках, предусмотренных стандартом МЭК 61131-3, а именно: LAD — язык релейно-контактной логики;
- FBD — язык функциональных блочных диаграмм;
- STL — язык списка инструкций;
- SCL.

В состав програмно-методического обеспечения входят:

- программы для реализации ПИД регулятора на языках FBD и STL;
- программа визуализации процесса регулирования;
- методические укания по выполнению лабораторной работы, целью которой является получение практических навыков программной реализации аналоговых регуляторов и навыков определения параметров настройки регуляторов.

Для визуализации процесса регулирования используется SCADA-пакет WinCC. Созданные при помощи этого пакета экранная форма представления информации и управления дают возможность не только отслеживать изменения параметров системы управления, но и задавать значения параметров настройки регулятора. И таким образом

ведя наблюдение за изменениями технологических параметров, можно убедиться правильности определения параметров регулятора. наилучшего результата регулирования. Форма визуализации процесса регулирования представлена на рисунке 2.

Наличие аналого-вычислительного комплекса АВК-6 позволяет на практике осуществлять проверку работоспособности составленных программ, реализовывать и проверять работоспособность динамических форм представления информации, наблюдать действие систем сигнализации и защиты.

Таким образом, использование результатов данной работы позволит студентам изучить языки программирования промышленных контроллеров и навыков работы со SCADA-пакетом WinCC, характеризующимся развитыми функциональными возможностями и удобствами реализации функции динамизации.

Особенностью данной работы является то, что при выполнении лабораторных работ студенты получат не только теоретические знания, но и приобретут практические навыки реализации функции регулирования, являющейся одной из наиболее важных функций АСУТП.

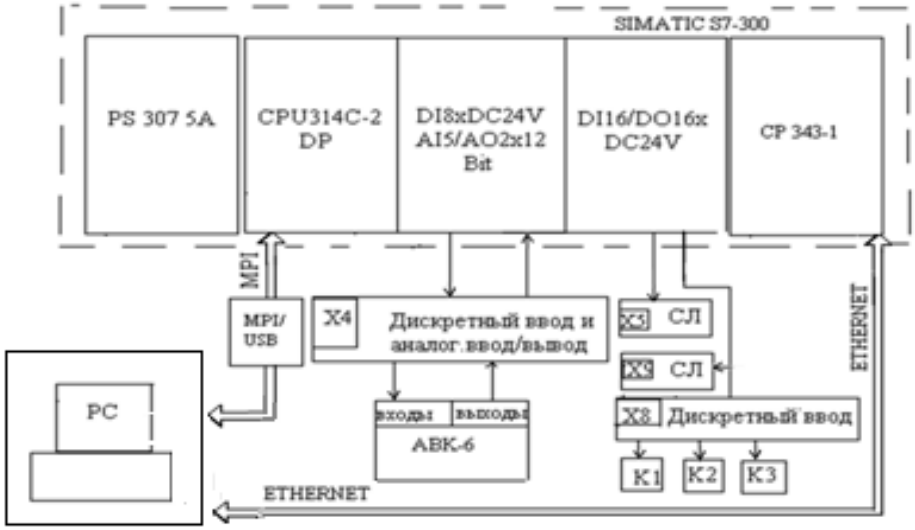


Рисунок 1 – Структурная схема лабораторного комплекса

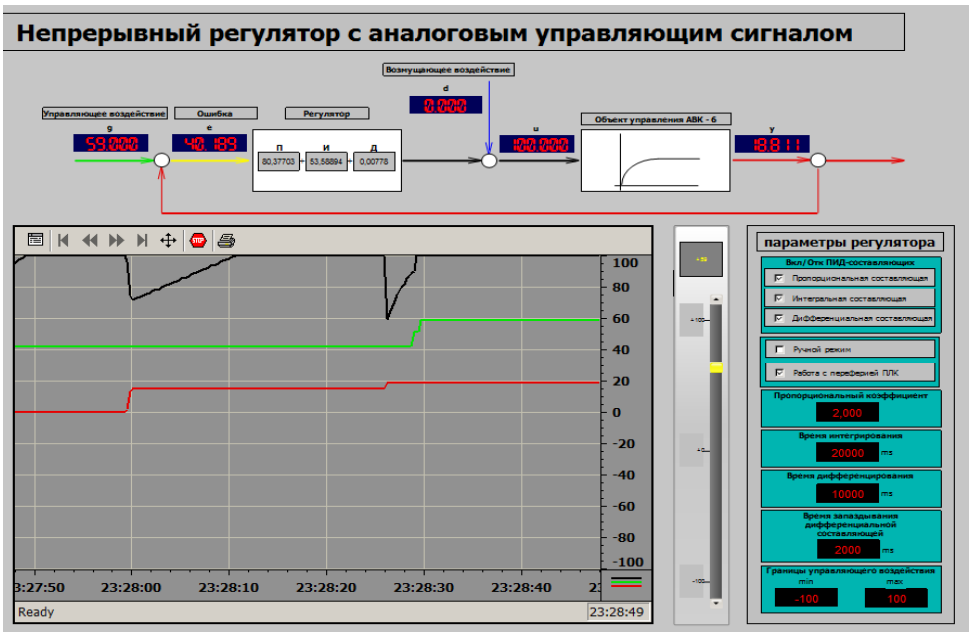


Рисунок 2 – Визуализация процесса регулирования

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИИЯ НЕФТИ В РЕЗЕРВУАРЕ ПРИ ХРАНЕНИИ

Е.В.Булычева
Научный руководитель: Бешагина Е.В., к.х.н., ассистент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30
E-mail: kosma13@yandex.ru

Основной отличительной особенностью технологических процессов нефтехимии и нефтепереработки является использование и обработка больших объемов жидких сред. Целью большинства из них является проведение массообменных процессов. В частности, для приготовления нефтепродуктов (бензинов, масел, мазута, и др.) из исходных компонентов путем их перемешивания с целью усреднения характеристик; для предотвращения расслаивания и образования осадков при хранении нефти и нефтепродуктов в резервуарах; для передачи и распределения тепла при хранении продуктов при высокой (около 200°С) температуре в резервуарах[1].

На днищах резервуаров с течением времени при длительной эксплуатации накапливается осадок, сокращающий полезную емкость и затрудняющий эксплуатацию резервуаров. Осадок по площади распределяется неравномерно, наибольшая его толщина создается в участках, удаленных от приемо-раздаточных патрубков, что не позволяет точно замерять фактическое количество нефти в резервуаре. Со временем осадок уплотняется и в отдельных зонах трудно поддается размыву. Для надежной эксплуатации резервуаров их необходимо периодически очищать от накопившегося осадка[1].

В настоящее время часто с целью смешения нефтепродуктов в резервуарах большого объёма осуществляют циркуляцию его содержимого с местным образованием турбулентного течения. Метод заключается в том, что центробежный насос забирает перемешиваемый продукт с нижней части резервуара и сильной струёй возвращает его под уровень жидкости в ту же ёмкость с противоположной стороны последней[2]. Однако данный метод связан с большим расходом энергии и времени. Ибо, как показывает опыт, в среднем требуется перекачать по схеме резервуар – насос – резервуар несколько его объёмов. Для большей эффективности обычно выходное отверстие напорной трубы снабжают соплом[3].

В этой связи представляет интерес расчёт потока для разных режимов или способов реализации процесса с целью получения достаточно полной картины происходящего и выявления направления исследований, ориентированных на повышение эффективности процесса.

Расчет характеристик потока жидкости производился с помощью программного продукта Flow Vision, интерфейс программы представлен на рисунке 1.

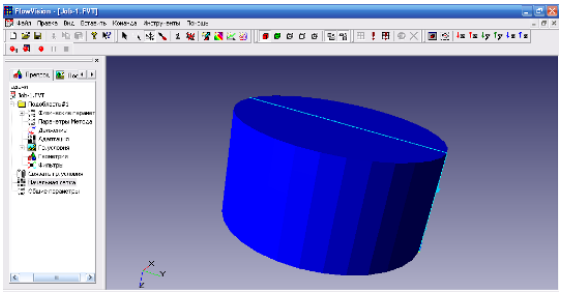


Рисунок 1. Интерфейс программы Flow Vision

Для исследования поведения потока жидкости необходимо задать модель расчета и основные параметры. Пример задания модели и параметров представлен на рисунках 2, 3.

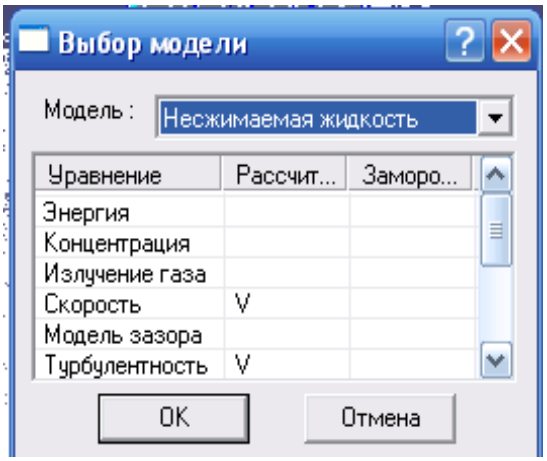


Рисунок 2. Выбор модели расчета

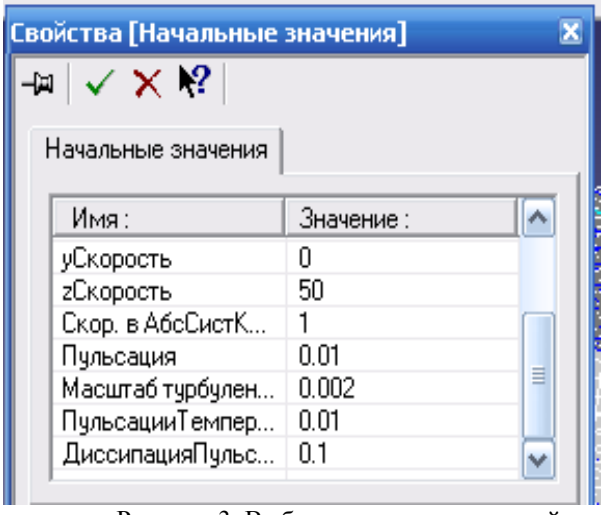


Рисунок 3. Выбор начальных значений

Результаты расчета представляются в виде линий, окрашенных в разные цвета. В данном примере (рисунки 4, 5) линии показывают распределение скоростей потока жидкости в резервуаре.

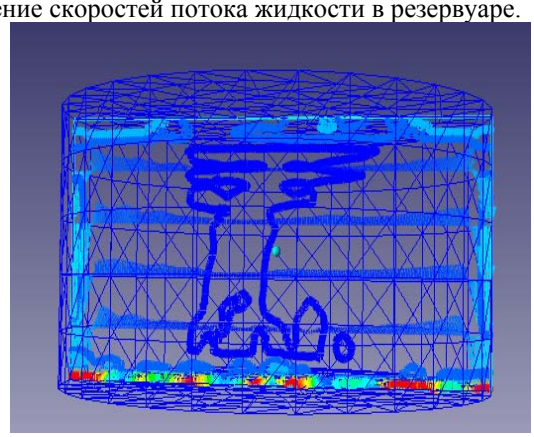


Рисунок 4. Распределение скоростей потока жидкости в резервуаре

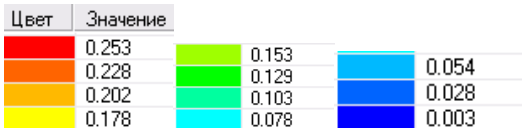


Рисунок 5. Значения скоростей потока

С использованием данного прграммного комплекса было исследовано распределение скоростей в резервуаре при использовании сопла.

На рисунках 6 и 7 показано распределение скоростей движения жидкости в резервуаре и значения этих скоростей.

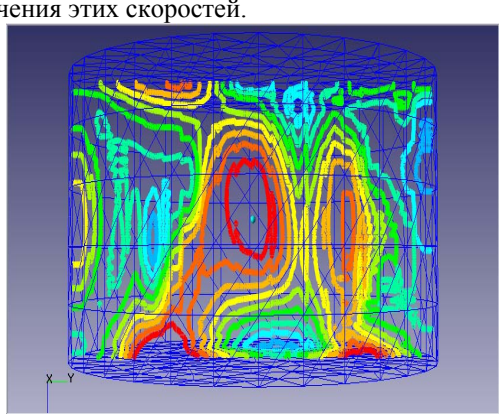


Рисунок 6. Распределение скоростей потока жидкости в резервуаре при использовании сопла

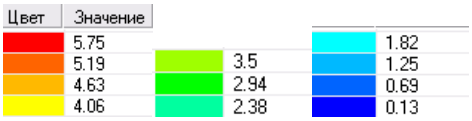


Рисунок 7. Значение скоростей потока

Из рисунков видно, что обычный налив нефти в резервуар не обеспечивает перемешивание жидкости и размыв образовавшихся донных отложений. Скорости потока малы, максимальная скорость наблюдается в придонном пространстве.

Использование сопла приводит к интенсивному перемешиванию жидкости в резервуаре, что отражается на рисунке 6. Это способствует эффективному размыву донных отложений.

Максимальная скорость потока жидкости равна 5,75 м/с, что соответствует данным из литературных источников[4]

С помощью программы Flow Vision было расчитано и показано распределение скоростей потока в резервуаре при наливе.

Данная программа позволяет производить расчет других необходимых гидродинамических характеристик потока, поэтому, в дальнейшем, ее можно использовать для исследования движения потока жидкости в резервуаре при применении различных перемешивающих устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. М. «Недра», 1977, 192с.

2. Оборудование резервуаров : учебное пособие / Н. И. Коновалов [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2005. — 214 с.

3. Расчет гидродинамических характеристик процесса перемешивание нефтепродуктов в резервуарах. Салихова Ю.Р., Нефтегазовое дело.- 2003.- №5

4. Анализ устройств для предотвращения и размыва и осадков в нефтяных резервуаров. О.В.Коннов, В.Ф.Галиакбаров, Г.Е.Коробков, Уфимский государственный нефтяной технический университет., Нефтегазовое дело.-2006. том 4 -№1.

СРЕДСТВА БЕСПРОВОДНОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ МЕЖДУ АВТОНОМНЫМИ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ

Бухтияров А.С
Научный руководитель: Сыркин И.С к.т.н,
Кузбасский Государственный Технический Университет им. Т.Ф. Горбачева,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: Bobby199303@gmail.com

В наше время активно развивается роботостроение. При создании группы роботов необходимо обеспечить возможность быстрого и надежного обмена данными между ними, при этом следует использовать оптимальный для данных условий способ обмена информацией.

В данной работе будут рассмотрены такие средства беспроводной передачи данных, как ИК-порт(IrDA), радиоканал (Bluetooth, WI-FI, ZigBee).

ИК-порт - Infrared Data Association (IrDA) - Разновидность оптической линии связи ближнего радиуса действия. Стандарт предусматривает использование длины волны в диапазоне 850–900нм. Скорость передачи данных для стандарта IrDA в зависимости от поколения варьируется от 115.2Кб/с до 4Мб/с. Так как IrDA основан на оптическом сигнале, который распространяется прямолинейно, у него есть главный недостаток – приемник и передатчик должен находиться на одной прямой без преград на расстоянии до 1 метра

Радиоволны. Рассмотрим наиболее распространенные виды передачи информации посредством радиоволн.

Bluetooth – обеспечивает передачу информации между роботами на надёжной, недорогой, повсеместно доступной радиочастоте для ближней связи позволяя этим устройствам сообщаться, когда они находятся в радиусе от 1 до 100 метров друг от друга (дальность сильно зависит от преград и помех), даже в разных помещениях. Скорость передачи данных варьируется от 64 кбит/с до 3 Мбит/с (теоретически 24 Мбит/с)

Мощность варьируется в интервале от 1 мВт до 100 мВт в зависимости от класса устройства

Радиосвязь осуществляется в ISM-диапазоне (англ. *Industry, Science and Medicine*), который использует свободный от лицензирования диапазон частот 2,4-2,4835 ГГц

Как показывает практика Bluetooth довольно небезопасное средство связи. И при желании может быть легко взломано.

Чип Bluetooth имеет небольшие размеры и потребляет небольшое количество энергии.

Wi-Fi - беспроводное соединение на базе стандарта IEEE 802.11. Обычно схема Wi-Fi сети содержит не менее одной точки доступа и не менее одного клиента. Также возможно подключение двух клиентов в режиме точка-точка, когда точка доступа не используется, а клиенты соединяются посредством сетевых адаптеров «напрямую».

В соответствии со стандартом IEEE 802.11g в свободном ISM-диапазоне 2,4 ГГц и обеспечивающим максимальную скорость передачи до 54 Мбит/с.

Мощность варьируется в интервале от 1 мВт до 2000 мВт в зависимости от устройства. В России адаптеры Wi-Fi с мощностью, превышающей 100 мВт, подлежат обязательной регистрации.

В условиях прямой видимости возможно добиться скорости соединения 11 Мбит/с на расстонии 8 км.

Стандарт шифрования WEP может быть относительно легко взломан даже при правильной конфигурации (из-за слабой стойкости алгоритма).

Модуль WI-FI имеет небольшие размеры, но похвастаться малым потребление энергии он не может.

ZigBee - стандарт для набора высокоуровневых протоколов связи, использующих небольшие, маломощные цифровые трансиверы, основанный на стандарте IEEE 802.15.4-2006 для беспроводных персональных сетей. ZigBee предназначен для радиочастотных устройств, где необходима длительная работа от батареек и безопасность передачи данных по сети. Радио используют широкополосную модуляцию с прямым расширением спектра которая управляется цифровым потоком в модуляторе. Двоичная фазовая манипуляция используется на полосах в 868 и 915 МГц, а офсетная квадратурная фазовая манипуляция передающая по 2 бита в символе используется на полосе 2,4 ГГц. В чистом виде, при передаче через воздух скорость передачи данных составляет 250 кбит/с для каждого канала в диапазоне 2.4 ГГц, 40 кбит/с для каждого канала в диапазоне 915 МГц и 20 кбит/с в диапазоне 868 МГц. Расстояние передачи от 10 до 75 метров и свыше 1500 метров для Zigbee pro, хотя оно сильно зависит от отдельного оборудования.

Проектируемые мобильные роботы будут работать в помещении, для них необходимо обеспечить возможность передачи информации на расстоянии, примерно до 50м, с преградами.

Так как в помещении есть преграды, и роботы, находящиеся в разных комнатах, не могут видеть друг друга, использование передачи информации инфракрасным светом невозможно.

При использовании Bluetooth связь будет ненадежная так, как мощность его радиосигнала относительно небольшая, и пробить несколько стен не сможет.

Для поставленных целей остается подходящими лишь два варианта организации связи. Это Wi-Fi и ZigBee.

ZigBee может обеспечить качественную связь, но с посредственной скорость передачи информации. Так, как ZigBee разработан специально для обеспечения длительной работы от батареек и безопасной передачи информации, робот имеет возможность работать автономно длительное время.

Wi-Fi обеспечивает качественную связь способную передавать большое количество данных, но Wi-Fi чипы затрачивают большее количество энергии. И время автономной работы работа сильно сократится. Но в то же время Wi-Fi гораздо более распространен, он имеется в каждом современном ноутбуке и смартфоне, имеется возможность без дополнительных затрат на оборудование обеспечить синхронизацию с ноутбуком или управление через смартфон.

Таким образом, использование Wi-Fi будет более предпочтительно для поставленных задач.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОПТИМИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ваховский В.В., Валанов А.А.
Научный руководитель: Дороганов В.С., ассистент
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: shadowthief@mail.ru

В настоящее время в мировой практике развитых стран наблюдается тенденция активного развития в пользу инновационной экономики:

- научно-технический прогресс в росте реального национального дохода США в 50-х годах XX века был на уровне 28%;
- по результатам исследований в США после Второй мировой войны, прирост ВВП в размере 43% был обеспечен научными разработками, техническим прогрессом и образованием;
- в итогах исследования Р. Солоу, на конец XX века значение технологических сдвигов для экономического роста США было существенно выше, чем капитала труда.

Таким образом, важность инновационных технологий в современных технологических системах очевидно. Именно поэтому необходимо использовать методы оптимизации для достижения максимальных результатов использования научных разработок.

1. Методы оптимизации в инновационных проектах

Разработка инновационных проектов ставит задачи оптимизации различных технологий разработки, производства и использования новой техники.

В связи с этим, необходимо отличать разработку технологии, создаваемой в ходе инновационного проектирования на различных стадиях технологической подготовки производства.

Перспективная технология – технологический процесс, который соответствует новейшим достижения науки и техники, методы и средства которого предстоит освоить на предприятии.

Ресурсосбережение в сфере производства новой техники в первую очередь обеспечивается комплектами документации перспективных технологических процессов.

Директивная технология. Содержит документы на отдельные технологические процессы, необходимые для проведения организационно-экономических обоснований для принятия решения на конкретном предприятии.

Проектная технология. Предназначен при проектировании нового производства, перевооружения или расширения предприятия.

Все технологии должны пройти оптимизацию. В настоящее время универсальными методами математического моделирования считаются системы искусственного интеллекта.

2. Экспертный метод оптимизации предварительных проектов документации

Использование экспертной системы для оптимизации технологий является ключевым шагом в системах подготовки производства.

Экспертная система обычно имеет следующий вид: база знаний, механизмы ввода, интерфейс, пояснения (рис. 1.).

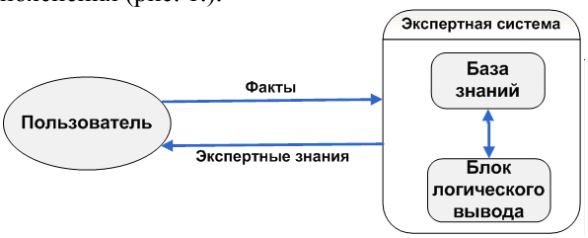


Рис. 1. Функционирование экспертной системы

В настоящее время существуют различные средства для проектирования экспертных систем:

- символьные языки программирования (LISP, SMALLTALK);
- высокоуровневые языки (Пролог, LOOPS);
- систем автоматизирующие разработку экспертных систем (KEE, ART, AGE), которые также называются окружение для разработки систем, ориентированных на знания;
- оболочки (ЭКСПЕРТИЗА, EMYCIN, ЭКСПЕРТ).

По результатам проверки и разработки проектов документации могут быть разработаны:

- проекты практического использования;
- документация директивного технологического процесса;
- документация перспективного технологического процесса.

3. Метод многокритериальной оптимизации директивных технологических процессов на основе нейронных сетей Элмана

При проектирования директивных технологических процессов технолог имеет две основные возможности:

1. улучшение путем выбора варианта операции, метода обработки или сборки технологического оснащения;
2. использование методов проектирования на основе математического моделирования и оптимизации решений по различным критериям.

Чтобы обеспечить конкурентоспособность новых изделий необходимо рассматривать две группы критериев:

1. параметры технического уровня, трудоемкость;
2. параметры затрат, капиталовложений и рисков.

Для анализа влияния параметров технического уровня на качество продукции можно представить значения, которые будут учитывать влияние новой технологии на улучшение главных параметров технического уровня изделия:

- не влияющие на технический уровень изделия;
- оказывающие слабое влияние;
- оказывающие сильное влияние.

Максимальное значение таких параметров позволяет установить приоритет технологии изготовления в момент выбора способов и методов сборки, обеспечивающий наибольшую конкурентоспособность.

Сеть Элмана – это вид рекуррентной сети, которая получается из многослойного персептрона введением обратных связей. В свою очередь обратные связи идут не из выхода сети, а от выходов внутренних нейронов (рис. 2.).

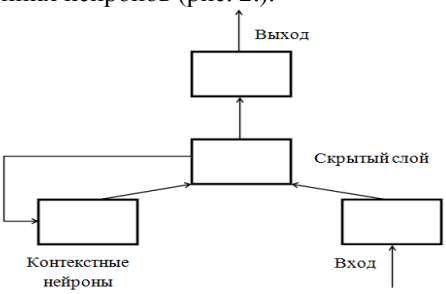


Рис. 2. Схема нейронной сети Элмана

Это свойство нейронной сети Элмана позволяет учитывать предысторию процессов и накапливать информацию для разработки оптимальной стратегии управления директивной технологией. В связи с этим, нейронную сеть Элмана можно считать системой оптимизации, так как отличительной особенностью является запоминание последовательности преобразования объектов.

4. Вероятностно-рекуррентный метод оптимизации перспективных технологических процессов на основе нейронных сетей Жордана

В отличие от директивных технологических процессов перспективные ориентированы на обеспечение ресурсосбережения производства для заданных параметров качества.

Перед осуществлением многокритериальной оптимизации перспективного технологического процесса в условиях действующего производства необходимо классифицировать и сгруппировать изделия либо в соответствии с существующим классификатором (ЕСКД), либо с помощью заводского.

В результате классификации не каждое сложное изделие можно причислить к определенному виду. Оно может попадать под несколько классов. Проблема решается использованием вероятностной нейронной сети, позволяющей решить задачу классификации в условиях неопределенности.

Архитектура такой сети является радиально-базисной, но в качестве второго слоя используется слой, который подсчитывает вероятность принадлежности входного вектора к тому или иному классу. В конечном итоге сопоставляет с тем типом, вероятность принадлежности к которому выше. Преимущества этих сетей состоят в том, что результат легче интерпретировать и в высокой скорости обучения (рис. 3.).

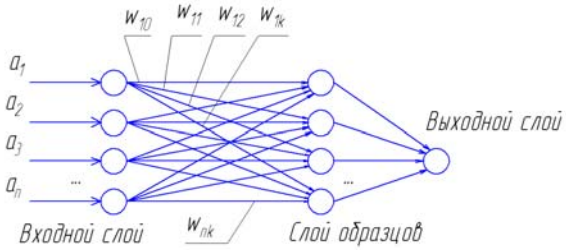


Рис. 3. Архитектура вероятностной нейронной сети.

В результате, имея класс, группу и тип детали, можно проектировать перспективный технологический процесс и проводить оптимизацию.

Для решения задачи применяется рекуррентная сети Жордана (рис. 4.).

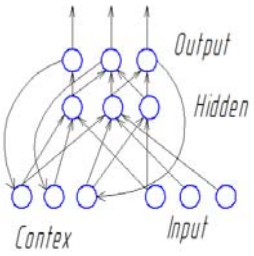


Рис. 4. Схема нейронной сети Жордана

Сеть Жордана – вид рекуррентной сети, получаемой из многослойного персептрона путем введения обратных связей: на вход помимо входного вектора подается выходной с задержкой на некоторое время, что позволяет запоминать последовательность выполняемых действий.

Разработка инновационных проектов ставит задачи оптимизации различных технологий разработки, производства и использования новой техники. Средства искусственного интеллекта на основе рекуррентных сетей и других методов оптимизации могут существенной упростить процесс многокритериальной оптимизации и увеличить конкурентоспособность продукции.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГИПЕРСФЕР ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Веремеенко Е.С., Ходенкова М.В.
Научный руководитель: Марков Н.Г., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: garnele@tpu.ru

Методы неконтролируемой классификации традиционно используются для дешифрирования аэрокосмических изображений, так как для их применения нет необходимости в обучающей выборке, в отличие от методов контролируемой классификации. Ведь именно для аэрокосмоснимков затруднительно получение обучающих данных, так как не всегда есть возможность получить дополнительную наземную информацию об исследуемой территории. В литературе алгоритмы неконтролируемой классификации традиционно называются алгоритмами кластерного анализа. Неконтролируемая классификация позволяет формально расчленить изображение, выполняя его кластеризацию, т.е. объединение элементов изображения в группы-кластеры по формальному признаку без учета их содержательного значения и принадлежности к тому или иному типу земной поверхности. Для применимости методов кластерного анализа должны выполняться некоторые условия: показатели не должны коррелировать между собой; показатели должны быть безразмерными; их распределение должно быть близко к нормальному; показатели должны отвечать требованию «устойчивости», под которой понимается отсутствие влияния на их значения случайных факторов; выборка должна быть однородна, не содержать «выбросов».

Независимо от предмета изучения применение кластерного анализа предполагает следующие этапы:
– отбор выборки для кластеризации;
– определение множества переменных, по которым будут оцениваться объекты в выборке;
– вычисление значений той или иной меры сходства между объектами;
– применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов;
– проверка достоверности результатов кластерного решения.

К методам кластерного анализа относятся:
– Метод K-средних;
– Алгоритм ISODATA;
– Статистические алгоритмы кластеризации;
– Алгоритмы семейства FOREL;
– Иерархическая кластеризация или таксономия;
– EM-алгоритм;
– Метод гиперсфер и многие другие.

По литературным источникам был сделан обзор самых распространенных методов кластерного анализа, выявлены их достоинства, недостатки, применимость к классификации аэрокосмических изображений. По проведенным исследованиям было принято решение о дальнейшем исследовании и реализации алгоритма, основанного на методе гиперсфер. Суть алгоритма заключается в нахождении нескольких самых ближайших, с точки зрения метрики Евклида, друг к другу наблюдений. Эти наблюдения объявляются кластерообразующими. Они образуют ядро кластера. Вокруг этих наблюдений строится гиперсфера, радиус которой есть произведение некоторой константы, заданной пользователем, и среднего расстояния между кластерообразующими наблюдениями. Затем все наблюдения, попавшие в гиперсферу, относятся к только что созданному кластеру и исключаются из дальнейшего рассмотрения. Далее процесс повторяется.

Данный метод характеризуется высокой скоростью обработки, простотой программной реализации, небольшим количеством параметров (1-2 параметра), которые необходимо вводить пользователю перед началом работы алгоритма, хорошим качеством кластеризации и отсутствием зависимости от начальных условий (от количества кластеров, на которые требуется разбить исходный снимок).

В результате был создан модифицированный алгоритм, основанный на алгоритме, представленном в диссертации Колодниковой Н.Н. «Алгоритмы и программное обеспечение тематического анализа многоспектральных аэрокосмических снимков земных покровов» Института оптики атмосферы СО РАН.

Для реализации проекта была выбрана платформа MatLab R2009b. Система MATLAB специально создана для проведения инженерных расчетов: математический аппарат опирается на вычисления с матрицами и векторами; язык программирования прост; MATLAB является открытой системой; практически все процедуры и функции доступны как для использования, так и для модификации.

Разработанный алгоритм основывается на выполнении следующих шагов:
Шаг 1. Задается параметр B и количество кластеров.
Шаг 2. На изображении случайным образом выбирается точка, вокруг которой будет образовываться кластер, назовем ее «кластерообразующей». Эта точка сравнивается с уже образованными кластерами и, если она уже близка к какому-либо кластеру по своим характеристикам, то Шаг 2 повторяется.
Шаг 3. Выбираются поочередно еще 2 точки, близкие к кластерообразующей по мере Евклида. Подсчитывается математическое ожидание полученного из трех точек кластера и среднее расстоя-

ние между математическим ожиданием и этими точками.

Шаг 4. Строится гиперсфера с радиусом, равным произведению между параметром B и средним расстоянием между математическим ожиданием и точками кластера.

Шаг 5. Создается новый кластер. В созданный кластер записываются кластерообразующие наблюдения и наблюдения, вошедшие в гиперсферу. Все наблюдения, присоединенные к кластеру, выбрасываются из рассмотрения. Кластеру присваивается свой собственный цвет, который формируется с использованием вектора математического ожидания. В этом случае при хорошем качестве кластеризации цветовая схема результирующего изображения практически не отличается от исходного.

Шаг 6. Повторяем шаги 1-5, пока не получится заданное количество кластеров.

Шаг 7. Распознается оставшаяся часть изображения, не принадлежащая ни одному созданному кластеру, каждая новая точка присоединяется к уже созданному кластеру, для нее просчитывается мера близости к математическому ожиданию кластера и с помощью решающего правила она присоединяется к кластеру, расстояние до центра которого ближе.

Модификация данного алгоритма состоит в том, что в исходном алгоритме пользователю необходимо было выбирать фрагменты на исходном изображении, по которым и формировались исходные кластеры, причем их число определялось, исходя из выбранных фрагментов. Алгоритм применялся для больших изображений с числом пикселей, большим миллиона. Разработанный алгоритм на данном этапе применим для небольших изображений, но зато не требует особого участия пользователя в процессе классификации и более автоматизирован.

После разработки алгоритм был исследован на нескольких изображениях с различными параметрами. Было использовано три типа изображения: с большими классами, с одним ярковыраженным классом, с мелкими классами. Данные изображения показаны на рис. 1-3.

Рис.1

Рис. 2

Во-первых, алгоритм был проверен на устойчивость, применяя алгоритм несколько раз с использованием одних и тех же параметров, можно сказать об устойчивости алгоритма. Отклонение составило для всех трех типов изображений не более 5-10 %.

Рис. 3.

Далее все изображения протестировались с изменением параметра B. Был сделан вывод о том, что в данном модифицированном алгоритме параметр B, по которому вычисляется радиус гиперсферы, является несущественным и служит только для образования начальных кластеров по заданному числу. Далее кластеры в любом случае наращиваются, и радиус гиперсферы увеличивается. Поэтому можно выбрать этот параметр изначально, зная размер изображения. В результате исследований было выявлено, что для небольших изображений размером от 200x200 до 400x400 данный параметр можно задать равным 3-4.

При исследовании второго параметра, то есть числа кластеров, было выяснено, что конкретного значения, которое можно было бы задать без участия пользователя, нет. Необходимо в любом случае визуально оценивать изображение и эмпирическим путем определять оптимальное количество кластеров. Для изображений с ярковыраженным одним типом поверхности лучше выбирать большее число кластеров, чем можно выделить визуально, тогда на самом большом кластере будут выявляться подкластеры.

После проведенных исследований можно обозначить дальнейшие шаги в реализации данного алгоритма:

1. Необходимо разработать метод и решающее правило, позволяющее определять оптимальное количество кластеров автоматически, без задания пользователем этого параметра.
2. Разработать процедуру автоматического определения параметра B, по которому вычисляется радиус гиперсферы, исходя из размеров изображения, его типа.
3. Модифицировать алгоритм для работы с большими гиперспектральными изображениями.

Разработать процедуру определения качества классификации с учетом отсутствия обучающей выборки.

ПРОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦЫ ОБЪЕКТА НА ТОМОГРАФИЧЕСКОМ СНИМКЕ

Власов А.В.
Научный руководитель: Цапко И.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: andark.postbox@mail.ru

Введение

Технология компьютерного зрения находит применение во многих областях современной промышленности. Как научная дисциплина, компьютерное зрение относится к теории и технологии создания искусственных систем, которые получают информацию из изображений.

Примерами применения таких систем могут быть:

- Системы управления процессами (промышленные роботы, автономные транспортные средства)
- Системы видеонаблюдения
- Системы организации информации (например, для индексации баз данных изображений)
- Системы моделирования объектов или окружающей среды (анализ медицинских изображений, топографическое моделирование)
- Системы взаимодействия (например, устройства ввода для системы человеко-машинного взаимодействия)

Одним из направлений технологии компьютерного зрения является выделение объектов по определенному признаку из общей картины.

В данной работе рассматривалась обработка томографических снимков, предоставленных институтом синхротронного излучения (ISS) технологического института Карлсруэ KIT (Карлсруэ, Германия). Основной задачей при обработке изображений являлось выделение объекта и определение его местоположения относительно центра.

Алгоритмы сегментации

Существует достаточно много алгоритмов сегментации изображений. Под процессом сегментации понимается разделение цифрового изображения на области (множества пикселей) по определенным признакам. Результатом сегментации изображения является множество сегментов, которые вместе покрывают всё изображение, или множество контуров, выделенных из изображения.

Для решения поставленной задачи были рассмотрены следующие методы сегментации: Пирамидальная сегментация, сегментация, построенная на графах, преобразования Хафа, волновой алгоритм, пороговая фильтрация.

В качестве оптимального был выбран алгоритм Канни (Canny). Этот алгоритм позволяет выделять границы объектов изображения. Кратко можно выделить пять основных шагов алгоритма Канни:

1) Сглаживание. Размытие изображения для удаления шума.

2) Поиск градиентов. Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение.

3) Подавление не-максимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы.

4) Двойная пороговая фильтрация. Потенциальные границы определяются порогами.

5) Трассировка области неоднозначности. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определенными (сильными) границами.

Программа обработки изображений

Для работы с изображениями было разработано программное обеспечение, базирующееся на алгоритме сегментации Канни.

Исследования проводились на томографическом снимке среза горящей спички.

Были испробованы различные варианты масок сглаживания: Гауссовы матрицы, единичные матрицы и матрицы с увеличенными относительно всей матрицы центральными коэффициентами. Т.к. маска свертки гораздо меньше, чем само изображение, маска двигается над изображением, манипулируя квадратом пикселей за один раз. Чем больше ширина маски Гаусса, тем меньше чувствительность детектора к шуму. Локализация ошибки в обнаружении краев так же немного увеличивается с увеличением ширины Гауссианы. Каждая маска была опробована в двух вариантах, размером 3x3 и 5x5. Исследования показали, что наилучший результат дает использование матриц Гаусса, которые приведены на рисунке 1.

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

Рис. 1. Гауссовы матрицы 3x3 и 5x5.

Изначально изображение разреза спички выглядит так, как показано на рисунке 2.

На рисунках 3 и 4 приведены результаты обработки изображения с Гауссовым размытием. Желтыми точками обозначены найденные граничные перепады яркости и вынесены в отдельный слой, наложенный на изображение. На нем четко отслеживается край объекта, и практически отсутствуют разрывы контура.

На рисунках видно, что матрицы 5x5 дают более прерывистый край и выполнение алгоритма с такими матрицами заметно дольше в силу большего количества шагов прохода по матрице. Выбор матрицы для размытия пал на Гауссову матрицу размером 3x3.

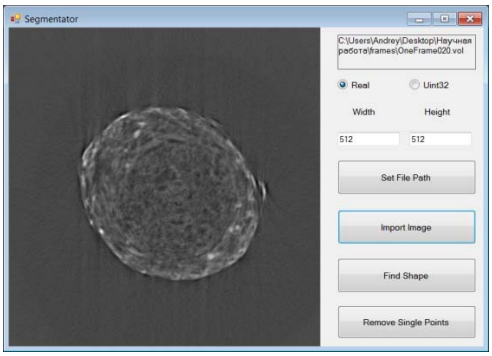


Рис. 2. Необработанное изображение среза спички.

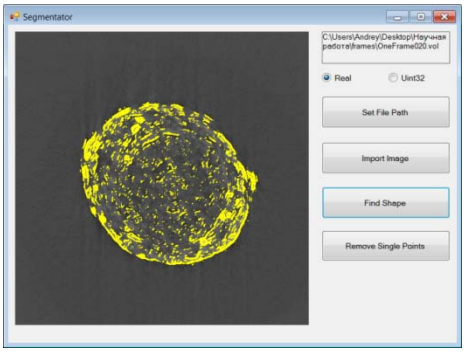


Рис. 3. Результат обработки с помощью Гауссовой матрицы 3x3.

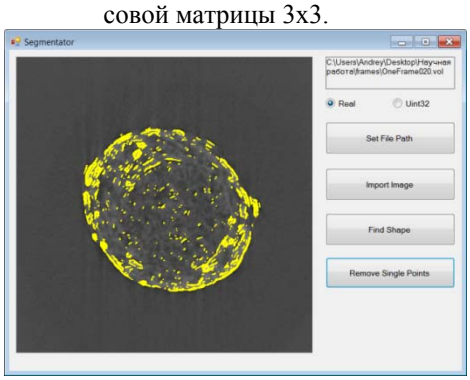


Рис. 4. Результат обработки с помощью Гауссовой матрицы 5x5.

Такой подход дает возможность с хорошей точностью определить границы объекта, но требует достаточно большого объема вычислений.

На обработку изображения размерами 1024x1024 пикселей с помощью маски размерность 3x3 потребуется порядка 5 - 10 секунд. Для ряда задач такое время обработки недопустимо, особенно если картинка подается с камеры в режиме реального времени. Для подобных ситуаций возможно использование того же алгоритма, но применив его не на все изображение, а пройдя по нему «сеткой».

За счет прохода по изображению, пропуская некоторое количество строк и столбцов, определение объекта становится значительно быстрее. По сравнению с полным перебором всех точек, такой вариант рассмотрения «сеткой» выполняется за 1 – 2 секунды, что практически в 5 раз быстрее. Результат работы с тем же изображением приведен на рисунке 5. Конечно, это ускорение зависит от величины шага «сетки». Если искомый объект заведомо крупный, то шаг можно увеличить до трети от ширины объекта, тем самым еще больше увеличив производительность. Слишком большое увеличение шага может вызвать пропуск необходимого объекта.

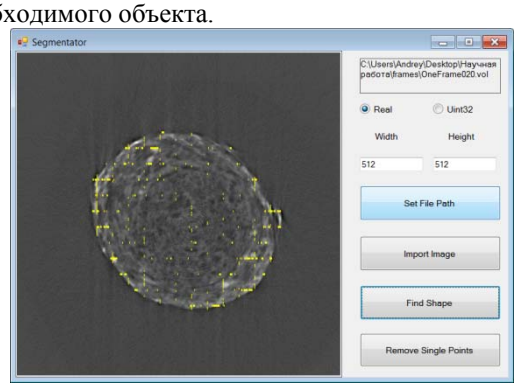


Рис. 5. Изображение с проходом по нему «сеткой».

Такой метод позволяет быстро и достаточно точно определить положение объекта относительно границ изображения.

Выводы

Применяя алгоритма Канни, включающий в себя сглаживание изображения с помощью Гауссовой матрицы размера 3x3, можно получить возможность четко выделить границы объекта на изображении. В случаи, когда точный контур не требуется, а нужно найти расположение объекта относительно границ, можно воспользоваться проходом «сеткой», что даст прирост в скорости в 5 раз и возможность передвинуть камеру в нужное положение и отцентрировать объект.

Список литературы:

1. Dr. Vinayak Ashok Bharadi, Canny Edge Detection in C#, URL: http://www.codeproject.com/KB/cs/Canny_Edge_Detection.aspx
2. Билл Грин, Алгоритм выделения контуров CANNY, URL: http://masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/chudovskaja/library/article4.htm
3. Детектор границ Канни, URL: http://habrahabr.ru/blogs/image_processing/114589/
4. Википедия, Edge detection, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Edge_detection
5. Википедия, Оператор Собеля, URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Оператор_Собеля
6. Петр Каньковски, Как работают фильтры размытия, URL:http://www.computerra.ru/print/35934/

КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ КОМПОНЕНТОВ СРЕДЫ МНОГОУРОВНЕВОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ганджа Т.В., Коротина Т.Ю.
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40
e-mail: gandgatv@gmail.com

Нефтегазодобывающее производство, характеризуется наличием производственного оборудования, в компонентах которого протекают сложные физико-химические процессы, сопровождающиеся поглощением или выделением энергии, а также управляемые и наблюдаемые с помощью информационных сигналов и сообщений. Сложность его технических объектов (ТО) и физическое многообразие протекающих в них технологических процессов не позволяют обслуживающему персоналу быстро и своевременно найти необходимые управляющие воздействия на производственные объекты, приводящие их в состояния, отвечающие требованиям технического регламента, экономической эффективности и (или) экологической безопасности. Особенно актуальной данная проблема является при возникновении предаварийных и аварийных ситуаций.

Процесс принятия управленческих решений при управлении такими объектами может быть автоматизирован путем внедрения в контур управления компьютерной модели (КМ) технологического оборудования, позволяющей в совокупности с моделями алгоритмов ее исследования определять оптимальные значения параметров компонентов ТО и необходимые управляющие воздействия.

Для решения данной задачи на базе системы моделирования МАРС [1], основанной на методе компонентных цепей (МКЦ) [2], разрабатывается среда многоуровневого компьютерного моделирования (среда МКМ). Она предназначена для автоматизации решения технических задач (ТЗ), основанных на многократном моделировании ТО при различных значениях его параметров и действующих на него управляющих и возмущающих воздействиях. К техническим будем также относить задачи интеллектуального управления, направленные на определение значений параметров объекта и управляющих воздействий, при которых протекающие в нем процессы соответствуют заданным требованиям, критериям и ограничениям.

В МКЦ компьютерную модель ТЗ можно представить в виде совокупности множеств:

$$C=(K_O,S_O,K_A,S_A,K_V)$$

где: K_O – множество компонентов модели ТО, на управление которого направлена решаемая задача; S_O – множество связей всех компонентов множества K_O; K_A – множество компонентов алгоритма решения ТЗ; S_A – множество связей компонентов множества K_A; K_V – множество визуальных компонентов, предназначенных для визуализации результатов этапов решения задачи и интерактивного управления процессом решения и параметрами модели объекта.

Наиболее подходящей формой представления такой модели является многоуровневое представление. В этом случае данная модель будет являться многоуровневой, состоящей из следующих уровней:

1) *объектного,* содержащего модель исследуемого ТО $M_O \subset (K_O, S_O)$. Для ее анализа применяется математическое моделирование, реализованное в универсальном вычислительном ядре среды МАРС [3];

2) *алгоритмического,* представляющего собой модель алгоритма решения ТЗ $M_A \subset (K_A, S_A)$, представляющая собой совокупность компонентов имитационного моделирования и предполагающая реализацию действий непосредственно в компонентах и обмен информацией между ними в виде сообщений различного типа;

3) *визуального,* на котором располагается множество визуальных компонентов K_V, включающее в себя компоненты визуализации результатов исследования, компоненты управления параметрами объекта и его модели, а также компоненты повышения информативности формируемой панели визуализации и управления.

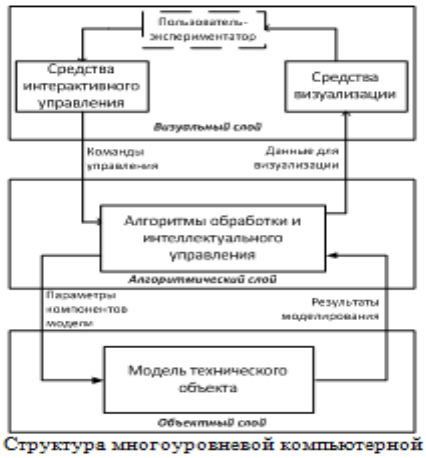


Рис. 1. Структура многоуровневой компьютерной модели

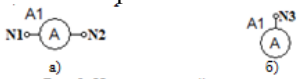
Программно-алгоритмической реализацией перечисленных уровней моделирования является многослойный редактор среды МКМ, архитектура которого (рис. 1) включает в себя следующие слои:

– *объектный слой,* реализующий объектный уровень представления МКМ исследуемого ТО. На нем в виде взаимосвязанных компонентов множества K_O и связей между ними множества S_O формируется модель объекта. Множество K_O включает с себя источники, преобразователи и измерители информации, энергии или многофракционных смесей веществ, циркулирующих в управляемом ТО.

– *алгоритмический слой,* на котором из компонентов множества K_A формируются алгоритмы решения ТЗ, осуществляющие параметризацию компонентов и моделирование компьютерной модели ТО M_O, сформированной на объектном слое, обработку результатов моделирования и подготовку данных для визуализации, а также реализацию команд управления, заключающихся в расчете значений параметров компонентов модели.

– *визуальный слой* является программной реализацией визуального уровня моделирования. На нем из компонентов множества K_V реализуется стенд визуализации результатов вычислительного эксперимента и управления его параметрами.

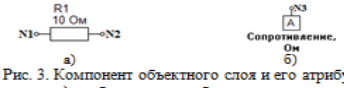
Для передачи результатов анализа модели ТО со схемного слоя на алгоритмический во множество K_O включены измерительные компоненты (рис. 2), имеющие свои отображения на этих слоях.



а) б)

Рис. 2. Измерительный компонент
а) отображение на объектном слое
б) отображение на алгоритмическом слое

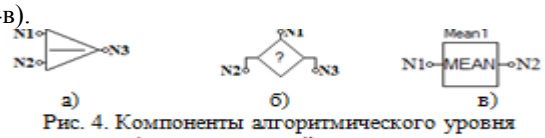
Для параметризации компонентом множества K_O используются компоненты-атрибуты, принадлежащие множеству K_A. Располагаясь на алгоритмическом слое редактора, каждый компонент-атрибут (рис. 3б) позволяет установить значение параметра компонента (рис. 3а), расположенном на объектном слое



а) б)

Рис. 3. Компонент объектного слоя и его атрибут
а) отображение на объектном слое
б) отображение на алгоритмическом слое

Поступившие с объектного слоя на алгоритмический результаты моделирования проходят предварительную обработку и подготовку к визуализации. Для этого во множество компонентов K_A включены математические (рис. 4а) и алгоритмические (рис. 4б) компоненты, а также компоненты-блоки обработки результатов моделирования (рис. 4в).



а) б) в)

Рис. 4. Компоненты алгоритмического уровня
а) математический компонент
б) алгоритмический компонент
в) компонент-блок обработки результатов моделирования

Данные компоненты в совокупности с компонентами-режимами анализа модели ТО позволяют на алгоритмическом слое сформировать алгоритмы решения ТЗ, в основе которых лежит многократное моделирование ТО при различных значениях параметров его компонентов.

Для визуализации полученных результатов моделирования и их обработки в среде МКМ применяются компоненты-средства визуализации, входящие во множество визуальных компонентов K_V. Каждый такой компонент отображается на визуальном слое редактора (рис. 5а) с целью визуализации полученного значения с помощью своего отображения на алгоритмическом слое с узлом *N1* (рис. 5б).

а) б)

Рис. 5. Компоненты-средства визуализации
а) отображение на визуальном слое
б) отображение на алгоритмическом слое

Для интерактивного управления параметрами модели исследуемого ТО, а также значениями и характеристиками решаемой задачи применяются управляющие компоненты, позволяющие изменять положение органа управления, принадлежащего изображению на визуальном слое (рис.6а). Для передачи установленного значения на алгоритмический слой такой компонент имеет свое отображение на алгоритмическом слое (рис. 6б) в виде иконки и пина N_1, с помощью которого передается значение подключенным к нему компонентам.

а) б)

Рис. 6. Управляющие компоненты
а) отображение на визуальном слое
б) отображение на алгоритмическом слое

Таким образом, в данной работе рассмотрена и обоснована классификация моделей объектных, алгоритмических и визуальных компонентов среды многоуровневого компьютерного моделирования, позволяющая формировать в ней компьютерные модели технических задач, предназначенных для интеллектуализации процесса управления сложными техническими объектами.

Работа выполнена в рамках исследований по гранту РФФИ 11-07-00384а.

Литература:

1. Дмитриев В.М. МАРС – система моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.В. Ганджа. – Томск: В-Спектр, 2011. – 297 с.

2. Дмитриев В.М. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Е.А. Арайс, А.В. Шутенков. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.

3. Дмитриев В.М. Универсальное вычислительное ядро для реализации виртуальных лабораторий / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.В. Ганджа // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2004. – № 2. – С. 24-28.

ПРЕВЕНТИВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА СЕРВЕРА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА

Ганюшкин И. Г.
Научный руководитель: Мещеряков Р.В., к.т.н., доцент
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: GanyushkinIG@gmail.com

Категория «информационная безопасность» возникла с появлением средств информационных коммуникаций между людьми, а также с осознанием интересов, которым может быть нанесен ущерб путем воздействия на средства информационных коммуникаций. Для обеспечения этой безопасности необходимо обладать определенными знаниями и навыками. Такие умения появляются в результате проб и ошибок, но шутить с информацией, которая может являться ценной, не стоит. По этой причине создаются разного рода тренажеры, позволяющие развиваться без риска для себя и окружающих.

В условиях рыночной экономики информация имеет цену, ее утечка может повлечь различного рода потери, в первую очередь финансовые. Развитие и повсеместное внедрение информационных технологий привели к упрощению процесса обработки информации, одновременно с этим усложнились информационные системы. Как известно, чем сложнее система, тем больше в ней потенциальных уязвимостей. Исходя из очевидного утверждения о том, что информационная безопасность компании зависит от снижения рисков, можно утверждать, что эффективное управление рисками способствует обеспечению непрерывности бизнеса, где риск информационной безопасности – это потенциальная возможность использования определённой уязвимости [1]. Таким образом, компаниям, занимающимся снижением рисков информационной безопасности, необходимо акцентировать свое внимание на использовании наиболее эффективных мер. Превентивные методы управления рисками являются наиболее эффективными, в то время как детективные и корректирующие, для снижения рисков и повышения непрерывности бизнеса, не дают должного эффекта, в силу ограниченности многими факторами. Однако изучение рынка услуг в сфере защиты информации показало, что потребители испытывают сложности с использованием данных мер, так как на рынке отсутствуют предложения такого рода услуг.

Среди превентивных методов, с точки зрения возможности использования непосредственно в компаниях, самым эффективным считается метод устранения уязвимостей (управление уязвимостями), так как уязвимые ресурсы находятся внутри предприятия и сотрудники могут непосредственно управлять ими. Изучение услуг в сфере защиты информации актуализирует создание технологий для обретения и развития навыков IT-специалистов по устранению уязвимостей информационных системы.

В основе разрабатываемой нами системы, примитивная структура которой представлена на рис. 1, лежит принцип работы программных средств, выполняющих диагностику защищенности информационных систем. К таким технологиям относят тесты на утечку данных (leaktest) и системы поиска уязвимостей.

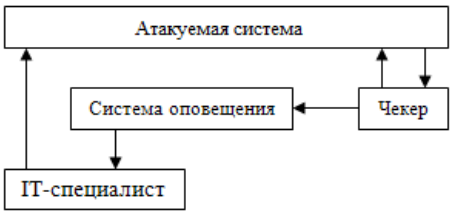


Рис.1. Структура тренажера

Принципиально важными элементами проектируемого комплекса являются библиотека специально созданных уязвимостей и база знаний - хранилище методически подобранной справочной информации. Схема обращения к библиотеке уязвимостей изображена на рис. 2.

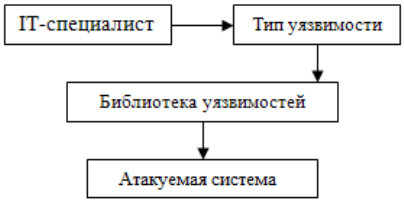


Рис.2. Загрузка уязвимостей

Однако библиотека уязвимостей не является единственным источником примеров при формировании заданий для обучаемого. Существующая и реально функционирующая вычислительная сеть предприятия, использующего для обучения своих сотрудников разрабатываемый комплекс, также может являться источником примеров заданий при формировании уязвимого образа вычислительной системы. Такой способ формирования заданий возможен благодаря «системе создания образа исследуемого объекта» и высокоэффективен для пользователя на практике, потому как предприятие в данной ситуации получает двойную выгоду. Выгода потребителя заключается в том, что он, занимаясь повышением квалификации персонала, параллельно может вести аудит сети и повышать ее безопасность без опасения нарушения целостности информации в случае неудачной попытки устранения угрозы. Такое безопасное экспериментирование возможно благодаря тому, что «система соз-

дания образа исследуемого объекта» изначально создает образ реальной сети, после чего происходит загрузка этой информации в атакуемую систему, где образ подвергается исследованию и исправлениям. И только в случае удачных действий испытуемого в отношении исследуемого образа, при принятии соответствующего решения, действия, направленные на повышение безопасности вычислительной сети предприятия, дублируются на реальной системе. Однако, отказываться от библиотеки уязвимостей, с ее искусственно созданными уязвимостями нецелесообразно, так как ее наличие гарантирует потребителю полный спектр тематик, при изучении вопросов информационной безопасности. Повышение эффективности обучения и приближение к реалистичности ситуации также достигается посредством функции, позволяющей проведение ролевых игр. Схема возможной реализации подобного рода конкурсов представлена на рис. 3.

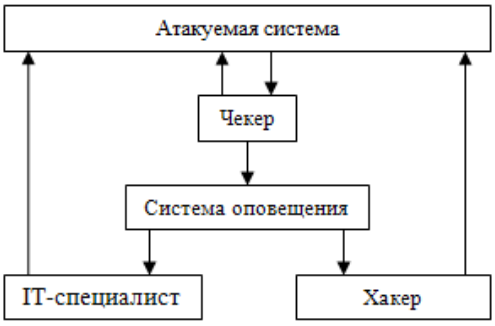


Рис.3. Структура соревнований

Таким образом, высокая эффективность разработки связана с наличием интеллектуальной базы данных с информацией о способах устранения уязвимостей, в сочетании с универсальной системой поиска уязвимостей системы позволяет информировать пользователя о способах защиты в каждой конкретной ситуации. Автоматическое создание образа реальной рабочей системы на отдельно взятом предприятии позволяет находить и устранять уязвимости без опасения нанести вред системе или потерять ценную информацию. Как следствие, специалист получает навык поиска и устранения уязвимостей, в том числе на обследовании собственной сети предприятия, но без риска для бизнеса; впоследствии же работник, убедившись в действенности примененных мер на изучаемом образе, продублировав действия на реальной системе, сможет обеспечить эффективную защиту сервера от несанкционированного доступа.

Суть идеи создания программного комплекса заключается в том, что предлагается применять более эффективные методы управления рисками. Управление уязвимостями - это превентивный способ снижения рисков, который позволяет даже при наличии угрозы избежать ущерба, так как угроза не может быть реализована без уязвимости. Таким образом, управляя известными уязвимостями в инфраструктуре сети предприятия возможно избежать большинства угроз. Предварительные расчеты показали, что снижение количества уязвимостей на 20% приводит к снижению рисков информационной безопасности на 80%.

Применение таких программных комплексов актуально как в областях непосредственно связанных с защитой информации, так и в сферах деятельности совершенно не связанных с ней, так как помимо узкопрофессиональных знаний, получаемых в ходе прохождения подобных конкурсов, повышается общая эрудированность участников, что благотворно сказывается на облике нации. И это не единственная положительная черта комплексов. Также к плюсам относится повышение корпоративности, при групповом прохождении конкурсов. Проведение соревнований по данной теме привлекает внимание потенциальных фирм-инвесторов занимающихся вопросами безопасности.

С помощью данного комплекса возможно решение следующих задач:

- допуск к работе лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям в сфере IT-безопасности;
- проведение подготовки и аттестации работников предприятий и учреждений в области IT-безопасности;
- обучение работников служб безопасности действиям при критических или чрезвычайных ситуациях;
- анализ причин возникновения инцидентов и принятия мер по устранению выявленных причин.

Применение разработки возможно в областях непосредственно связанных с защитой информации, как на стадии повышения квалификации сотрудников ИТ-отделов обеспечивающих информационную безопасность компании и сотрудников консалтинговых фирм, осуществляющих аудит информационной безопасности сторонних компаний, так и на более ранних стадиях подготовки кадров. Например, среди обучающихся по направлениям информационной безопасности или ещё только собирающихся начать обучение лиц.

Список литературы:

1. ISO/IEC 27005:2008. Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Управление рисками информационной безопасности. – Взамен ISO 13335-3 и ISO 13335-4; Введ. 06.10.08. – М.: BSI Management Systems CIS, LLC, 2008. – 70с.

ПРОГРАММА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА СВЧ-УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Гарайс Д.В.
Научный руководитель: Калентьев А.А., аспирант
Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: dvgarays@gmail.com

Монолитная интегральная схема (МИС) – СВЧ цепь, в которой активные и пассивные элементы расположены на одной и той же полупроводниковой подложке. МИС широко используются в сотовой и спутниковой телефонии, устройствах глобального позиционирования и многих других направлениях[1]. В настоящее время в мире разрабатывается большое количество разнообразных СВЧ устройств. Но, несмотря на то, что предложено большое количество схем, и методов расчета каждого из типов устройств, вопрос проектирования СВЧ устройств остается открытым. Это связано с большим разнообразием требований, предъявляемых к характеристикам современных СВЧ устройств и соответственно, к параметрам входящих в их состав усилительных устройств. Таким образом, разработчики постоянно сталкиваются с необходимостью создания новых разновидностей СВЧ устройств, удовлетворяющих поставленным техническим требованиям.

Ведущие фирмы-производители программного обеспечения отреагировали на эту ситуацию созданием современных сложных программных комплексов для проектирования широкого спектра СВЧ устройств. Большинство САПР для разработки СВЧ устройств позволяют решать только задачу моделирования, а определение структуры устройства остается за проектировщиком. Поэтому необходима программа, позволяющая эффективно автоматизировать этап выбора схемотехнического решения, в соответствие с поставленными требованиями.

Известны различные методы проектирования усилителей (метод круговых диаграмм, использование таблиц, визуальное проектирование, систематический поиск, параметрический синтез), но одним из самых эффективных является структурный синтез, представляющий собой нахождение структуры и элементов устройства[2]. Реализовать такой метод возможно при использовании аппарата генетических алгоритмов (ГА) и декомпозиционного подхода. Использование данного метода для проектирования СВЧ устройств имеет ряд достоинств перед традиционными методами. Одним из главных преимуществ является то, что процесс проектирования весьма простой и не требует высокой квалификации и опыта разработчика, которому необходимо лишь задать требования к структурной схеме и характеристикам устройства. Другим важным достоинством является быстрота и небольшая трудоемкость проектирования устройства.

С точки зрения декомпозиционного подхода к проектированию РЭУ любое техническое устройство можно иерархически разложить (декомпозировать) на набор *компонентов* (подсистем, блоков и т.д.), вплоть до конечных неделимых радиоэлектронных элементов (резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности и т.д.).

На рисунке 1 представлена обобщенная структурная схема однокаскадного СВЧ-усилителя, состоящего из 2-х согласующих цепей (входной и выходной), содержащих произвольное количество четырехполюсников, и одного усилительного каскада включающего транзистор и до 7 корректирующих двуполюсников. На месте каждого из двуполюсников и четырехполюсников может находиться произвольный участок подцепи, от простых элементов (резисторов, конденсаторов) до сложных RLC-цепей.

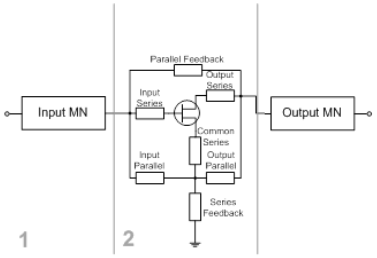


Рис. 1. Упрощенная схема СВЧ усилителя

Генетические алгоритмы (ГА) – это стохастические, эвристические оптимизационные методы, впервые предложенные Холландом (1975). Они основываются на идее эволюции с помощью естественного отбора, выдвинутой Дарвином (1857)[3]. Если подходить к структурно-параметрическому синтезу с точки зрения оптимизации начального приближения, то результирующую цепь можно представить в виде функции, где параметрами будут: типы элементов, их номиналы и типы включения каждого из звеньев цепи. Соответственно, даже относительно простая цепь описывается многомерной функцией, нахождение экстремумов которой является сложной задачей. ГА же может легко исследовать многомерную поверхность задачи и находить экстремумы (применительно задачи синтеза СВЧ устройств, находить структуру и параметры цепи).

Для решения проблем синтеза СВЧ-усилителей в лаборатории интеллектуальных компьютерных систем (ЛИКС) ТУСУР была спроектирована и реализована программа Geneamp, позволявшая проводить структурно-параметрический синтез усилителей на сосредоточенных элементах в широком частотном диапазоне с одновременным контролем нескольких характеристик. Программа

обладала рядом недостатков. Основным недостатком можно назвать то, что структура синтезируемого устройства задавалась очень жестко, что ограничивало синтезируемый усилитель одним или двумя каскадами. При этом в архитектуре программы не было заложено возможности ее расширения, что значительно затрудняло внесение даже незначительных изменений в функциональность программы[4].

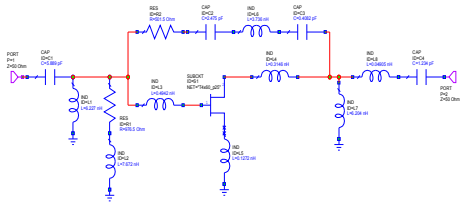
Однако впоследствии программа была модернизирована. Была значительно переработана архитектура программы, выделен программный интерфейс для задания функциональных модулей, что позволило гибко задавать структуру синтезируемого устройства. Также это упростило процедуру добавления новых функциональных блоков в программу. Текущая версия позволяет синтезировать согласующие цепи, усилительные каскады и усилители с большим количеством каскадов (фактически, количество каскадов ограничено вычислительными возможностями используемого ПК). Была добавлена возможность использовать при синтезе наборов параметров транзисторов (это могут быть характеристики одного транзистора снятые в разных рабочих точках, либо характеристики различных транзисторов), причем каждый каскад может использовать разные наборы параметров. Однако, хотя вышеизложенный подход и позволяет создать универсальную платформу для синтеза СВЧ устройств, необходимо решить еще ряд проблем таких как:

- Отсутствие синтеза с использованием моделей распределенных элементов;
- Отсутствие синтеза с использованием моделей реальных элементов;
- Ресурсоемкость работы ГА (с увеличением числа каскадов время нахождения оптимального решения значительно возрастает);
- Схождения ГА к локальным экстремумам;

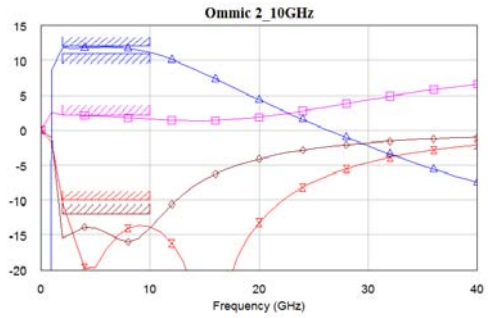
Следующими шагами в разработке программы будут:

- Добавление новых функциональных модулей отвечающих за синтез других СВЧ устройств;
- Расширение элементной базы (добавление распределенных элементов), а также добавление возможности использовать реальные модели элементов при синтезе;
- Ускорение работы ГА за счет использования параллельных вычислений.

Для проверки функциональных возможностей программы была поставлена задача спроектировать однокаскадный усилитель с использованием транзисторов на основе 0,2 мкм GaAs pHEMT технологии фирмы OMMIC. Требования, предъявленные к усилителю: коэффициент усиления - 11-12 дБ, коэффициент шума - менее 2,2 дБ, коэффициент отражение по входу/выходу - менее -12 дБ/-10 дБ. Помимо этого усилитель должен быть устойчив во всём диапазоне частот. В ходе синтеза было получено следующее решение:



а)



б)

Рис. 2. Результаты синтеза: а) структурная схема цепи; б) характеристики цепи.

Как видно из рисунка 2-б полученное решение полностью удовлетворяет поставленным требованиям. Кроме того синтезированный усилитель полностью удовлетворяет условиям практической реализуемости устройства. Время синтеза – **3 минуты 38 секунд**. Для сравнения опытному проектировщику необходимо 3 часа.

Ранее рассмотренный пример демонстрирует, что модифицированная программа Geneamp, в которой реализованы изложенные подходы, успешно работает, и может быть впоследствии расширена, позволяя синтезировать широкий спектр СВЧ устройств.

Список литературы:

1.Монолитные интегральные микросхемы СВЧ // Компоненты и технологии. – URL: http://kit-e.ru/articles/svch/2005_9_174.php

2.Дорофеев С.Ю. Программа автоматизированного синтеза согласующих цепей на основе генетического алгоритма// Дипломный проект. – Томск : [б. и.], 2006. – 173 с.

3.Емельянов В.В., Курейчик В.М., Курейчик В.В. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 432 с.

4.А.А. Калентьев. Программа автоматизированного проектирования транзисторных СВЧ-усилителей. – Томск : [б. и.], 2011. – 152 с.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ СВЧ МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ЭКСТРАКЦИИ

Горяинов А.Е., Степачева А.В.
Научный руководитель: Добуш И.М., ассистент
Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: goryainov.alex@gmail.com

Точность моделирования сверхвысокочастотных (СВЧ) монолитных интегральных схем (МИС) определяется качеством моделей активных и пассивных компонентов, находящихся в распоряжении разработчика. При этом распространение получили модели компонентов МИС в виде эквивалентных схем (ЭС или *RLC*-схем), которые являются быстродействующими и легко интегрируются в современные системы проектирования СВЧ устройств.

Построение ЭС-моделей пассивных компонентов МИС обычно осуществляется путем решения задачи экстракции (извлечения) параметров ЭС из результатов измерений.

Одной из методик экстракции параметров сложных ЭС (количество элементов более 5) является комбинированная методика [1], основанная на аналитическом выводе уравнений связи между элементами и последующем применении оптимизационного метода.

В настоящей статье представлен программный модуль, позволяющий автоматизировать решение указанной задачи. Он обеспечивает автоматическое построение ЭС пассивных компонентов на основе измеренных параметров рассеяния (*S*-параметров). Разработанный модуль включен в состав системы автоматизации СВЧ измерений INDESYS-MS (Intelligent Design System – Measurement Suite) [2].

Описание программного модуля. Алгоритм работы программы представлен в виде блок-схемы на рис. 1.

Изначально пользователю предлагается выбрать из списка тип сосредоточенного пассивного компонента СВЧ МИС, модель которого необходимо построить. В настоящее время в программе реализованы следующие типы элементов: полупроводниковый и тонкопленочный резисторы, МДМ-конденсатор, спиральная катушка индуктивности.

Каждому типу элемента соответствует свой набор эквивалентных схем (ЭС-модели), для которых в модуле хранятся соответствующие расчетные формулы, полученные по методикам в [1]. Указанных моделей в большинстве случаев достаточно, чтобы с необходимой точностью в широком диапазоне частот описать характеристики сосредоточенных элементов, используемых в СВЧ МИС.

В качестве входных данных пользователь загружает файл с измеренными *S*-параметрами (с последующем преобразованием их в *Y*-параметры) пассивного СВЧ компонента на ряде фиксированных частотных точек в заданном диапазоне (рис. 1).

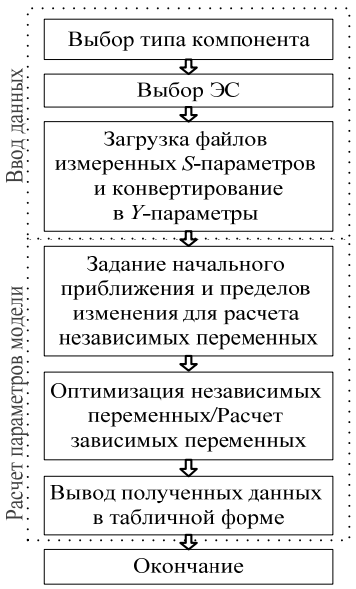


Рис. 1. Схема процесса экстракции параметров ЭС пассивных компонентов

В соответствии с комбинированной методикой [1], полный вектор искомых элементов ЭС компонента разделяется на векторы *зависимых* и *независимых* переменных (*RLC*-элементов). При этом с помощью *уравнений связи* зависимые *RLC*-элементы выражаются через независимые элементы и измеренные параметры пассивного компонента (например, *S*- или *Y*-параметры). Полученные аналитические выражения (уравнения связи) используются при поиске численных значений независимых элементов, соответствующих наилучшему совпадению измеренных и рассчитанных по ЭС частотных характеристик СВЧ компонента. С этой целью применяются оптимизационные процедуры, при этом формулировка задачи оптимизации предполагает минимизацию отклонений *S*-параметров ЭС-модели от измеренных значений на выбранных фиксированных частотах.

По окончанию процесса оптимизации, результаты расчёта параметров ЭС компонента заносятся в сводную таблицу.

Пример использования программного модуля. В качестве примера рассмотрим расчёт ЭС монолитного МДМ-конденсатора величиной 4 пФ с заданными (типовыми) значениями паразитных элементов (рис. 2). Схема содержит семь искомых параметров R, L, C, R_1, R_2, C_1 и C_2.

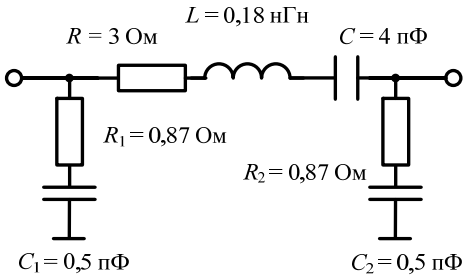


Рис. 2. ЭС МДМ-конденсатора

Для данной ЭС МДМ-конденсатора с указанными значениями элементов (рис. 2) в САПР СВЧ-устройств Microwave Office были смоделированы параметры рассеяния в частотном диапазоне до 40 ГГц, используемые в дальнейшем как входные данные для программного модуля экстракции.

В [1] приведены расчетные формулы для указанной ЭС МДМ-конденсатора:

$$R = -\frac{\mathrm{Re}\,Y_{12}(\omega)}{|Y_{12}(\omega)|^2}, \quad (1)$$

$$R_1 = \frac{\mathrm{Re}\,Y_{11}(\omega) + \mathrm{Re}\,Y_{12}(\omega)}{(\mathrm{Re}\,Y_{11}(\omega) + \mathrm{Re}\,Y_{12}(\omega))^2 + (\mathrm{Im}\,Y_{11}(\omega) + \mathrm{Im}\,Y_{12}(\omega))^2}, \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{\mathrm{Re}\,Y_{22}(\omega) + \mathrm{Re}\,Y_{12}(\omega)}{(\mathrm{Re}\,Y_{22}(\omega) + \mathrm{Re}\,Y_{12}(\omega))^2 + (\mathrm{Im}\,Y_{22}(\omega) + \mathrm{Im}\,Y_{12}(\omega))^2}, \quad (3)$$

$$C_1 = \frac{(\mathrm{Re}\,Y_{11}(\omega) + \mathrm{Re}\,Y_{12}(\omega))^2 + (\mathrm{Im}\,Y_{11}(\omega) + \mathrm{Im}\,Y_{12}(\omega))^2}{\omega \cdot (\mathrm{Im}\,Y_{11}(\omega) + \mathrm{Im}\,Y_{12}(\omega))}, \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{(\mathrm{Re}\,Y_{22}(\omega) + \mathrm{Re}\,Y_{12}(\omega))^2 + (\mathrm{Im}\,Y_{22}(\omega) + \mathrm{Im}\,Y_{12}(\omega))^2}{\omega \cdot (\mathrm{Im}\,Y_{22}(\omega) + \mathrm{Im}\,Y_{12}(\omega))}, \quad (5)$$

$$C = \frac{|Y_{12}(\omega)|^2}{\omega \cdot (\omega \cdot L \cdot |Y_{12}(\omega)|^2 - \mathrm{Im}\,Y_{12}(\omega))}. \quad (6)$$

Как видно из выражений (1) – (5), элементы R, R_1, R_2, C_1, C_2 являются функциями только измеренных Y-параметров и не зависят от остальных элементов ЭС. С помощью уравнения связи (6) емкость C (зависимый элемент) была выражена относительно индуктивности L (независимого элемента) и измеренных Y-параметров.

Теперь необходимо, изменяя величину независимого элемента L, обеспечить наилучшее совпадение исходных и вычисляемых по модели S-параметров в требуемом диапазоне частот. Данная задача в разработанном программном модуле решается с помощью оптимизационной процедуры-методом дифференциальной эволюции [3].

В качестве начального приближения параметра L принималось значение 1 нГн в пределах изменения 10^{-18} – 10^{-8} Гн. Оптимизация производилась при различных количествах итераций (от 100 до 2000) и особей в популяции (от 100 до 2000). Уже при 100 итерациях и 100 особей целевая функция достигала точности до 0,01%, время оптимизации не более 10 сек.

Найденные значения элементов ЭС МДМ-конденсатора с использованием модуля экстракции приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения элементов ЭС исходной и рассчитанной моделей МДМ-конденсатора

ЭлементЭС	Исходная ЭС	Рассчитанная ЭС
R (Ом)	3	3,0000001
L (нГн)	0,18	0,1799999
C (пФ)	4	4,0012
R_1(Ом)	0,87	0,87
R_2 (Ом)	0,87	0,87
C_1(пФ)	0,5	0,499999
C_2(пФ)	0,5	0,499999

Как видно из табл. 1 все значения элементов исходной и рассчитанной модели МДМ-конденсатора имеют хорошее совпадение, максимальная относительная ошибка расчета элементов не превышает 0,1%.

Можно сделать вывод, что разработанный программный модуль на основе комбинированной методики позволяет эффективно выполнить экстракцию параметров сложных ЭС пассивных компонентов. Его использование дает возможность значительно сократить время и трудозатраты при построении моделей пассивных компонентов СВЧ МИС, изготавливаемых по различным технологиям.

Работа выполнялась в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы по направлениям «Создание электронной компонентной базы» (14.740.11.1261), «Микроэлектроника» (П669, П499, 16.740.11.0092, 14.740.11.1136) и «Проведение исследований коллективами НОЦ по направлению «Микроэлектроника» (14.740.11.0135).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Разработка методов, алгоритмов и интеллектуального программного обеспечения для синтеза микроэлектронных СВЧ устройств с использованием точных моделей интегральных элементов: Отчет о НИР №П669 (3 этап) / ТУСУР; Руководитель А.Н. Сычев. 2010. – 247 с.

2. Автоматизация зондовых измерений параметров рассеяния и вольтамперных характеристик транзисторов с использованием программной среды Indesys-MS / А.С. Сальников, И.М. Добуш, С.Е. Кошевой, Ф.И. Шеерман // Доклады ТУСУР. 2010. № 2 (22). С. 140–144.

3. Differential Evolution - A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces / Storn, Rainer and Price, Kenneth // Journal of Global Optimization 11, 1997. С. 341-359

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ПРИ ПОМОЩИ ВЕЙВЛЕТОВ И НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Григорьев Д.С.
Научный руководитель: Спицын В.Г, д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: tryGX@sibmail.com

Введение

С распознаванием объектов на цифровых изображениях сегодня связано множество задач, решение которых может быть применимо во множестве научных областей: начиная от информационных технологий, связанных с машинным зрением, заканчивая медициной - распознаванием различных патологий на рентгеновских снимках.

Цель

Целью данной работы является исследование работоспособности и эффективности предложенных методов анализа и распознавания образов. Предполагается нахождение наиболее оптимального конфигурирования настроек отдельных компонентов системы: выбор базисного вейвлета и алгоритма обучения нейронной сети

Вейвлет-преобразование

Аппаратом первичного анализа изображения было выбрано вейвлет-преобразование. В отличие от преобразования Фурье, базисными функциями которого являются гармонические функции, вейвлет-преобразование основано на разложении по малым волнам, называемые вейвлетами, изменяющейся частоты и ограниченным по времени. Вейвлеты является отличным инструментом обработки сигнала, позволяющим проводить анализ в нескольких временных масштабах локальных свойств сложных сигналов, которые могут представлять нестационарные зоны. Вейвлеты приводят к огромным количеством приложений в различных областях, таких как, например, геофизика, астрофизика, телекоммуникации, обработки изображений и видеокодирования.

Вейвлет-преобразование упрощает сжатие, передачу, анализ изображений. В данной работе мы обращаемся непосредственно к методу кратномасштабного анализа.

Двумерное дискретное вейвлет-преобразование (ДВП)

Так как цифровое изображение представляет собой функцию двух аргументов $f(x,y)$, то, задав двумерные разделимые масштабирующую функцию и вейвлет-функции, обобщим алгоритм быстрого вейвлет-преобразования на двумерный случай.

Семейство базисных функций, определенное с помощью операций сдвигов и изменений масштаба имеет вид:

$$\varphi_{j,m,n}(x,y) = 2^{\frac{j}{2}}\varphi(2^j x - m, 2^j y - n),$$

$$\psi^i_{j,m,n}(x,y) = 2^{\frac{j}{2}}\psi^i(2^j x - m, 2^j y - n),$$

$$i = \{H, V, D\}.$$

Причем здесь индекс i служит для идентификации направленных вейвлетов, измеряющих вариации значений функции – изменения яркости для изображения по разным направлениям: вдоль столбцов, вдоль строк и вдоль диагоналей.

Определим ДВП изображения – функции $f(x,y)$ с размерами M*N:

$$W_\varphi(j_0,m,n) = \frac{1}{\sqrt{MN}}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)\varphi_{j_0,m,n}(x,y)$$

$$W^i_\psi(j,m,n) = \frac{1}{\sqrt{MN}}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)\psi^i_{j,m,n}(x,y)$$

$$i = \{H, V, D\},$$

где j_0 - приближенный начальный масштаб, и коэффициенты $W_\varphi(j_0,m,n)$ определяют приближение функции $f(x,y)$ в масштабе j_0. Коэффициенты $W^i_\psi(j,m,n)$ - горизонтльные, вертикальные и диагональные детали для масштабов, больших j_0.

ДВП в нашем случае реализуется с помощью частотной фильтрации и прореживающей выборки. При этом происходит вычисление одномерного быстрого вейвлет-преобразования (БВП) по строкам функции, а затем по столбцам от уже полученного результата.

Количество применений блока фильтров определяется для каждой решаемой задачи распознавания отдельно – в зависимости от того, при каком уровне фильтрации будет достигнут лучший результат распознавания, а также насколько приемлемым будет размер вектора коэффициентов для нейронной сети. Причем коэффициенты приближения функции на выходе первого уровня фильтра подаются в качестве входных коэффициентов следующего блока. Результатом является P-масштабное преобразование с масштабами $j = J-1, J-2, \ldots, J-P$.

В итоге, каждый этап фильтрации дает на выходе четыре изображения, а точнее четыре «части» исходного изображения $W_\varphi, W^H_\psi, W^V_\psi, W^D_\psi$ – где каждое меньше исходного в 2 раза. Эти изображения представляют собой результат прореживающей выборки с фактором 2 по всем направлениям к массиву. Элементами этого массива являются скалярные произведения изображения $f(x,y)$ на двумерные масштабирующие и вейвлет-функции ка-

ждого соответствующего масштаба. Указанные коэффициенты в свою очередь выступают в роли возбуждающего сигнала НС.

Выбор типа вейвлета

В данной работе использовался вейвлет Добеши (M=2, 4) для построения аппроксимационных коэффициентов в качестве возбуждающих сигналов для НС. При увеличении уровня вейвлета матрица коэффициентов соответственно увеличивается, следовательно, это увеличит вычислительную трудоемкость на всех этапах работы системы. При применении более простого типа вейвлета (например, Хаара) можно потерять важные качества изображения при анализе. Используемая импульсная характеристика для постройки вейвлета Добеши приведена на рис 1.

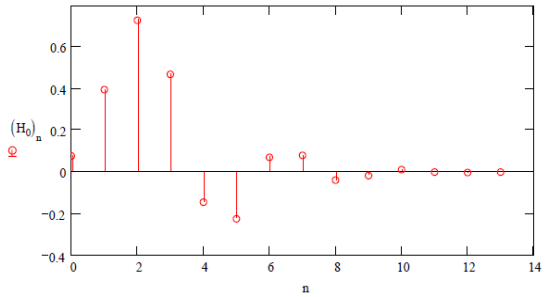


Рис.1. Импульсная характеристика вейвлета Добеши

Искусственные нейронные сети

Искусственные нейронные сети с их высокой способностью извлекать требуемые значения из сложных или неточных исходных данных, часто используются в качестве гибких классификаторов [5] для распознавания образов. Еще одно положительное свойство НС – это выявление свойств изображений, которые могут оказаться сложными для их обнаружения людьми или же некоторыми машинными средствами [1]. Именно поэтому НС являются одними из самых эффективных методов классификации образов.

Применяемая топология НС в данной работе – многослойный персептрон с одним скрытым слоем.

Выходной сигнал каждого отдельного нейрона выходного слоя y_k вырабатывается как:

$$y_k = f\left(\sum_{i=0}^{K} w_{ki} f\left(\sum_{j=0}^{N} w_{ij} f\left(\sum_{s=0}^{N} w_{js} x_s\right)\right)\right)$$

В качестве активационной функции каждого отдельного нейрона была выбрана непрерывная сигмоидальная биполярная функция, так как для разработки обучающего правила необходима дифференцируемость относительно всех синаптических весов НС [5]:

$$f(x) = th(x)$$

На стадии применения НС осуществляются обучающая фаза и фаза тестирования. Для обучения НС выбрано несколько алгоритмов:

- алгоритм Левенберга-Марквардта;
- алгоритм Градиентного спуска;
- алгоритм обратного распространения ошибки.

Пусть $y = [y_1, y_2, \ldots, y_m]^T$ – вектор фактических выходных сигналов, $d = [d_1, d_2, \ldots, d_m]^T$ – вектор ожидаемых выходных сигналов, W – весовые значения.

Целевая функция алгоритма:

$$E(W) = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{M} [e_i(W)]^2$$

где $e_i(W) = [y_i(W) - d_i]$.

После обучения НС, итогом работы является распределение изображений и сигналов относительно заданных классов.

Выводы

В результате тестирования работоспособности системы для задачи распознавания наилучшим образом показал себя алгоритм обучения Левенберга-Марквардта. При более длительном обучении НС (что можно отнести к недостаткам работы алгоритма) по качеству обучения этот алгоритм превзошел метод градиентного спуска. Также этот алгоритм более результативен, по сравнению с алгоритмом обратного распространения ошибки.

Система создана с при помощи таких пакетов разработки как MS Visual Studio 2010, а также MATLAB, MATHCAD.

Список литературы:

1. Niyazi Kilic, Pelin Gorgel, Osman N. Ucan, Ahmet Sertbas. Mammographic Mass Detection using Wavelets as Input to Neural Networks. Journal of Medical Systems. 2009 г.
2. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006 – 1072 с.
3. К. Блаттер. Вейвлет-анализ. Основы теории. М.: Техносфера, 2004 – 280 с.
4. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Ижевск: «Регулярная и хаотическая динамика», 2001 – 464 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс Изд. 2-е. – М.: «И.Д. Вильямс», 2006 – 1104 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ И ПРОДВИЖЕНИЕ САЙТА НА ПРИМЕРЕ CMS JOOMLA

Гусакова Е. Г.
Научный руководитель: Цапко И. В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: evgenia.gusackova@yandex.ru

Введение

Для продвижения своего бизнеса в сети Интернет возникает необходимость создавать сайты. Наличие сайта упрощает систему предложения услуг и автоматизирует работу в желаемой отрасли. Но сайт не начнет активно работать и приносить прибыль без качественной раскрутки.

Повысить посещаемость ресурса позволяет поисковая оптимизация сайтов (англ. search engine optimization, SEO). Поисковая оптимизация - оптимизация HTML-кода, текста, структуры и внешних факторов сайта с целью поднятия его в выдаче поисковой системы [1].

Еще некоторое время назад SEO не являлось отдельной областью, базовую поисковую оптимизацию могли предложить вебмастера для поддерживаемых ими сайтов. На этом SEO заканчивалось. Сайты становились сложней, финансово перспективней, в таких условиях просто вебмастера уже не хватало. Поисковые системы начали усложнять свои алгоритмы обхода сайтов, становились все менее очевидными. Это, в свою очередь, послужило поводом для вычленения SEO в отдельную область деятельности.

На сегодняшний день большое количество сайтов создается на основе системы управления сайтом (Content Manager System). Основная функция CMS - это быстрое и удобное управление содержанием интернет ресурса, то есть управление разделами, текстами, галереями и прочим. Существует мнение, что CMS недостаточно функциональна для решения задач поисковой оптимизации сайтов.

В этой статье пойдет речь о некоторых модификациях и секретах, позволяющих повысить возможности CMS с точки зрения SEO на примере оптимизированного и продвинутого по поисковым системам сайта «Сутки Дома» [2], написанного на CMS Joomla.

Основные принципы SEO

В настоящее время практически не существует четких руководств по поисковой оптимизации. Алгоритмы определения релевантности (степень соответствия текста слову, заданному в качестве ключа при поиске информации) ресурсов в поисковых системах постоянно изменяются. Однако улучшение контентных и технических характеристик ресурса неизменно способствует лучшему соответствию критериям поисковых систем в отношении позиционирования в результатах поиска по запросам, относящимся к его тематике.

Проще говоря, оптимизатор не в состоянии повлиять на работу поисковых сервисов, зато вполне реально может улучшить ресурс таким образом, что поисковые машины определят его, как наиболее соответствующий определенным тематическим запросам посетителей. Процесс этот достаточно сложен и требует не только специальных знаний, но еще и творческого подхода, умения прогнозировать ситуацию.

Стандартный набор действий оптимизатора, направленных на повышение релевантности любого сайта, включает в себя: анализ структуры сайта, полезности ресурса, редактирование HTML кода с учетом мета-тегов, работа по составлению семантического ядра (подбор большого количества слов, отвечающих тематике сайта), выбор ключевых слов, наполнение ресурса уникальным тематическим контентом, работа с внутренними и внешними ссылками, направленная на увеличение ИЦ (Индекс Цитирования - количество сайтов, которые ссылаются на сайт) и PR (Page Rank - тоже самое, но для отдельной страницы сайта)[3].

Стоит отметить, что SEO разделяют на внешнюю и внутреннюю оптимизацию. Внешнюю оптимизацию можно начинать только после того, как проведены все работы по внутренней оптимизации сайта. Внешняя оптимизация представляет собой работы с поисковыми системами, рейтинговыми, тематическими каталогами с целью продвинуть ресурс по целевым запросам и увеличить его посещаемость.

Но более подробно будет рассмотрена внутренняя оптимизация сайтов. Именно в области внутренней оптимизации сайтов на CMS возникают некоторые проблемы.

SEO-оптимизация Joomla

Ниже приведен список самых важных факторов внутренней оптимизации, которые можно настроить в Joomla:

1) Контент – фактор, не относящийся к Joomla напрямую, но имеющий высший приоритет важности.

2) Заголовок страницы (Title). Именно заголовок показывается жирными буквами в результатах выдачи и именно на него в первую очередь обращают внимание пользователи.

3) Описание (Description) - играет важную роль во внутренней оптимизации страницы. Также важно потому, что некоторые поисковые системы, например Google, показывают описание в результатах выдачи под заголовком.

4) Url-адрес ссылки страницы Если ссылка написана латинскими или русскими буквами, поисковые системы уделяют этому внимание, повышая сайт в результатах выдачи.

5) Внутренняя перелинковка сайта - страницы сайта должны быть связаны между собой ссылками, и чем шире будет эта связь, тем лучше это скажется на результатах выдачи.

6) Ключевые слова страницы (keywords).

Примерно так выглядит общий список факторов внутренней оптимизации сайта.

SEO. Встроенные инструменты Joomla

Первое, чему нужно уделить внимание - переименовать файл «htaccess.txt», находящийся в корневой директории Joomla, в «.htaccess». После того, как файл переименован, нужно зайти в настройки Joomla (рис.1), включить SEO – включает механизм seo-оптимизации Joomla, точнее дружественные SEF-ссылки (ссылки, которые могут включать слова, а не только код, использовать mod_rewrite, добавить суффикс к URL. В конце url-адреса страницы будет добавлено «.html». Поисковые системы любят такое окончание, так что рекомендуется включить.

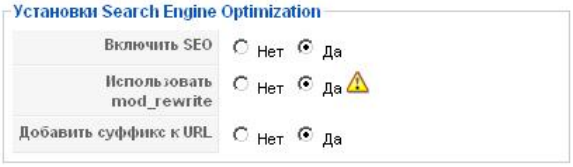


Рисунок 1 – Настройки Joomla

У каждой страницы, категории, пункта меню Joomla в настройках есть опция «псевдоним». Именно эта опция отвечает за внешний вид ссылки страницы, категории, пункта меню.

Так, для сайта «СуткиДома» псевдоним лучше задавать тематически подходящим. Для страницы с описанием квартир лучше задать псевдоним «kvartiri-sutki-tomsk». Тогда в поисковиках эта страница будет отображаться на подобный запрос.

При создании материала можно задать для него описание и ключевые слова.

И последнее, внутренняя перелинковка сайта. С этим у Joomla с одной стороны нет проблем, но с другой, все делается в полуавтоматическом режиме. Для внутренней перелинковки в Joomla есть специальный модуль, под названием «Похожие материалы».

Этот модуль отображает другие материалы, которые похожи на текущий отображаемый материал. Они связаны по ключевым словам в метаданных. По всем ключевым словам текущего материала выполняется поиск по ключевым словам других опубликованных материалов.

Конечно, есть еще много не освещенной в данной статье информации. Так, совсем не был рассмотрен вопрос заполнения контента и работы с ключевыми словами, что играет огромную роль. Но об этом можно прочитать в руководствах самих поисковых систем [4], [5].

Целью статьи ставилось показать, что сайты, написанные на CMS можно продвигать и оптимизировать, зная некоторые мелочи и секреты. Так, на рисунке 2 показан пример выдачи сайта «Сутки Дома» в посковой системе Яндекса по запросу «квартира Томск сутки». Сайт находится на второй позиции, что является отличным результатом, исходя из конкурентности данного запроса.

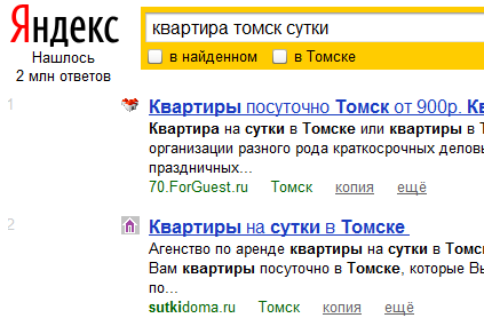


Рисунок 2 - Пример выдачи сайтов по ключевым запросам в поисковой системе «Яндекс»

Заключение

Последние десять лет SEO развивается с огромной скоростью. Многие факторы, которые были важны для продвижения сайта тогда, сегодня уже совсем не актуальны и не имеют никакой важности в глазах поисковых систем.

Соответственно, для работы над повышением релевантности сайта недостаточно знать только основы SEO оптимизации, но и нужно уметь отслеживать любые изменения в работе поисковых машин, уметь анализировать действия конкурентов и своевременно реагировать на любые неблагоприятные моменты.

Литература:

1. Сайт Википедия – свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Search_engine_optimization, свободный.

2. Сайт посуточной аренды квартир в Томске «Сутки Дома» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://sutkidoma.ru, свободный.

3 Сайт уроков по созданию и раскрутки сайтов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.svoysite.info/raskrutka/chto-takoe-tic-i-pr.html, свободный.

4. Официальный сайт компании Яндекс, принципы оптимизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://company.yandex.ru/rules/optimization/, свободный.

5. Официальный сайт компании Google, SEO [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://support.google.com/webmasters/bin/answer.py?hl=ru&answer=35291/, свободный.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УЧЕТА И ОЦЕНКИ ВНЕУЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

Дороганов В.С.
Научный руководитель: Пимонов А.Г., д.т.н., профессор
Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя 28
DoroganovV@mail.ru

В последние годы все большее внимание уделяется качеству образовательных услуг, которые предоставляются высшим учебным заведением. Его анализ зачастую является довольно проблематичным, так как в ВУЗах отсутствуют какие-либо автоматизированные механизмы учета показателей успешности студентов в различных сферах деятельности.

В виду того, что в Кузбасском государственном техническом университете имени Т.Ф. Горбачева (далее КузГТУ) реализуется серьезная политика поддержки студентов, кафедрой прикладных информационных технологий, отделом учета и организации объектов интеллектуальной собственности и студенческим научным обществом «Area 3.14» было принято решение о разработке методики и программного обеспечения для учета и оценки внеучебной деятельности студентов.

Кроме того, существует проблема «бумажного» документооборота, наличие которого осложняет работу сотрудников ВУЗа, при этом значительно увеличивая временные затраты на обработку документов, а следовательно снижая ее качество. С данной проблемой непосредственно связана деятельность профсоюзной организации КузГТУ, а также организация заселения/выселения студентов в общежития ВУЗа и их распределения по комнатам.

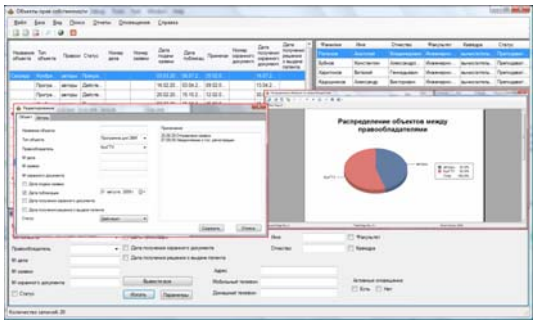
Высшие учебные заведения страны серьезно подходят к автоматизации функций, которые выполняют те или иные их подразделения. Однако в области количественной оценки успешности студентов во внеучебной деятельности, а также в отношении автоматизации документооборота учебных заведений дело обстоит совершенно иначе. *Комплексных систем учета всесторонней информации о студентах и оценки результатов их внеучебной деятельности не существует!* Во многих ВУЗах страны можно встретить некоторые единичные элементы предлагаемой системы, наличие которых говорит о необходимости внедрения подобных продуктов.

Применение комплексной системы по учету и оценке внеучебной деятельности студентов позволит существенно упростить процессы, предусматривающие обработку больших объемов данных; выявлять студентов, проявляющих активность в различных направлениях деятельности; анализировать состояние дал сразу в нескольких направлениях, позволит качественно проводить многоаспектный мониторинг текущей ситуации, в которой находится каждый из студентов повысить качество предоставляемых учебным заведением образовательных услуг, а также будет способствовать повышению престижа учебного заведения в регионе и в России в целом.

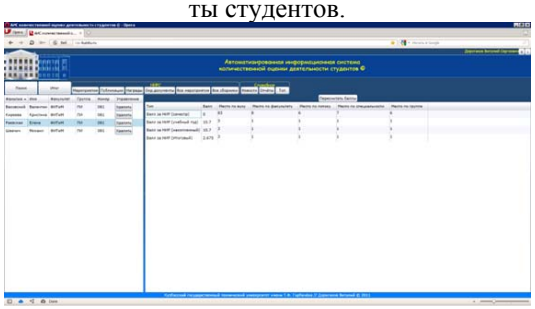
Концепция системы включает требования, необходимые для соблюдения норм, оговоренными в законе «О персональных данных» N152-ФЗ от 27.07.2006, а также корректировками от 25.07.2011. Данный закон гарантирует сохранность и конфиденциальность персональных данных о каждом лице, информация о котором содержится в базе данных единого информационного пространства КузГТУ. Все лица, имеющие авторизованный доступ к базе данных на основании ст.7 «Конфиденциальность персональных данных» дают расписку о неразглашении, а также о носимой ответственности. В свою очередь каждый студент при зачислении дает письменное согласие на хранение и обработку своих персональных данных на весь период его обучения. Помимо парольной системы авторизации имеется ограничение доступа к самой системе за пределами КузГТУ.

Создание единой информационно-вычислительной системы, учитывающей все аспекты деятельности студентов, является сложной задачей, поэтому подобные программные системы не распространены, а если и существуют, очень редко обновляются. Данная система имеет модульную концепцию и структуру, позволяющую внедрять практически любую подсистему в готовое информационное пространство, работая только с БД, практически не изменяя исходный программный продукт.

В качестве базового языка программирования использовался язык Visual C# пакета «Microsoft Visual Studio 2010», а основой послужила программная платформа Microsoft Silverlight 4.0 в паре с программным фреймворком Windows Communication Foundation. Silverlight – это современная платформа для создания корпоративных бизнес приложений, позволяющая реализовать удалённую работу практически с любого устройства, имеющего доступ к локальной сети университета (персональный компьютер, ноутбук, КПК, коммуникатор и т. п.). Она имеет современные технологии защиты канала связи (в том числе поддержка протокола https) и позволяет быть всегда на связи, вводить информацию студента и сотрудникам, не отвлекаясь на поиски компьютера и установку приложения. Расширив права web-приложения пользователь получает возможность формировать широкий набор отчетов, в том числе в формате стандартных документов MS Word и MS Excel.



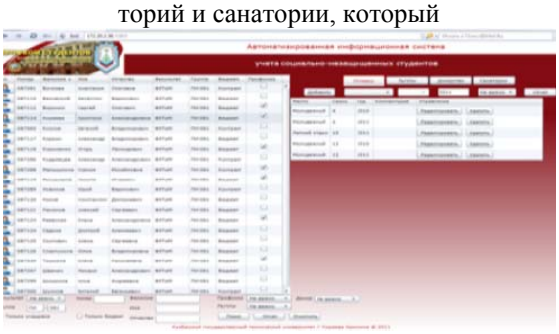
Подсистема учета регистрируемых объектов интеллектуальной собственности позволяет автоматизировать учет и обработку данных о зарегистрированных в учебном заведении объектах интеллектуальной собственности (изобретения, полезные модели и др.), а также ускорить принятие решений, касающихся научно-исследовательской работы в высшем учебном заведении. Информация, используемая в этой системе учитывается при расчёте рейтинга научно-исследовательской работы студентов.



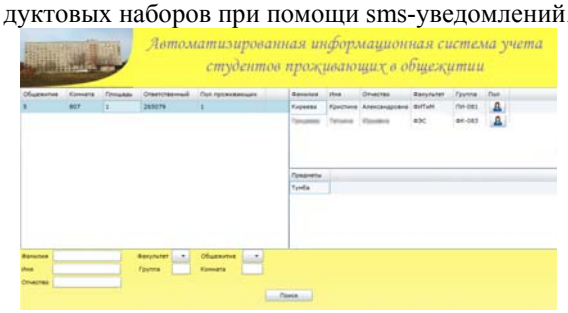
Подсистема учёта и оценки научно-исследовательской работы студентов позволит автоматизировать обширный спектр задач, связанных с работой со студентами. Особый акцент в системе сделан на студентов-научников, т. к. актуальная, достоверная и полная информация о научной работе студентов востребована более чем в 50 подразделениях КузГТУ.

В программу включена возможность вывода отчетов о деятельности студентов по факультетам и ВУЗу в целом, и вывод личных достижений конкретного студента. Для более эффективной работы в системе присутствуют широкие возможности по фильтрации информации о студентах, сортировки по баллам, возможен поиск конкретного мероприятия и отображения всех его участников. Внедрение данной информационной системы позволило бы в полной мере представлять картину, которая складывается в высшем учебном заведении в рамках основных направлений деятельности каждого из обучающегося в нем студентов, а также реально оценивать успешность его деятельности по различным аспектам.

Внедрение *подсистемы учета социально незащищенных студентов* привело к положительным результатам в работе профкома КузГТУ. Данная информационная система полностью автоматизировала процесс оформления путевок в профилакторий и санатории, который



раньше занимал огромное количество времени, и избавил профсоюзный комитет университета от непосильных очередей, а также способствовал снижению количества ошибок, допускаемых при ручном оформлении путевок. Значительно повысилась скорость формирования необходимых отчетов. Кроме того, планируется реализовать автоматизацию поиска студентов при помощи сканера штрих-кодов или магнитных считывателей, а также обеспечить возможность оповещения нуждающихся студентов о дате и времени получения продуктовых наборов при помощи sms-уведомлений.



Внедрение *подсистемы учета студентов, проживающих в общежитии КузГТУ*, позволит автоматически осуществлять заселение (выселение) студентов, производить поиск студентов по выбранному критерию, будь то персональные данные студента или номер комнаты, и последующую выгрузку результата в MS Excel для дальнейшей работы с данными. Также будет реализован алгоритм автоматического расселения первокурсников согласно их предпочтениям, свободным местам и информации о соседях. Кроме того, планируется, что в системе будет реализована опция просмотра поэтажного разреза здания, на котором будут изображены все помещения, находящиеся на каждом этаже общежития, с подробной информацией о проживающих в них людях. Это позволит наглядно осуществлять анализ заполняемости комнат общежития. Внедрение вышеперечисленных функций позволит полноценно автоматизировать большинство процессов, проходящих в общежитиях КузГТУ, упростив и ускорив работу обслуживающего персонала. Единое пространство позволит руководству ВУЗа просматривать и контролировать информацию, без необходимости составления официальных запросов в общежитие.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ЛИНЕЙНОЙ ИНТЕРВАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТНЫХ ОЦЕНОК ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Езангина Т.А.
Научный руководитель: Гайворонский С.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: eza-tanya@yandex.ru

Введение

При синтезе систем управления объектами с переменными параметрами наиболее целесообразным является критерий, оптимизация настроечных параметров по которому обеспечивает максимальную степень устойчивости систем управления.

Задачи синтеза систем управления максимальной степени устойчивости рассмотрены в работах А.М. Шубладзе и Кима Д.П.. Предложенные ими методы основаны на использовании нормированных полиномов и применении к ним достаточных условий оптимальности по степени устойчивости .

Данная работа посвящена решению задачи синтеза системы управления максимальной степени устойчивости при интервальном объекте. Под интервальным объектом понимается линейный стационарный объект, структура которого задана, а про параметры известно, что они принимают значения на некоторых фиксированных интервалах.

Задача синтеза состоит в определении параметров регулятора, при которых степень устойчивости системы (расстояние от мнимой оси до ближайшего корня характеристического уравнения) принимает максимальное значение.

Для решения поставленной задачи предлагается применить коэффициентный метод [3], основанный на использовании коэффициентов интервального характеристического полинома. Данный метод хорошо разработан для анализа стационарных систем и поэтому представляет интерес его робастное расширение.

Достаточные условия максимальной робастной степени устойчивости.

Пусть характеристический полином имеет вид:

$$F(s) = \sum_{i=1}^{n} a_i\, s^n,\ \underline{a_i} \le a_i \le \overline{a_i}\ (1)$$

В [3] предложено условие заданной степени устойчивости, которое получено на основе подстановки в многочлене (1) $s = y - \eta$. Для получения степени устойчивости $\eta \ge 0$ линейной непрерывной системы необходимо, чтобы все корни многочлена (1) лежали левее вертикальной примой, проходящей через точку (-η, j0).

Введем вспомогательные параметры λ_k, образуемые четверками рядом стоящих коэффициентов характеристического полинома

$$\lambda_m = \frac{\overline{a_{m-1}}\ \overline{a_{m+2}}}{\left(\underline{a_m} - \overline{a_{m+1}}(n-m-1)\eta\right)\left(\overline{a_{m+1}} - \overline{a_{m+2}}(n-m-2)\eta\right)}\ (2)$$

Параметры λ_m называют показателями устойчивости. Предел a_m (верхний или нижний) выбирается с учетом выполнения условия:

$$\lambda_m \to \max\ (3)$$

Утверждение. Чтобы все корни многочлена (1) лежали левее вертикальной прямой, проходящей через точку (-η, j0), $0 \le \eta < \infty$. достаточно выполнения условий

$$\begin{cases} a_k \le \overline{a}_{n+1}(n-k-1)\eta\ (6) \end{cases}$$

При η = 0 условия (6) и (7) выполняются тривиально и утверждение дает достаточное условие устойчивости.

Таким образом, синтез по критерию максимальной степени устойчивости следует проводить с учетом выполнения условия $\eta^* = max\eta_i(k), k = k_n, k_\theta\ (8)$

Достаточные условия заданной робастной степени колебательности

Склонность системы к колебаниям проявляется при наличии в решении ее характеристического уравнения комплексных корней вида $-\alpha + j\beta$. Если имеются корни характеристического уравнения, то легко определить связанный с колебательностью системы угловой сектор $\pm\varphi$, в пределах которого расположены все его корни. Однако эту характеристику системы желательно получить непосредственно по коэффициентам характеристического полинома. Согласно [3], для анализа колебательности стационарной системы на основе коэффициентного метода используют параметры:

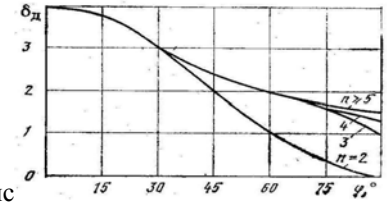
$$\delta_i = \frac{a_i^2}{a_{i-1}a_{i-2}},\ i = \overline{1, n-2}$$

Эти параметры являются безразмерными и называются показателями колебательности.

В [3] на основе δ_i получено достаточное условие заданной колебательности: для расположения корней в заданном секторе φ достаточно выполнения условий:

$$\delta_i \ge \delta_д(n, \varphi), \forall i = \overline{1, n-1}\ (9)$$

где $\delta_д$ - допустимый показатель колебательности, определяемый из рис



унка 1

Рис.1. Определение допустимого показателя колебательности

В случае наличия у системы интервальных параметров для анализа колебательности следовало бы определить всю область интервальных коэффициентов ИХП и найти для каждого δ_i его минимальное значение. Однако, решение данной задачи может быть упрощено: на основе интервального анализа предлагается проверить только следующие неравенства, образованные определенными граничными значениями интервальных коэффициентов:

$$\frac{a_i^2}{\overline{a_{i-1}}\,\overline{a_{i-2}}} > \delta_д, i = \overline{1, n-2} \quad (10)$$

где $\delta_д$ - допустимый показатель колебательности.

4.Методика синтеза ПД - регулятора

Пусть передаточная функция объекта имеет вид $W_0(s) = \frac{\quad}{\quad}$, $a_i \le a_i \le \overline{a_i}$, где b, , - заданные числа.

Требуется определить параметры пропорционально - дифференциального (ПД) регулятора $W_р(s) = k_п \cdot$ при которых замкнутая система обладает максимальной степенью устойчивости .

Характеристический полином синтезируемой системы:

$$F(s) = s^3 + a_2 s^2 + (a_1 + bk_д)s + k_п + a_0,$$

Преобразуем его к виду

$$F(y) = c_3 y^3 + c_2 y^2 + c_1 y + c_0$$

где c_3, c_2 ;

$$c_1 = a_1 + bk_д, \; c_0 = k_п -$$

Подставим данные условия в (10), где зададим допустимый показатель колебательности $\delta_д$ =1.7

$$\delta_1 = \frac{c_1^2}{\overline{c_0} \cdot \overline{c_2}} > 1.7 \Rightarrow \delta_1 = \frac{(a_1 + bk_д)^2}{(k_п + \overline{a_0}) \cdot \overline{a_2}} < 1.7$$

Отсюда выразим $k_п$ через $k_д$

$$k_п = \frac{(a_1 + bk_д)^2 - 1.7 \cdot \overline{a_0} \cdot \overline{a_2}}{1.7 \cdot b \cdot \overline{a_2}} \quad (11)$$

Воспользуемся выражениями (2) и (4) для определения $k_д$, с учетом условия (11) для c_0.

$$\lambda_{1,2} = \frac{\overline{c_0}\;\overline{c_3}}{(\underline{c_1} - \overline{c_2}\eta)(\overline{c_2})} = 0.465 \Rightarrow$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{(k_п + \overline{a_0}) \cdot 1}{(\underline{a_1} + bk_д - \overline{a_2}\eta) \cdot \overline{a_2}} = 0.465$$

Предел (верхний или нижний) c_2 определяется с учетом условия (3).

Введем обозначение :

$$A = \underline{a_2} \cdot b - \frac{1.26}{\overline{a_0}} \cdot \underline{a_2}^2$$

Предел (верхний или нижний) определяется с учетом условия (3).

Введем обозначение :

$$A = \underline{a_2} \cdot b - \frac{1.26}{\overline{a_0}} \cdot \underline{a_2}^2$$

$$B = (\underline{a_1 a_2} - \underline{a_2}^2\eta - \frac{2.53}{\overline{a_0}} \cdot \underline{a_2} \cdot b - 2.15 \cdot \underline{a_1})$$

$$C = -\frac{1.26}{\overline{a_0}} \cdot b^2 + 2.15 \cdot \underline{a_1}$$

Отсюда найдем параметр $k_д$

$$k_д = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

Максимальную степень устойчивости находим из системы условий (4)–(7)

$$\begin{cases} \underline{c_1} \le \overline{c_2}\eta \\ \underline{c_2} \le 1 \\ \underline{c_0} - \overline{c}_1\eta + 2\overline{c_2}\frac{\eta^2}{3} \ge 0 \end{cases}$$

Заключение

Методы анализа САУ объектами с переменами параметрами будут эффективны только в том случае, если без большой вычислительной и графической работы можно определять динамические свойства САУ во всем диапазоне изменения параметров объекта управления и влияние на эти свойства выбираемых параметров регулятора. Для этой цели наилучшим образом подходят коэффициентные методы, когда качество САУ оцениваются по коэффициентам передаточной функции без построения переходных процессов. В работе получены достаточные условия робастного качества (максимальной степени устойчивости и заданной степени колебательности), определяемые по коэффициентам интервального характеристического полинома. На основе этих условий разработана методика параметрического синтеза ПД-регулятора.

Список литературы:

1. Гусев Ю.М., Ефанов В.Н., Крымский В.Г., Рутковский В.Ю. Анализ и синтез линейных интервальных динамических систем (состояние проблемы). Анализ с использованием интервальных характеристических полиномов // Изв. АН СССР Техн. кибернетика.1991.№ 1.

2. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление: М.: Наука, 2002

Б.Н.Петров, Н.И.Сокоов, А.В. Липатов Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза: М.:Машиностраение, 1986.- 256с.

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕТИ PROFIBUS КОНТРОЛЛЕРОВ SIMATIC S7

Ершов А. Ю.
Научный руководитель: Скороспешкин В.Н. к.т.н, доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
E-mail: alexeyworking@mail.ru

Контроллеры SIMATIC S7 широко используются для автоматизации предприятий пищевой, текстильной, металлообрабатывающей промышленности. Контроллеры SIEMENS заслужили очень большую популярность в автоматизации по всему миру - это оборудование розлива, оборудование выдува ПЭТ, станки по обработке металла различных размеров и набора функций.

Преимущества контроллеров в автоматизации - это относительно малое занимаемое пространство, удобство использования благодаря большинству встроенных функций и конечно же, легкость автоматизации производства и переналадка оборудования. По скорости и оперативности работы контроллеры не уступают современным компьютерам, хотя в последнее время компьютеры значительно вырвались вперед, но для автоматизации большие скорости для контроллера не нужны.

В настоящее время в производствах используется большое количество контроллеров, между которыми необходимо быстрое и качественное взаимодействие и решением этой проблемы явилась промышленная сеть PROFIBUS. PROFIBUS CP для процессоров SIMATIC S7 предоставляет серию коммуникационных служб для различных заданий. PROFIBUS это сеть для цеховых и полевых областей в открытой, гетерогенной коммуникационной системе SIMATIC NET. Физически, PROFIBUS это электрическая сеть на основе экранированной витой пары или оптическая сеть на основе оптоволоконного кабеля. PROFIBUS сеть соответствует европейскому стандарту PROFIBUS EN 50170 часть 2 для процессов и полевых шин.

Основной тип связи, используемый в данной работе, PROFIBUS DP (соответствует EN 50170 часть 2 , DP мастер или DP ведомое устройство) Распределенная периферия I/O (DP) позволит Вам использовать большое количество аналоговых и цифровых модулей ввода/вывода в процессах с распределенной конфигурацией.

Архитектура протоколов PROFIBUS ориентирована на уже установленные национальные и международные нормы. Так, архитектура протоколов базируется на модели OSI (Open System Interconnection).

S7 соединение основано на S7 функциях следующим образом:

- на MPI, локальное соединение SIMATIC S7 PLC;
- на PROFIBUS CP работает как «S7 communications relay (реле связи)» которое связывает S7 функции через PROFIBUS.

PROFIBUS CP поддерживает S7 соединение на PROFIBUS для следующего оборудования:

- программатора с пакетом STEP 7 для программирования, конфигурирование и диагностика с SIMATIC S7 PLC;
- PC приложения с PROFIBUS CP и интерфейс для SIMATIC S7 PLC для работы, управления и наблюдения;
- системы операторского интерфейса (TD/OP) соединенные с SIMATIC S7 PLC.

Изучение сети PROFIBUS осуществляется на лабораторном стенде, содержащем распределенные контроллеры серий S7-300 и S7-400, а также две дополнительные станции ET200. Схема лабораторной установки приведена на рисунке 1.

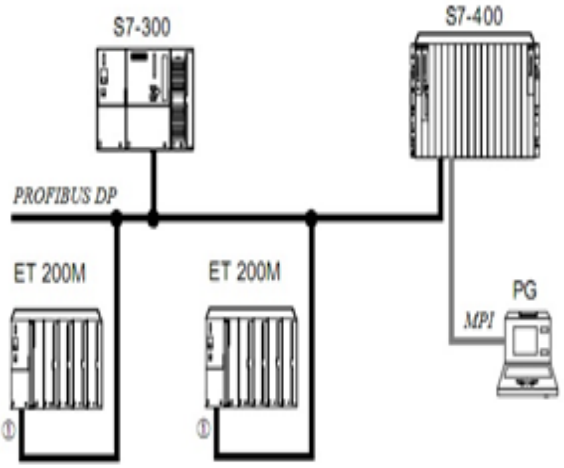


Рисунок 1. Схема лабораторной установки

Каждый контроллер подсоединен к общей шине данных PROFIBUS, что позволяет обеспечивать независимую работу объектов сети. Контроллер S7-400 CPU 414-2 работает под управлением программатора (персонального компьютера), для программирования контроллеров, конфигурации оборудования, адресации объектов внутри сети и их взаимодействия друг с другом. Информационная связь программатора с контроллером осуществляется через локальную сеть MPI.

В ходе проделанной работы была создана конфигурация оборудования для обеспечения работы системы, состоящей из:

- контроллера SIMATIC S7-300 (CPU 314C-2 DP);
- контроллера SIMATIC S7-400 (CPU 414-2);
- двух станции ET 200M с интерфейсным модулем IM 153-2.

Конфигурация оборудования, созданная в HW Config, представлена на рисунке 2.

Рисунок 2. Конфигурация оборудования

После подготовки конфигурации оборудования, заданы параметры сети, адресация объектов и их взаимодействие друг с другом. DP станции с PROFIBUS в S7 могут работать в одном или двух следующих режимах:

- DP мастера PROFIBUS DP, позволяющего присоединять все PROFIBUS DP станции. PROFIBUS CP после этого работает как DP мастер;
- DP ведомого устройство С PROFIBUS CP функционированием как ведомое устройство, в этом случае станции SIMATIC могут работать как интеллектуальное ведомые устройства, например, в системе управления SIMATIC S5 или с разным DP мастером.

Наглядное представление созданной сети, разработанное в программе NetPro , представлено на рисунке 3.

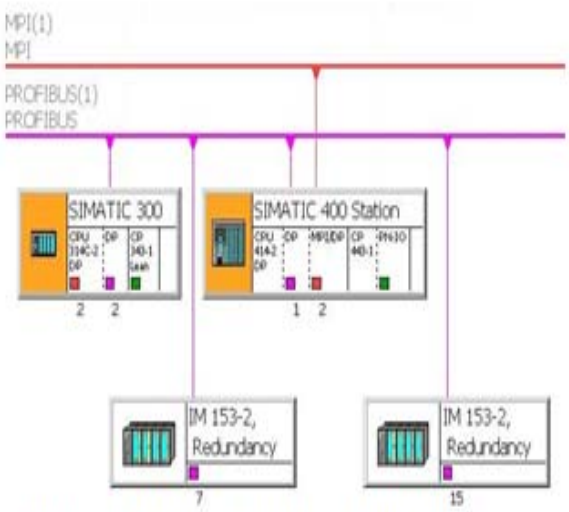


Рисунок 3. Схема сети в программе NetPro

В данной работе, на основе созданной конфигурации рабочей промышленной сети, открываются большие возможности для реализации различного рода задач и проектов в области автоматизации.

Данная конфигурация позволяет изучить:

- принципы работы промышленных сетей;
- виды топологии сетей и их рациональное использование;
- методы и технологии обмена данными;
- управление доступом к шине в PROFIBUS – метод Master-Slave;
- системные свойства DP-интерфейса;
- программирование и проектирование PROFIBUS-DP с помощью STEP 7;
- Функции диагностики для PROFIBUS-DP.

В ходе работы были разработано программно-методическое обеспечение для изучения промышленных сетей PROFIBUS, в которых рассмотрены различные примеры решения задач автоматизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Романов, В.П. Основы языка программирования STEP 7 и базового программного обеспечения промышленных контроллеров SIEMENS: учебно-методическое пособие: Новокузнецк, 2009.
2. Siemens AG. Сети SIMATIC NET PROFIBUS-DP: руководство: Siemens AG, 2001.

МЕТОД ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТА ПРИЕМА ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Жукова М. С.
Научный руководитель: Степанов Д.Ю., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: semekaju@mail.ru

Вертикальное сейсмическое профилирование является разновидностью скважинной сейсморазведки, при проведении которой источники сейсмических волн располагаются на поверхности, а приёмники помещаются в пробуренную скважину. Среди основных задач ВСП отмечают задачи оценки скоростных характеристик исследуемой среды, исследования околоскважинного пространства, прогноза вещественного состава пород [1]. Система наблюдений ВСП состоит из пунктов приема (ПП) и пункта возбуждения (ПВ). Пункты приема располагаются в скважине на глубинах h_1, h_2, ..., h_n. Пункт взрыва выносят на расстояние L от каротируемой скважины и закладывают в неглубокую скважину. Строго вертикальных скважин нет — все имеют некоторую кривизну, отклонение от вертикали (рис. 1.).

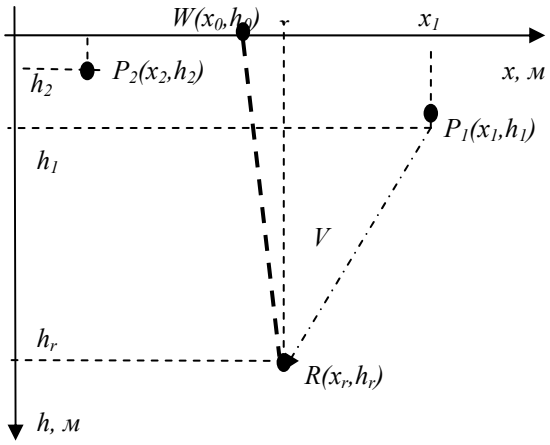


Рис. 1. Схема проведения ВСП с отклоненным ПП

Примечание: P_1, P_2 – пункты взрыва, R – пункт приема, W – устье скважины.

Искривление стволов скважины необходимо измерять. Для этого используют инклинометры дискретного и непрерывного действия, позволяющие измерять отклонение ствола скважины от вертикали (в вертикальной плоскости) и искривление по азимуту (угол между вертикальной плоскостью, в которой лежит ось искривленного ствола, и вертикальной плоскостью, проходящей через северное окончание магнитной стрелки). Они позволяют измерять кривизну скважины до 50°. [gazneftnet.ru] Однако, существующие инклинометры дают недопустимые погрешности. Так, например, инклинометр ИОН-1 не позволяет учитывать отклонения скважины от вертикали менее чем на 3 градуса [2]. Таким образом, если в каком-либо месте скважина отклонилась на 2 градуса, через 1000 м будем иметь отклонение почти в 35 м, что приводит к ошибкам построения скоростного закона, определения состава слоев среды, а так же к высокой погрешности определения места положения полезных ископаемых. За основу разрабатываемого метода примем данные ВСП.

Рассмотрим первый слой однородной среды, в которой проводились наблюдения методом ВСП (рис. 1.). Пусть имеется два пункта взрыва (ПВ) и один пункт приема (ПП). Координаты устья скважины и пунктов взрыва считаем известными. Примем во внимание нерастяжимость троса, на котором опускают зонд – это указывает на то, что расстояние между устьем скважины и ПП остается постоянным. Требуется оценить положение ПП по данным наблюдений методом ВСП.

Разместим пункты взрывов (P_1, P_2) и пункт приема (R) с неизвестными координатами (x_r, h_r) в плоскости xOh. Точка $W(x_0,h_0)$, является устьем скважины (рис.1). Так как скорость волн со всех ПВ одинакова (V), так как рассматриваемая среда – однородная. Время прихода волны с каждого ПВ в пункт приема R известно (t_1,t_2), следовательно, имеют место следующие выражения: $t_1 = \frac{S_1}{V}$, $t_2 = \frac{S_2}{V}$, где V - скорость волны, S_i – расстояние от i – того пункта взрыва до пункта приема $S_i = \sqrt{(x_i - x_r)^2 + (h_i - h_r)^2}$. Учитывая, что расстояние между точками W и R известно (длина троса не изменяется), запишем следующее уравнение: $\Delta h = \sqrt{(x_0 - x_r)^2 + (h_0 - h_r)^2}$.Объединяя полученные выражения в систему, получим:

$$\begin{cases} t_1 = \dfrac{\sqrt{(x_1 - x_r)^2 + (h_1 - h_r)^2}}{V}, \\ t_2 = \dfrac{\sqrt{(x_2 - x_r)^2 + (h_2 - h_r)^2}}{V}, \\ \Delta h = \sqrt{(x_0 - x_r)^2 + (h_0 - h_r)^2}. \end{cases} \quad (1)$$

В системе (1) левые и правые части всех уравнений возведем в квадрат и перепишем её в виде системы (2).

$$\begin{cases} (x_1 - x_r)^2 + (h_1 - h_r)^2 = t_1^2 V^2, \\ (x_2 - x_r)^2 + (h_2 - h_r)^2 = t_2^2 V^2, \\ (x_0 - x_r)^2 + (h_0 - h_r)^2 = \Delta h^2. \end{cases} \quad (2)$$

Уравнения системы (2) описывают окружности с центрами в точках с координатами (x_1, h_1), $(x_2,$

h_2), (x_0, h_0) и радиусами, величиной t_1V, t_2V и Δh соответственно. Обозначим эти окружности O_1, O_2 и O_0. Очевидно, что система (2) имеет единственное решение тогда и только тогда, когда все три окружности пересекаются в одной точке. Однако три окружности могут иметь от 0 до 6 точек пересечения попарно.

Для решения системы (2), воспользуемся преобразованием: вычтем уравнение окружности O_0 из двух других:

$$\begin{cases} -2x_r(x_2-x_0) - 2h_r(h_2-h_0) = \\ = t_2^2V^2 - \Delta h^2 - x_2^2 + x_0^2 + h_2^2 + h_0^2, \\ -2x_r(x_1-x_0) - 2h_r(h_1-h_0) = \\ = t_1^2V^2 - \Delta h^2 - x_1^2 + x_0^2 - h_1^2 + h_0^2. \end{cases} \quad (3)$$

Решим систему относительно переменных x_r и h_r в матричном виде, обозначив матрицу системы:

$A = -2 \cdot \begin{pmatrix} x_1 - x_0 & h_1 - h_0 \\ x_2 - x_0 & h_2 - h_0 \end{pmatrix}$, вектор свободных переменных: $B = \begin{pmatrix} t_1^2V^2 - \Delta h^2 - x_1^2 + x_0^2 - h_1^2 + h_0^2 \\ t_2^2V^2 - \Delta h^2 - x_2^2 + x_0^2 - h_2^2 + h_0^2 \end{pmatrix}$.

Решая уравнение

$$\begin{pmatrix} x_r \\ h_r \end{pmatrix} = A^{-1} \cdot B, \quad (4)$$

получим функции зависимости координат ПП от квадрата скорости:

$$x_r = \frac{(h_2-h_0)\cdot(t_1^2V^2 - \Delta h^2 - x_1^2 + x_0^2 - h_1^2 + h_0^2)}{2h_1x_2 - 2h_2x_1 - 2h_1x_0 + 2h_0x_1 + 2h_2x_0 - 2h_0x_2} -$$
$$- \frac{(h_1-h_0)\cdot(t_1^2V^2 - \Delta h^2 - x_1^2 + x_0^2 - h_1^2 + h_0^2)}{2h_1x_2 - 2h_2x_1 - 2h_1x_0 + 2h_0x_1 + 2h_2x_0 - 2h_0x_2}, \quad (5)$$
$$h_r = \frac{(x_1-x_0)\cdot(t_1^2V^2 - \Delta h^2 - x_1^2 + x_0^2 - h_1^2 + h_0^2)}{2h_1x_2 - 2h_2x_1 - 2h_1x_0 + 2h_0x_1 + 2h_2x_0 - 2h_0x_2} -$$
$$- \frac{(x_2-x_0)\cdot(t_1^2V^2 - \Delta h^2 - x_1^2 + x_0^2 - h_1^2 + h_0^2)}{2h_1x_2 - 2h_2x_1 - 2h_1x_0 + 2h_0x_1 + 2h_2x_0 - 2h_0x_2},$$

Подставим выражения (5) в уравнения окружности O_0, получим биквадратное уравнение относительно V.:

$$(x_0 - K_1 \cdot V^2 - N_1)^2 + (h_0 - K_2 \cdot V^2 - N_2)^2 = \Delta h^2, \quad (6)$$

где:

$$K_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 x_r}{\partial V^2} = \frac{(h_2-h_0)\cdot t_1^2 - (h_2-h_0)\cdot t_2^2}{2h_1x_2 - 2h_2x_1 - 2h_1x_0 + 2h_0x_1 + 2h_2x_0 - 2h_0x_2}, \quad (7)$$

$$N_1 = x_r - K_1V^2 =$$
$$= -\frac{\Delta h^2h_2 - \Delta h^2h_1 + h_1^2h_2 - h_1^2h_0 - h_1h_2^2 + h_1h_0^2}{2\cdot(h_1x_2 - h_2x_1 - h_1x_0 + h_0x_1 + h_2x_0 - h_0x_2)} +$$
$$+ \frac{-h_1x_2^2 + h_1x_0^2 + h_2^2h_0 - h_0^2h_2}{2(h_1x_2 - h_2x_1 - h_1x_0 + h_0x_1 + h_2x_0 - h_0x_2)} + \quad (8)$$
$$+ \frac{h_2x_1^2 - h_2x_0^2 - h_0x_1^2 + h_0x_2^2}{2(h_1x_2 - h_2x_1 - h_1x_0 + h_0x_1 + h_2x_0 - h_0x_2)},$$

$$K_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 h_r}{\partial V^2} = \frac{(x_1-x_0)\cdot t_2^2 - (x_2-x_0)\cdot t_1^2}{2h_1x_2 - 2h_2x_1 - 2h_1x_0 + 2h_0x_1 + 2h_2x_0 - 2h_0x_2}, \quad (9)$$

$$N_2 = h_r - K_2 \cdot V^2 =$$
$$= -\frac{\Delta h^2 \cdot x_2 - \Delta h^2 \cdot x_1 + h_1^2 \cdot x_2 - h_1^2 \cdot x_0}{2\cdot(h_1 \cdot x_2 - h_2 \cdot x_1 - h_1 \cdot x_0 + h_0 \cdot x_1 + h_2 \cdot x_0 - h_0 \cdot x_2)} +$$
$$+ \frac{-x_1 \cdot h_2^2 + x_0 \cdot h_2^2 - x_2 \cdot h_0^2 + x_2 \cdot x_1^2 - x_1^2 \cdot x_0}{2\cdot(h_1 \cdot x_2 - h_2 \cdot x_1 - h_1 \cdot x_0 + h_0 \cdot x_1 + h_2 \cdot x_0 - h_0 \cdot x_2)} + \quad (10)$$
$$+ \frac{x_0^2 \cdot x_1 + x_0 \cdot x_2^2 - x_2 \cdot x_0^2 - x_1 \cdot x_2^2}{2\cdot(h_1 \cdot x_2 - h_2 \cdot x_1 - h_1 \cdot x_0 + h_0 \cdot x_1 + h_2 \cdot x_0 - h_0 \cdot x_2)},$$

Так как параметр V>0, то решение (6) описывается выражением (11) (отрицательные решения не принимаются во внимание). Если (11) дает два положительных действительных решения, то, верным является единственное, при подстановке которого в выражения (5), получим $h_r > h_r$.

$$V_{1,2} = \sqrt{\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\cdot a\cdot c}}{2\cdot a}}, \quad (11)$$

где:

$a = K_1^2 + K_2^2$, $b = -2\cdot(K_1\cdot(x_0 - N_1) + K_2\cdot(h_0 - N_2))$,

$c = (x_0 - N_1)^2 + (h_0 - N_2)^2 - \Delta h^2$.

Предложенный метод оценки положения ПП по данным ВСП позволяет оценить не только координаты ПП, но и скорость распространения волны в среде.

Список использованной литературы:

1. Боганик Г.Н., Гурвич И.И.. Сейсморазведка. Учебник для ВУЗов. Тверь, АИС, 2006.- 744с.
2. Гальперин Е. И. Вертикальное сейсмическое профилирование: опыт и результаты. – М., Наука, 1994. – 320с.
3. Гальперин Е. И. Вертикальное сейсмическое профилирование. 2-е изд., доп. и перераб. М., Недра, 1982.-344с.
4. Жукова М. С. Principle of optimization methods for velocity law estimating with the help of vertical seismic profiling data. Сборник трудов XVI международной научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» - Томск, 2010г.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЛЬНЫХ БИЕНИЙ РОТОРОВ

Зайцев Е. С.
Научный руководитель: Астафуров В. Г., д.ф.-м.н, профессор.
ОАО «Производственное объединение «Электрохимический завод»,
663690, Россия, Красноярский край, г. Зеленогорск, ул. Первая промышленная, 1
E-mail: taifun@ecp.ru

Радиальное биение (РБ) характеризует колебание ротора в плоскости, перпендикулярной оси вращения. Колебания возникают вследствие наличия дисбаланса масс ротора и воздействия резонансных эффектов, происходящих в машине [1]. Информация о РБ может использоваться для диагностики технического состояния роторного оборудования с целью предупреждения аварийных ситуаций и оптимизации производства.

Для измерения РБ определенного типа машин используют входящие в их состав датчики вращения (ДВ). Анализ сигнала с датчика позволяет по специальным методикам установить величину биения [2, 3]. Измерения выполняют с помощью переносных приборов, использование которых является эпизодическим, часто трудоемким процессом. Поэтому актуальной является задача разработки автоматизированной системы измерения биений (АСИБ), позволяющей оперативно контролировать большие объемы оборудования. Создание указанной системы является целью проводимой работы.

В качестве базы для разработки АСИБ выбрана функционирующая на предприятии автоматизированная система контроля частоты вращения оборудования. Данная система охватывает весь объем машин и в процессе своей работы выполняет измерения параметров сигналов с ДВ. Результаты измерений могут использоваться для определения РБ роторов. Укрупненная структурная схема базовой системы показана на рис. 1. Контроллер синхронизма (КС) выполняет измерение параметров сигналов с ДВ, последовательно подключаемых к его входу группой агрегатных коммутаторов (АК). Контроллер верхнего уровня (КВУ) обеспечивает прием информации от КС по локальной вычислительной сети (ЛВС), её централизованное хранение, обработку и представление технологическому персоналу.

Изучение аппаратного обеспечения КС показало, что он позволяет выполнять измерение длительностей периодов сигналов с ДВ с точностью, достаточной для определения РБ. В качестве метода расчета РБ решено использовать метод согласования позиционно-временных зависимостей (СПВЗ), обеспечивающий хорошее совпадение результатов с эталонным оптическим способом измерения [3].

Штатные линии связи и АК вносят искажения в сигнал с ДВ, что приводит к существенным ошибкам в результатах расчета РБ. Для снижения влияния АК на результаты измерения разработана модификация метода СПВЗ, обеспечивающая исключение из расчета части периодов сигнала, наиболее подверженных искажению при прохождении цепей коммутации [3]. Модифицированный метод получил обозначение СПВЗ-И. Проверка нового метода в соответствии с подходом, представленным в статье [3], показала, что результаты СПВЗ-И соответствуют результатам эталонного оптического способа измерения биений.

Рис. 1. Структурная схема системы контроля частоты вращения оборудования

Для расчета РБ по методу СПВЗ-И необходимо последовательное измерение длительностей отдельных периодов сигнала с ДВ. Изучение программного обеспечения (ПО) КС показало, что такие измерения не реализованы, несмотря на наличие соответствующих аппаратных возможностей. С целью обеспечения последовательного измерения периодов, выполнена доработка ПО КС, добавлены новые команды управления контроллером по сети.

Первоначально предполагалось, что расчет РБ будет производиться в КВУ. Для реализации этого необходимо передавать по ЛВС результаты измерений отдельных длительностей периодов сигнала с ДВ каждой машины. Учитывая объемы контролируемого оборудования, поток передаваемых данных становится существенным, что значительно снижает быстродействие АСИБ. В то же время, выполнение расчетов биений непосредственно в КС позволяет снизить количество данных, передаваемых по сети, на порядок. Но при этом возникает проблема недостатка вычислительных мощностей в силу того, что метод СПВЗ-И использует численные методы теории нелинейной оптимизации [3]. Так как КС построен на базе микропроцессора с малым быстродействием, использование численных методов приводит к большим временным задержкам, неприемлемым в плане оперативного контроля состояния оборудования. Для выполнения расчетов биений в КС необходимо произвести упрощение метода СПВЗ-И или заменить

его на другой, возможно менее точный, но более быстрый метод расчета.

С целью упрощения вычислений проведен анализ метода СПВЗ и модели, положенной в его основу, с учетом особенностей используемых ДВ. В результате разработан метод средней точки линейный (СТЛ), использующий упрощенные соотношения исходной модели метода СПВЗ. Получен также модифицированный вариант метода для измерения биений через АК, получивший обозначение СТЛ-И. Сравнительные испытания методов СПВЗ-И и СТЛ-И на контрольной группе машин показали, что отличие результатов между методами не превышает 0,9%. При этом за счет использования линейных аналитических зависимостей, метод СТЛ-И обеспечивает скорость выполнения расчетов в несколько раз выше, чем метод СПВЗ-И.

Метод СТЛ-И внедрен в ПО контроллеров для расчета биений непосредственно в КС. В настоящее время выполняется окончательная доработка и тестирование модернизированного ПО. Внедрение АСИБ на базе КС будет выполнено после соответствующего изменения ПО КВУ, необходимого для использования нового функционала КС. До проведения модернизации КВУ для работы системы может использоваться выделенный ПК, подключаемый к сети через адаптер связи и взаимодействующий с КС посредством специально разработанного прикладного ПО.

Для проверки возможностей системы на базе КС проведены сравнительные измерения биений большого числа машин по методу СТЛ-И. В качестве опорного измерителя использовался переносной прибор, подключаемый напрямую к ДВ оборудования минуя АК. Данные экспериментов представлены на рис. 2 в виде зависимостей результатов измерений непосредственно с ДВ $A_{ДВ}$ от результатов измерений с помощью КС $A_{КС}$. Значения биений приведены в условных единицах (у.е.). Анализ полученных данных показал, что среднее квадратичное отклонение (СКО) $A_{ДВ}$ от $A_{КС}$ составляет 0,085 у.е, что соответствует 11% от средней величины биения машин, участвовавших в эксперименте. Таким образом, достигнута приемлемая точность измерения РБ через штатные линии коммутации ДВ. Для получения большей точности необходимо осуществлять доработку АК, что приводит к существенным затратам на модернизацию, или использовать

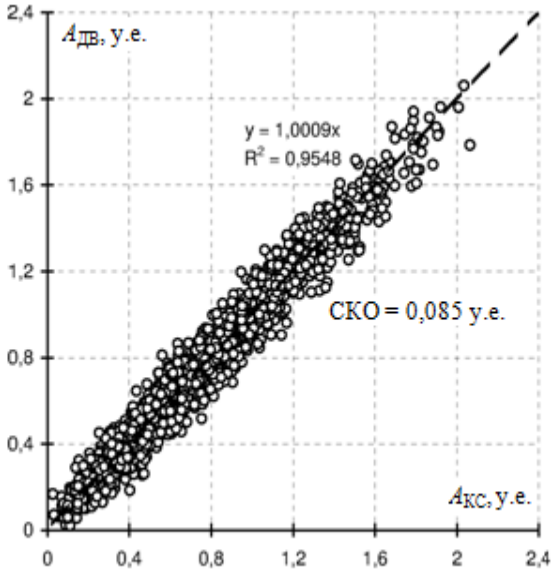


Рис. 2. Результаты измерения радиальных биений роторов по методу СТЛ-И

уточняющие измерения с помощью переносных приборов. В последнем случае измерения с помощью КС позволят централизовано выявить машины, требующие более тщательного изучения.

В результате работы предложена автоматизированная система измерения радиальных биений роторов, построенная на базе штатной системы контроля частоты вращения оборудования. Система позволяет централизованно осуществлять измерения биений большого числа машин и использовать полученные данные для диагностики состояния оборудования. Функция измерения биений реализована путем внесения изменений в программное обеспечение контроллеров верхнего и нижнего уровня без изменения аппаратных средств. Таким образом, достигнута минимальная стоимость создания системы и наилучшие условия для её внедрения. Сохранены все возможности базовой системы по контролю частоты вращения оборудования, измерению дополнительных параметров, аварийной сигнализации и связи.

Список литературы:

1. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин. – М.: Машиностроение, 1999. – 344 с.
2. Способ определения параметров колебаний вращающегося ротора: пат. 2180435 Рос. Федерация. Заявл. 05.11.99; опубл. 10.03.02, Бюл. № 7. – 7 с.
3. Зайцев Е.С., Домненко А.И. Контроль биений горловин роторов газовых центрифуг с использованием штатных датчиков вращения // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2011. – № 5. – С. 56–60.

СИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ НА ОСНОВЕ ДЕРЕВЬЕВ И/ИЛИ

Зорин Ю.А.
Научный руководитель: В.В. Кручинин, д.т.н., доцент
ФГБОУ ВПО "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники"
E-mail: zua@2i.tusur.ru

Компьютерное тестирование активно внедрено в образовательные сферы человеческой деятельности. С точки зрения эффективности тестовых заданий можно сказать, что тестовое задание должно соответствовать по трудности заданий уровню подготовленности испытуемых. Задача создания эффективного тестового задания ложится на плечи педагога. Зачастую большинство времени на создание заданий для теста тратится на формирование формата, подходящего для той или иной системы компьютерного тестирования, для которого он предназначен, а также на создание однотипных заданий с целью индивидуализации теста для каждого тестируемого. Одним из возможных решений задачи сокращения времени на разработку тестовых вопросов является создание инструментального средства, позволяющего решать спектр задач по написанию, генерации и формированию банка тестовых заданий для различных систем тестирования.

Метод построения алгоритмов генерации, предложенный Кручининым В.В., основанный на использовании деревьев И/ИЛИ, позволяет представить любое комбинаторное множество (в данном случае тестовое задание) в виде древовидной структуры И/ИЛИ [1]. На рис. 1 представлено описание примитивного тестового задания по математике.

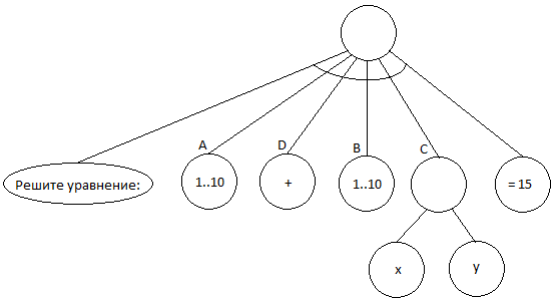


Рисунок 1 – Описание тестового задания в виде дерева И/ИЛИ

Именованные ветви A и B имеют по 10 различных представлений, в данном случае это числа от 1 до 10, а ветвь C – 2 варианта: X или У.

Описанная задача имеет 200 различных представлений. Приведем описание некоторых из них:

- Решите уравнение: 5 + 4x = 15
- Решите уравнение: 8 + 1x = 15
- Решите уравнение: 10 + 2y = 15

Таким образом, одну задачу, описав в виде древовидной структуры И/ИЛИ, можно представить в больших количествах вариантах представления. Решением данной задачи будет является значение, вычисляемого по формуле C=(15-A)/B, где A, B и C – варианты представления соответствующих именованных ветвей. К примеру, для варианта «Решите уравнение: 5 + 4x = 15», ответом будет являться значение, вычисляемое по следующей формуле:

X=(15-5)/4.

Рассмотрим ветвь D. Она представлена в одном варианте в виде знака «+». Представим, что ветвь D имеет два ИЛИ-варианта представления, первый вариант символ «+», а второй – «-» (рис. 2).

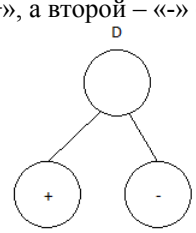


Рисунок 2 – Представление ветви D

В данном случае задача будет иметь уже 400 вариантов представления. Однако, в случае выбора в ветви D знака «+», решение данной задачи будет являться формула C=(15-A)/B , при знаке «-» – C=(15-A)/-B . То есть решение данной задачи также можно представить в виде дерева И/ИЛИ (рис. 3).

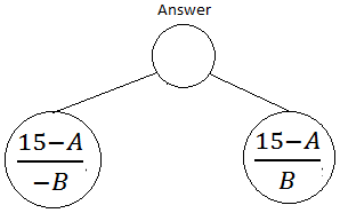


Рисунок 3 – Ветвь дерева И/ИЛИ с вариантами ответа

Если рассматривать способы описания деревьев И/ИЛИ, то для данной цели подходят большинство языком программирования (FORTRAN, C, C++, Pascal). Однако, большим недостатком существующих языков является отсутствие готовых инструментальных средств для решения конкретных задач, связанных с генерацией комбинаторных множеств на основе деревьев И/ИЛИ. С точки зрения удобства и быстроты разработки тестовых заданий, необходим специализированный язык, который позволяет решать подобные задачи.

В 2010 году Титков А.В. разработал язык программирования GIL – Generation and Identification Language (язык генерации и нумерации), предназначенный для разработки алгоритмов генерации и нумерации комбинаторных объектов, основанный на использовании деревьев И/ИЛИ и их рекурсивных композиций. Однако, это самостоятельный язык программирования, а также набор библиотек для программиста. Таким образом, синтаксис языка GIL взят за основу создания инструментального

средства разработки тестовых заданий, пользоваться которым может педагогическое сообщество.

Для записи деревьев И/ИЛИ предлагается использовать скобочную нотацию: круглыми скобками обозначаются И-узлы, фигурными – ИЛИ-узлы, узлы без скобок являются листами. Узлы дерева могут быть именованными и неименованными. Именованные – это те узлы, у которых есть идентификатор, неименованные – те, у которых идентификатора нет. Идентификатор узла является атомом и может представлен двумя типами: строкой или числом. Идентификатор может состоять из любого набора символов, исключая зарезервированные символы и знак пробела[2].

Задание, представленное на рис. 1 в виде дерева И/ИЛИ на языке GIL, выглядит следующим образом:

(“Решите уравнение: ”, A{1..10}, D(“ + ”), B{1..10}, C{“ x ”, “ y ”}, “ = 15”)

В случае появления в ветви D знака минус, и появления второго варианта решения данной задачи, описание будет выглядеть другим образом:

(“Решите уравнение: ”, A{1..10}, D{“ + ”, “-”}, B{1..10}, C{“ x ”, “ y ”}, “ = 15”, #Answer{D[0]((15-A[])/B[]), D[1](15-A[])/-B[])})

Рассмотрим именованную ИЛИ-ветвь Answer. D[0] означает, что ветвь обозначенная этим символом будет использована в генерации ветви Answer в том случае, если в ветви D выбран первый вариант, то есть символ плюс, соответственно, D[1] означает условие выбора второго варианта (знак минус). Если индекс не указан (A[], B[]), то данный указатель заменяется текущим выбранным вариантом на данном шаге генерации. Символ решетки (“#”) означает, что при выводе, либо проведении различных операций над родительскими ветвями, данное именованное дерево участвовать в них не будет.

На сегодняшний день существует большое количество систем тестирования, предоставляющие интерфейс отображения, ввода и оценивания тестовых заданий для испытуемого. Как и любое программное обеспечение, все они отличаются между собой пользовательским интерфейсом, степенью защищенности, быстротой обработки данных, поддержкой различных форматов импорта/экспорта. Так, например, система дистанционного обучения Moodle поддерживает более пяти различных форматом импорта тестовых заданий (IMS, MoodleXML, Aiken, Blackboard, GIFT и др.), не учитывая возможности разработки поддержки дополнительных форматов импорта. Таким образом, система генерации тестовых заданий должна предоставлять не только набор возможностей по генерации тестовых заданий, но также, иметь средства, позволяющих их экспортировать в необходимый формат, для дальнейшего импорта готового тестового задания в систему тестирования. Пример создания тестового задания в формате IMS QTI:

Theme1(“Решите уравнение: ”, A{1..10}, D{“ + ”, “-”}, B{1..10}, C{“ x ”, “ y ”}, “ = 15”, Answer1{D[0]((15-A[])/B[]), D[1](15-A[])/-B[])})

Theme2(“Решите уравнение: ”, A{10..20}, D{“ + ”, “-”}, B{10..20}, C{“ a ”, “ b ”}, “ = 15”, Answer2{D[0]((15-A[])/B[]), D[1](15-A[])/-B[])})

createTestIMS((Theme1, Theme2), (1,1), (Answer1, Answer2))

Применение деревьев И/ИЛИ для представления тестовых заданий определенной предметной области позволяет формировать различные алгоритмы генерации вопросов. Предложенная система генерации тестовых заданий проходит апробацию в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники, в качестве инструмента для создания контрольных и экзаменационных работ для студентов дистанционной формы обучения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кручинин В.В. Методы построения алгоритмов генерации и нумерации комбинаторных объектов на основе деревьев И/ИЛИ. / Томск: «В-Спектр», 2007. – 200 с.
2. Титков А.В. Система построения генераторов комбинаторных множеств на основе деревьев И/ИЛИ./Томск: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2010. – 109 с.
3. Кручинин В.В. Методы, алгоритмы и программное обеспечение комбинаторной генерации/Томск: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 2010. – 394 с.

СТРУКТУРА ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЙ

Иванков П.И.
Научный руководитель: Соколова В.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: band1khatake@tpu.ru

В настоящее время мобильные приложения используются практически во всех сферах деятельности человека: бизнес, туризм, развлечения и коммуникации. Мобильные приложения представляют собой компьютерные программы, созданные для мобильных телефонов, смартфонов или коммуникаторов.[1] Для разработки мобильных приложений используются специальные платформы, такие как iOS, Windows Phone, Symbian, Android. Одной из перспективных платформ является Google Android, поскольку она предоставляет возможность разработки приложений на любой операционной системе, является открытой платформой, обладает богатыми возможностями по созданию интерфейса. Так же первая версия Android была разработана в 2008 году, но уже превзошла такие платформы как iOS и BlackBerry на мировых рынках.[2][3] В связи с вышесказанным разработка мобильных приложений для данной платформы является актуальной и перспективной.

Структура Android-приложения включает четыре основных компонента, которые можно сочетать друг с другом – Activity, Service, Broadcast Receiver и Content Provider. Информация о том, какие из этих компонентов используются в конкретном приложении, хранится в специальном файле – AndroidManifest.xml.

Благодаря такой структуре, приложение может использовать элементы другого приложения, что позволяет экономить ресурсы. Например, если приложению необходимо использовать калькулятор, а другое приложение уже имеет подходящий, его можно вызвать вместо разработки собственного.

Чтобы обеспечить возможность использования компонентов других приложений, система Android должна быть в состоянии запустить процесс для приложения, в котором находится требуемый компонент, и инициализировать нужные ей объекты. Поэтому, в отличие от приложений других систем, у приложений Android нет единой точки входа для запуска всего приложения.[1]

«Activity» представляет собой визуальный интерфейс для выполнения одной задачи пользователя. Например, приложения для передачи текстовых сообщений могут иметь одну «Activity» для показа списка контактов, вторую «Activity» для редактирования сообщения и другие «деятельности» для просмотра старых сообщений или изменения настроек. Все эти «деятельности» формируют единый пользовательский интерфейс, но не зависят друг от друга. Каждое из них реализовано в виде подкласса базового класса Activity.

Операционная система контролирует жизненный цикл приложения. «Activity» может находиться в одном из трех состояний [1]:

- Активно (active) – находится на переднем плане экрана мобильного устройства и может взаимодействовать с пользователем.
- Приостановлено (paused) – приложение потеряло фокус, но всё ещё доступно пользователю. Сверху находится другое «Activity», которое или прозрачно или закрывает не весь экран. Приостановленное «Activity» может быть уничтожено системой в случае нехватки памяти.
- Остановлено (stopped) – полностью перекрыто другим «Activity». Оно больше не видно пользователю и будет уничтожено системой, когда понадобится память.

Если «Activity» приостановлено или остановлено, система может удалить его из памяти, либо отправит запрос на его завершение или просто уничтожит его процесс. Когда «Activity» снова отображается пользователю, его состояние полностью восстанавливается.

Визуальный интерфейс строится на основе иерархии визуальных компонентов – объектов, производных от базового класса View. Android имеет ряд готовых компонентов, включая кнопки, текстовые поля, полосы прокрутки, меню, флажки и многое другое.[4]

Разметка – это архитектура элементов интерфейса пользователя для конкретного окна, представляющего «Activity». Она определяет порядок расположения элементов в окне и содержит все элементы, которые предоставляются пользователю программы [1].

Разметку можно объявлять двумя способами:

1. Создать разметку для окна в коде программы во время выполнения программы, т.е. инициализировать объекты Layout и дочерние объекты View, ViewGroup и программно управлять их свойствами.
2. Объявить элементы пользовательского интерфейса в XML-файле layout. Android обеспечивает XML-словарь, который соответствует классам View и ViewGroup.

Платформа Android позволяет использовать эти методы по отдельности или совместно для управления пользовательским интерфейсом приложения. Самый общий способ создания разметки и иерархии представления – в XML-файле разметки. XML предлагает удобную структуру для разметки, похожую на HTML-разметку Web-страницы.

Преимуществом второго способа создания разметки является то, что это дает возможность отделить представление приложения от про-

граммного кода, который управляет поведением приложения. Например, можно создавать XML-разметку для различной ориентации экрана мобильного устройства (portrait, landscape), размеров экрана и языков интерфейса.

«Services» не имеют визуального интерфейса, так как они работают в фоновом режиме неопределенный период времени. Например, «Service» может проигрывать фоновую музыку, когда пользователь работает в другом приложении, или может получать данные из сети или что-то вычислять и представлять результат «Activity» когда он потребуется. Каждая «Service» наследуется от базового класса Service. Можно присоединиться к уже работающей «Service» (или запустить ее, если она еще не работала). При соединении можно взаимодействовать со службой через управляющий интерфейс.[1]

«Broadcast Receivers» – это компоненты, которые ничего не делают, но получают и реагируют на широковещательные сообщения [1]. Большинство сообщений порождается системой, например, сообщение о смене временной зоны, низком уровне заряда батареи, фотографировании или смене языковых настроек пользователем. Приложения тоже могут передавать широковещательные сообщения, например, сообщать другим приложениям о закачке нужных данных на устройство и их доступности для использования [4].

«Content Providers» – позволяют сделать данные доступными другим приложениям [1]. Данные могут храниться в файловой системе, в SQLite базе данных или в любой другой форме. «Content Providers» наследуются от базового класса ContentProvider, реализующего стандартный набор методов для получения и сохранения данных заданного типа. Однако приложение не может вызывать эти методы напрямую. Вместо этого они используют объект ContentResolver, который может взаимодействовать с любым поставщиком содержимого.

Activity, Service, Broadcast Receiver и Content Provider активизируются в соответствии с асинхронными сообщениями, называющимися «Intent».

«Intent» – объект класса intent, который представляет собой содержание сообщения [1]. Например, «Intent» может передать запрос «Activity», чтобы показать изображение пользователю или позволить пользователю редактировать некоторый текст.

Манифест – XML-файл, который всегда имеет название AndroidManifest.xml для всех приложений.

Файл манифеста выполняет следующие функции [4]:

- Объявляет имя Java-пакета данного приложения, которое является уникальным идентификатором для приложения.
- Описывает компоненты приложения – деятельности, службы, приемники широковещательных намерений и контент-провайдеры, из которых состоит приложение. Он вызывает классы, которые реализуют каждый из компонентов, и объявляет их намерения.
- Объявляет минимальный уровень Android API, которое требует приложение.
- Перечисляет библиотеки, с которыми приложение должно быть связано.

Элементы <manifest>, <application> и <uses-sdk> являются обязательными. Другие элементы используются по мере необходимости.

Популярность разработки Android приложений обусловлено простотой разработки приложений, возможностью создавать необычный интерфейс, возможностью нескольких вызовов деятельности, открытостью платформы.

Список литературы:

1. Wei-Meng Lee. Beginning Android Application Development. Wiley Publishing, Inc., 2011.
2. Gartner News. [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный. http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1689814 (по состоянию на 4.11.11)
3. comScore Reports August 2011 U.S. Mobile Subscriber Market Share [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный. http://www.comscore.com/Press_Events/Press_Releases/2011/10/comScore_Reports_August_2011_U.S._Mobile_Subscriber_Market_Share (по состоянию на 4.11.11)
4. Rick Rogers, John Lombardo, Zigurd Mednieks, Blake Meike. Android Application Development. O'Reilly, 2009.
5. Android. Developers. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. http://developer.android.com/index.html (по состоянию на 4.11.11)

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕБ-СЕРВИСОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА НА БАЗЕ ORACLE UCM

Иванов С. С., Акулин И.А.
Научный руководитель: Шерстнев В.С., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: sivanovkz@gmail.com

В концепции семантической сети, предложенной Тимом Бернерсом-Ли, создателем WWW (world wide web), в которой говорится, что информация, размещенная во Всемирной паутине должна быть более понятна компьютерам [1]. Эта задача успешно решена созданием языка XML (eXtensible Markup Language). Этот язык получил широкое распространение благодаря одному преимуществу - это предоставляемая им возможность универсального доступа к данным. Также XML стал основой для создания большинства технологий, связанных с веб-сервисами.

Веб-сервисы базируются на трех основных веб-стандартах[2, 3]:

- SOAP (Simple Object Access Protocol), RIDC (Remote IntraDoc Client) — на протоколах реализации веб-сервисов;
- WSDL (Web Services Description Language) — на языке для описания программных интерфейсов веб-сервисов;
- UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) — на стандарте для индексации веб-сервисов.

Рис.1. Взаимодействие Web-стандартов

Веб-сервисы по своей сути являются определенными интерфейсами для обмена данных между различными приложениями, которые могут быть написаны на различных языках, а также могут функционировать на разных платформах. На основе синергетического эффекта взаимодействия описанных выше технологий, появились очень интересные приложения, а также новые возможности организации вычислительных мощностей. Так, посредством удаленного подключения, может предоставляться доступ к облачным вычислениям, технологиям OLAP(online analytical processing), Data Mining. Следовательно, веб-сервисы являются одним из вариантов реализации компонентной архитектуры Всемирной паутины. Именно с появлением веб-сервисов развилась идея SOA[4] (Service Oriented Architecture) – сервис-ориентированной архитектуры веб-приложений. SOA характеризуют 3 основных принципа:

- сервисы как компоненты информационной системы, которые публикуют свои интерфейсы (контракты). Эти контракты являются независимыми от платформы, языка программирования, операционной системы и других технических особенностей реализации, сервисы взаимодействуют между собой и вспомогательными службами посредством открытых, широко используемых стандартов;
- каждый, составляющий информационную систему сервис реализует отдельную бизнес-функцию, которая является логически обособленной, повторяющейся задачей, являющейся составной частью бизнес-процесса предприятия;
- низкая связанность (loose coupling). Сервисы в системах, построенных на SOA могут быть реализованы в независимости от других служб системы, необходимо только знание интерфейса используемых сервисов.

В Томском политехническом университете появилась необходимость в разработке и последующем внедрении системы электронного документооборота, которая позволила бы повысить производительность труда работников и организации в целом.

На сегодня в линейке программного обеспечения, решающего задачу хранения и организации доступа к разнородным документам на уровне предприятия есть несколько программных продуктов[5-7]. Однако, с учетом того, что ТПУ обладает исключительным правом на использование продуктов Oracle, было решено, и основой для создания электронного документооборота стала платформа Oracle UCM (Universal Content Management), которая решает задачи хранения и организации доступа к разнородным документам. Программный комплекс Oracle UCM выполняет роль ядра системы электронного документооборота и практически не обладает пользовательским интерфейсом. Также в составе решения есть встроенный механизм Workflow, который полностью ориентирован на автоматизацию потока операций, связанных с жизненным циклом контента таких как: регистрация, классификация, продвижения по жизненному циклу, совместная работа, редакционные правки, утверждения, согласования и контроль версий. Oracle UCM уже имеет сервисы хранилища, куда входят функции работы с файла-

ми, данными и информацией о данных или файлах, а также сервисы общего пользования, решающие задачи безопасности, контроля версий, поиска и классификации. Внешние приложения могут общаться с хранилищем с помощью протокола SOAP, RIDC. Посредством SOAP или RIDC-запросов внешние приложения могут производить все необходимые операции с документами хранилища. Однако этих операций явно не достаточно для решения поставленной задачи.

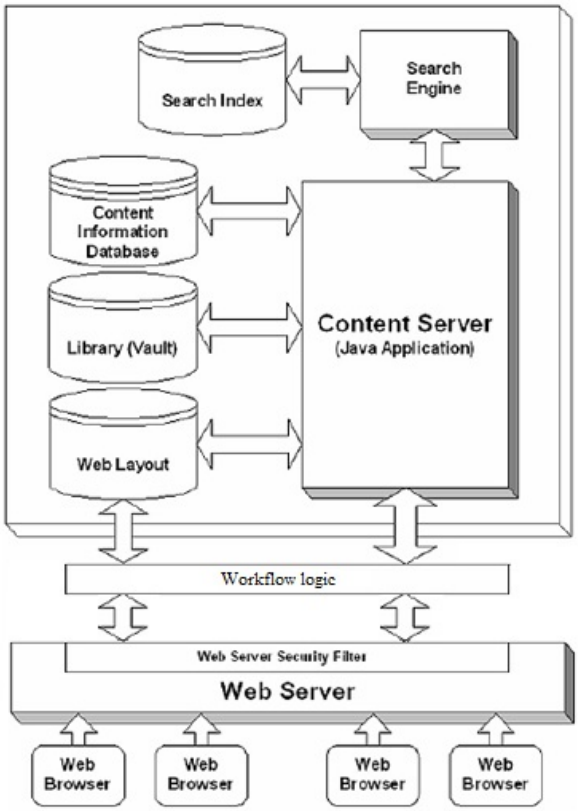


Рис.2. Организация документооборота на основе UCM

На данном этапе проектируется графический интерфейс, который будет реализован как веб-портал, с которого и будет осуществляться все взаимодействие с системой. Уже программно реализованы на языке java базовые функции управления файлами, а также сервисы общего пользования. В ближайшее время мы приступим непосредственно к созданию веб-портала и внедрению в него всех текущих наработок. Следующим шагом последует программная реализация управления потоками документов и разграничением прав доступа к содержимому. Так же предполагается реализовать сложные механизмы доступа конкретного пользователя к частям документа, графическое отображение и настройка маршрута прохождения файлов в потоке, создать средства администрирования всей системы документооборота. Упор будет делаться на максимальный обхват существующего сейчас документооборота, удобство и простота использования портала сотрудниками.

В данной статье показано, какое большое значение на развитие всемирной паутины оказали создание стандартизированной технологии XML, а также целесообразность использования веб-серверов. Описан принцип создания документооборота на основе Oracle UCM, а также целесообразность выбора последней. Показано, что будущая система будет создана в соответствии со всеми представленными выше принципами создания веб-приложений, что делает систему, в свою очередь, легко масштабируемой и изменяемой.

Список использованных источников:

1. Tim Berners-Lee «Weaving the Web: Origins and Future of the World Wide Web», Texere Publishing, 1999.
2. World Wide Web Consortium (W3C). SOAP Specifications // Интернет сайт консорциума WWW. 2007. URL: http://www.w3.org/TR/soap/.
3. Oracle Corporation. Oracle Remote Intradoc Client // Интернет-сайт корпорации Oracle. 2008 г. URL:http://download.oracle.com/docs/cd/E10316_01/ContentIntegration/ridc/ridc-developer-guide.pdf.
4. Седова Дарья Владимировна SOA как архитектурная основа создания виртуального университета // Информационные ресурсы России, 2008.
5. Компания Cognitive Technologies. Система электронного документооборота E1 Евфрат // Интернет-сайт компании Cognitive Technologies. 2011. URL: http://www.evfrat.ru/about/ .
6. Brian Proffitt. Alfresco: An open-source ECM alternative for SharePoint // Электронный журнал ComputerWorld. 2011. URL: http://www.computerworld.com/s/article/9221265/Alfresco_An_open_source_ECM_alternative_for_SharePoint .
7. Michelle Huff, Brian Dirking. The Benefits of a Unified Enterprise Content Management Platform // Интернет-сайт Oracle Corporation. 2011. URL:http://www.oracle.com/technetwork/middleware/webcenter/content/wp-owc-benefits-ecm-platform-427847.pdf?ssSourceSiteId=ocomen .

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАКЛОННЫХ ГРАНИЦ РАЗДЕЛЕНИЯ СРЕД

Ивашкина М.А., Рыбалка С.А., Вылегжанин О.Н.
Научный руководитель: Рыбалка С.А., доцент, к.т.н.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: maria--06@mail.ru

Сейсмическая разведка является ведущим методом геофизических исследований земной коры. Методы сейсморазведки различают по многим признакам: природе используемых волн, их физическому типу, пространству наблюдений, способу записи колебаний, объектам исследований, приемам обработки и др. [1].

Основными из этих признаков являются классы целевых волн. Имеются три основных метода сейсморазведки: метод отраженных волн, метод преломленных волн и метод проходящих волн. Лидирующее положение метода в разведочной геофизике обусловлено его большой глубинностью при высокой детальности исследований. Одними из основных и наиболее информативных в комплексе геофизических методов являются метод общей глубинной точки (ОГТ) и метод вертикального сейсмического профилирования (ВСП).

Метод ОГТ основан на системе многократных перекрытий и отличающаяся суммированием отражений от общих участков границы при различных расположениях источников и приемников [2].

ВСП это метод околоскважинных и межскважинных исследований в сейсморазведочном диапазоне частот для решения геологических, методических и технологических задач на всех этапах геологоразведочного процесса. При ВСП используются системы наблюдений, состоящие, по крайней мере, из двух элементов: источника в пункте взрыва (ПВ) и приемников упругих волн в пунктах приема (ПП). Датчики размещаются в скважине, а источник на земной поверхности или в другой скважине. На рис. 1 изображена схема поведения отдельного луча в градиентной среде.

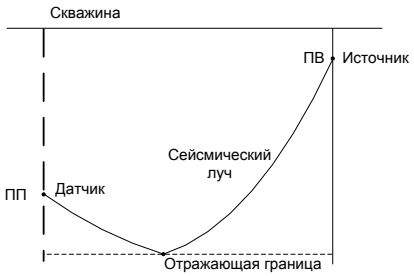


Рис. 1. Схема прохождения отдельного луча при ВСП в градиентной среде

ВСП позволяет исследовать околоскважинное и межскважинное пространства на значительных расстояниях для очень широкого круга геологических условий и задач и глубже забоя [2].

Рассмотрим основные преимущества и недостатки метода ВСП по сравнению с наземными методами. К преимуществам относят:

1. В отличие от наземных наблюдений, при которых изучается уже сформировавшаяся волновая картина, ВСП позволяет наблюдать и изучать сам процесс образования и распространения сейсмических волн в реальной среде и формирование волнового поля.

2. При ВСП границы раздела находятся как ниже, так и выше сейсмоприемников, и на вертикальном профиле могут регистрироваться не только волны, подходящие к сейсмоприемникам снизу, но и различные продольные и обменные волны, претерпевшие отражение или обмен на дневной поверхности или границах в верхней части разреза и распространяющиеся сверху вниз.

3. С удалением от дневной поверхности низкоскоростной фон помех, как правило, быстро убывает. Уменьшается также фильтрующее влияние верхней части разреза.

4. Особое значение в ВСП имеет не столько возможность «ухода» от дневной поверхности, сколько возможность изучения волн в непосредственной близости от границ раздела.

5. При ВСП направления подхода различных волн резко отличаются и сильно меняются не только с удалением источника, но и при одном пункте взрыва с изменением точки наблюдения вдоль вертикального профиля.

6. При наблюдениях во внутренних точках среды фон сейсмических помех убывает с глубиной, и полезная чувствительность аппаратуры может быть значительно выше, чем при наземных наблюдениях [3].

Перечисленные особенности волновых полей во внутренних точках среды и метода ВСП определяют его эффективность и разведочные возможности. К недостаткам относят:

1. Скважинные сейсмоприемники располагаются в достаточно громоздком зонде, что приводит к искажению регистрируемых сейсмических сигналов.

2. Появляются дополнительные искажения в механической системе "зонд – скважина – порода" в том числе из-за трубных помех.

3. Для проведения ВСП нужно бурить дорогостоящие скважины.

Для нефтедобычи обычно характерны большие глубины и границы отражения, которые считаются условно горизонтальными. При добыче угля, или других исследованиях горных местностей и работ с осадочными горными породами, необходимо учесть наклон границ.

Постановка задачи. Дана наклонно-слоистая среда. Среда является латерально-однородной. То есть скорость распространения акустической волны вдоль слоя является константой. При распространении звуковой волны перпендикулярно сло-

ям изменение ее скорости происходит непрерывно, то есть по градиентному закону.

В этой среде также заданы: вертикальная скважина (то есть перпендикулярная линии горизонта); вдоль этой скважины получена скоростная модель среды *V(h)*; глубина начала отсчета скоростной модели *Hnv*; глубина размещения приемника *Hpr* в скважине; угол наклона пластов □. Угол наклона отражающей площадки равен этому же углу □. На расстоянии *L* от устья скважины на глубине *Hvz* располагается пункт взрыва.

Необходимо найти: глубину отражения *Hto* и расстояние от устья скважины до точки отражения *Lto* (рис. 2).

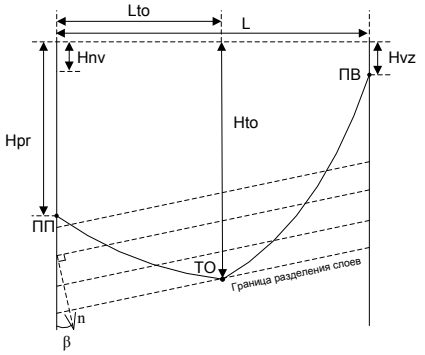


Рис. 2. Основные исходные и результирующие объекты

В этом случае если через приемник провести ‘виртуальную’ скважину перпендикулярно слоям, выбрать новый ‘виртуальный горизонт’ параллельно слоям, пересчитать скоростную модель в новой системе координат и пересчитать координаты всех объектов в новой системе координат, то задача может быть сведена к задаче с горизонтально-слоистой средой.

Координаты всех объектов ПВ, ПП и т.п. в исходной задаче заданы в системе координат z_u0x_u. Для перехода к задаче с горизонтально-слоистой средой необходимо перейти в новую систему координат z0x. Координаты всех объектов пересчитываются в конечную систему координат с центром $C_к$ с помощью известных формул поворота и перемещения. Также преобразованию подвергается скоростная модель в $V(z_к)$, так чтобы она корректно изменение скорости распространения звука вдоль нормали к плоскости границ разделения сред.

Переход в новую систему координат z0x производится в два этапа: поворот и перемещение. Произвольная точка в исходной системе (z_u, x_u) изменит свои координаты следующим образом:

$$\begin{pmatrix} z \\ x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\gamma & \sin\gamma \\ -\sin\gamma & \cos\gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} z_u \\ x_u \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Z_{Ск} \\ X_{Ск} \end{pmatrix},$$

где $Z_{Ск}$ и $X_{Ск}$ – координаты центра конечной системы координат в промежуточной системе z_10x_1 (рис. 3), γ – угол поворота.

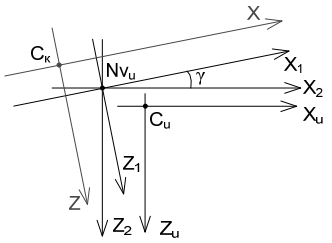


Рис. 3. Переход в новую систему координат z0x

Преобразованию подвергается и скоростная модель.

В горизонтально-слоистой среде для отыскания отдельной точки границы отражения достаточно проследить путь акустического луча от пункта до взрыва до приемника. Идея отыскания соответствующего луча заключается в прослеживании такого луча, характеризуемого параметром *P*, который, отразившись от границы на глубине *H*, приходит в приемник расположенного на глубине *Hpr* за указанное время *Tpr* [4]. Общий снос луча описывается уравнением:

$$X_{снос}(P, Z_{to}) = \int_{Zvz}^{Zpr} \frac{P \cdot V(z)}{\sqrt{1 - P^2 \cdot V^2(z)}} dz + 2 \cdot \int_{Zpr}^{Zto} \frac{P \cdot V(z)}{\sqrt{1 - P^2 \cdot V^2(z)}} dz .$$

Время, за которое луч прошел от ПВ до ПП:

$$T(P, Z_{to}) = \int_{Zvz}^{Zpr} \frac{1}{V(z) \cdot \sqrt{1 - P^2 \cdot V^2(z)}} dz + 2 \cdot \int_{Zpr}^{Zto} \frac{1}{V(z) \cdot \sqrt{1 - P^2 \cdot V^2(z)}} dz .$$

Тогда решением системы

$$\begin{cases} X_{снос}(P, Z_{to}) - L = 0 \\ T(P, Z_{to}) - T_{pr} = 0 \end{cases}$$

является пара значений параметра луча *P* и глубины *Zto*, которые однозначно характеризуют интересующий нас луч. По этим значениям можно определить и расстояние до точки отражения *Hto*. Координаты этой точки пересчитываются в исходной системе координат можно найти по формуле:

$$\begin{pmatrix} Zto_u \\ Xto_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma \\ \sin\gamma & \cos\gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Zto + Zb_1 \\ Xto + Xa_1 \end{pmatrix}.$$

Список используемой литературы

1. Г.Н. Боганик. Сейсморазведка : учебник для вузов / И.И. Гурвич. – Тверь : АИС, 2006. – 744 с.
2. Сейсморазведка. Кн.1 : Справочник / Под ред. В.П. Номоконова – М. : Недра, 1990. – 336 с.
3. Е. И. Гальперин. Вертикальное сейсмическое профилирование. – М. : Недра, 1971. – 263 с.
4. Базан М.В., Рыбалка С.А. Исследование модели определения границ разделения сред //МСИТ. – Томск, 2009. - с. 85-86.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЁТА КОДОВ ШЕННОНА-ФАНО И ХАФФМАНА С ИНТЕРФЕЙСОМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К MS EXCEL

Итилигатор А.Е., Мезенцев А.А.
Научный руководитель: Мезенцев А.А.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: klaim@tpu..ru

Коды Шеннона-Фано и Хаффмана – являются адаптивными неравномерными рефлексными кодами, позволяющими сократить информационный объём и длину закодированного сообщения относительно равномерного двоичного кода. Этот эффект достигается вследствие того, что наиболее вероятным символам сообщения присваиваются коды меньшей длины, а наименее вероятным – большей. В настоящее время кодирование Шеннона-Фано на практике менее предпочтительно. Кодирование же по методу Хаффмана напротив, применяется в цифровой фотографии (алгоритмы сжатия JPEG, MPEG).

Указанные алгоритмы кодирования в настоящее время рассматриваются в курсе «Теория информации и её приложения в автоматизированных система управления» ФТИ ТПУ для студентов 4-го курса на кафедре «Электроника и автоматика физических установок». Решение задач кодирования данными алгоритмами требует значительных затрат времени и является рутинным. Для оптимизации процесса расчёта ставится задача разработки программы, позволяющей вычислять коды Шеннона-Фано и Хаффмана, а также выводить полный текст решения задачи с комментариями в удобочитаемом виде в программу MS Excel.

Результат разработки позволит сократить время проверки индивидуальных заданий студентов, сократить вероятность ошибки преподавателя при проверке задания и др.

Краткое описание методов кодирования

При использовании обоих методов кодирования применяются вероятности появления символов алфавита в тексте сообщения. Вероятность появления символов считается исходной информацией и может быть вычислена любим способом. Далее вероятности сортируются по убыванию и записываются в столбец.

В коде Шеннона-Фано метод решения основывается на делении столбика вероятностей на две части, так чтобы сумма вероятностей сверху и снизу была примерно одинакова. Для полученных частей ставятся коды 0 и 1. Далее деление каждой полученной части повторяется. И так далее до того момента, когда образуются неделимые части. В таблице 1 представлена схема построения равномерного двоичного кода, в таблице 2 – схема Шеннона-Фано.

Таблица 1

Схема построения равномерного двоичного кода

Символ	Вероятность	Код
X1	0.125	000
X2	0.125	001
X3	0.125	010
X4	0.125	011
X5	0.125	100
X6	0.125	101
X7	0.125	110
X8	0.125	111

Среднее количество бит на символ:

$$\overline{n} = \sum_{i=1}^{P} 0.125 \cdot 3 = 3$$

Таблица 2

Схема построения двоичного кода Шеннона-Фано

Символ	Вероятность	Код	Схема кодирования			
X1	0.25	00	0	0		
X2	0.25	01		1		
X3	0.125	100	1	0	0	
X4	0.125	101			1	
X5	0.0625	1100		1	0	0
X6	0.0625	1101				1
X7	0.0625	1110			1	0
X8	0.0625	1111				1

Среднее количество бит на символ:

$$\overline{n} = 2 \cdot 0.25 \cdot 2 + 2 \cdot 0.125 \cdot 3 + 4 \cdot 0.0625 \cdot 4 = 2.75$$

Код составляется из полученных, по горизонтали, в схеме кодирования нолей и единиц.

Код Дэвида Хаффмана основан на построении дерева вероятностей. В столбце сортированных вероятностей складываются два последних значения. Полученный результат помещается в этот же столбец с учётом сортировки, а также записывается код прежней позиции слагаемых. Так продолжается до получения единственного элемента в столбце. Схема построения кода Хаффмана представлена на рисунке 1.

Код Хаффмана по схеме 1 составляется из элементов кода при движении по веткам до номера позиции символа, код которого требуется построить.

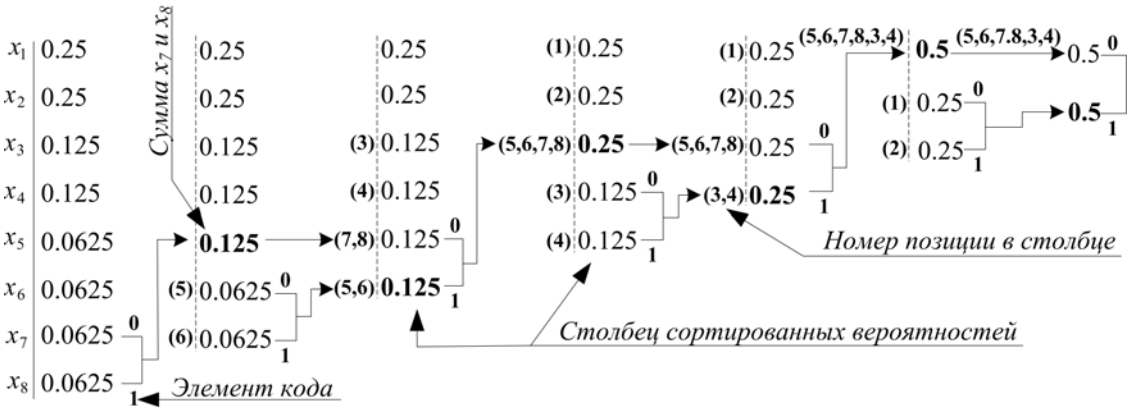


Рисунок 1. Схема построения кода Хаффмана

Код Хаффмана для сообщения (8 символов)

Символ	Вероятность	Код
X1	0.25	10
X2	0.25	11
X3	0.125	010
X4	0.125	011
X5	0.0625	0010
X6	0.0625	0011
X7	0.0625	0000
X8	0.0625	0001

Разработка программного кода

Для программирования алгоритмов расчёта кодов Шеннона-Фано и Хаффмана был использован пакет MATLAB©. Язык M достаточно функционален для решения поставленной задачи и поддерживает механизмы межпрограммного взаимодействия, необходимые для работы с MS Excel.

Алгоритм Хаффмана имеет чёткую последовательность действий и чёткие критерии принятия решения при построении новой ветки. В алгоритме Шеннона-Фано при делении столбца вероятностей символов пополам возникает неопределённость выбора, поскольку сумма вероятностей сверху и снизу может отличаться. По этой причине, при программировании алгоритма Шеннона-Фано вычисляется минимальная разница между суммой вероятностей в верхней и нижней части кодовой таблицы. Далее алгоритм кодируется в соответствии с чёткими правилами.

Для взаимодействия с MS Excel применялись стандартные функции MATLAB – xlsread('book.xls') и xlswrite('book.xls', VAR, 'Лист1', 'A1'). Эти функции позволяют автоматически считать и записать данные из/в таблицу MS Excel. Таблицу же требуется форматировать для удобства и правильности ввода исходных данных. Например, для ввода данных программе расчёта кода методом Шеннона-Фано используется следующее форматирование таблицы (рисунок 2).

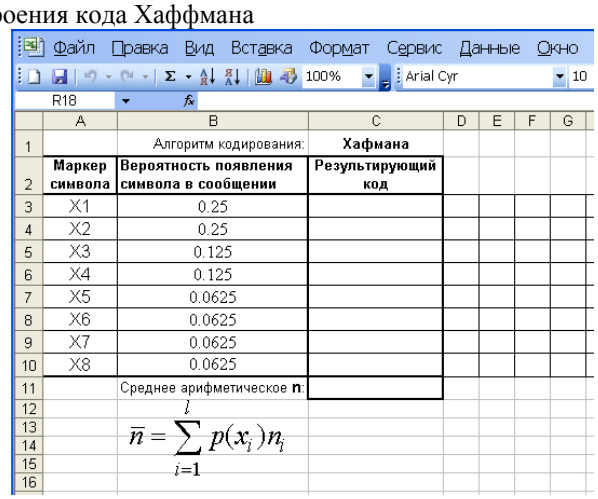


Рисунок 2. Вид форматированной таблицы, необходимой для ввода исходных данных программе кодирования сообщений методом Шеннона-Фано

Длина столбца вероятностей может быть задана пользователем самостоятельно, поскольку команда MATLAB – xlsread, считывает все данные листа таблицы целиком, а в компьютерной программе длина столбца определяется автоматически и в зависимости от количества исходных данных строит решение по указанному в ячейке «C1» алгоритму.

Для контроля работы программы все вычисления в форматированном виде выводятся в MATLAB или текстовый документ.

Заключение

Разработанная нами программа может применяться для автоматического расчёта кодовых последовательностей методом Хаффмана или Шеннона-Фано для столбца вероятностей любой (ограниченной программой) длины. Вывод результатов расчёта и ввод исходных данных осуществляется при помощи универсального интерфейса пользователя – MS Excel. Результаты работы получили широкое применение в курсе ТИАС на кафедре ЭАФУ ФТИ ТПУ.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИИ. СТАНДАРТЫ И ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ

Кадыков А.А.
Научный руководитель: Ляхова Е.А., ст. преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,
E-mail: kadykva-marija@rambler.ru

Актуальность для России сервисного управления ИТ (ITSM) подтверждается большим количеством его внедрений в ИТС крупнейших публичных компаний.

ITSM базируется на организации процессного подхода и управления качеством предоставления услуг.

Существует шесть основных групп факторов оценки/выбора поставщика ИТ-услуг:

1) ассортимент услуг;

2) уровень цен;

3) имидж (бренд) компании;

4) техническое качество услуги - это собственно качество исполнения ИТ-услуги, ключевые выгоды, полученные от услуги;

5) функциональное качество услуги – это качество того, как компанией-провайдером предоставляется услуга;

6) качество обратной связи – это качество взаимодействия провайдера с клиентом.

Бурный рост и широкое использование ИТ в деятельности компаний по всему миру остро поставил вопрос о необходимости эффективного управления ими на разных уровнях «абстракции» и попыток применения и адаптации уже существующих методологий управления к деятельности ИТ-подразделений.

Помимо проектного опыта самым важным в сотрудничестве российских ИТ-компаний с ТНК стало внедрение новой модели ИТ-сервиса, основанной на разделении уровней ответственности в зависимости от услуги и ее сложности.

Существующие подходы к управлению ИТ можно условно разделить на две группы

1. «Лучшие практики» («best practice») и методологии различных подходов к управлению ИТ разработаны крупными компаниями-вендорами.

2.Стандарты (международные, национальные, отраслевые и специализированные стандарты в области ИТ).

Наиболее известным из существующих подходов к управлению ИТ-услугами является Библиотека передового опыта в области управления ИТ-услугами – ITIL.

Основные принципы, на которых построена ITIL:

- ориентация на Потребителя;
- процессный подход к описанию деятельности ИТ-подразделений;
- услуга как конечный продукт ИТ-подразделения;
- отношения Поставщик-Потребитель;
- взаимовыгодные отношения с Поставщиками;
- ориентация на качество услуг.

Библиотека ITIL описывает схему организации управления ИТ. Типовые модели описывают цели, основные действия, а также входные и выходные параметры различных процессов, которые могут быть внедрены в ИТ-подразделениях.

Библиотека ITIL включает в себя пять основных взаимосвязанных разделов (отдельных книг), каждый из которых частично перекрывает четыре других:

- Бизнес-перспектива (The Business Perspective);
-Управление приложениями (Application Management);
- Предоставление ИТ-услуг (Service Delivery);
- Поддержка ИТ-услуг (Service Support);
- Управление инфраструктурой (Infrastructure Management).

Библиотека ITIL представляет собой обобщенный набор «лучших практик» в области управления ИТ. Авторы ITIL стремились создать универсальный подход, независящий от конкретных технологий и специфики организаций. Этот подход не является научной методологией или требованиями каких-либо стандартов. Поэтому, описания ITIL имеют рекомендательный, но не предписывающий характер.

Ряд ведущих мировых компаний – производителей программного и аппаратного обеспечения разработали на основе ITIL и опубликовали ряд структурированных подходов, отображающих точку зрения данной компании на управление ИТ и рассчитанные, как правило, на использование технологий и решений именно этой компании. Наиболее заслуживающей внимания «надстройкой над ITIL» является Microsoft Operations Framework (MOF).

MOF представляет собой собрание лучших решений, принципов и моделей. Это технические руководства для достижения надежности, доступности и управляемости производственных систем, основанных на продуктах и технологиях Microsoft.

MOF состоит из набора статей (white papers), руководств (operations guides), служб, обучающих материалов и включает в себя ***три основные модели***:

- процессы (MOF Process Model);
- команды (MOF Team Model);
- управление рисками (MOF Risk Model).

Каждая из моделей фокусируется на внедрении лучшего практического опыта в своей области.

Модель Процессов MOF поддерживает успешное оказание ИТ-услуг при помощи следующих важнейших принципов: структурированная архитектура; быстрый жизненный цикл, итеративное улучшение; управление, основанное на оценке; встроенное управление рисками.

Применяя эти 4 принципа, Модель Процессов MOF разделяется на 4 взаимосвязанных квадранта операционной активности: изменение, эксплуатация, поддержка и оптимизация. Каждый из квадрантов применяется на определенном аспекте жизненного цикла ИТ. Задача каждого из квадрантов решается путем исполнения соответствующих функций управления услугами.

Рис.1. – Операционные активности

К недостаткам MOF можно отнести тот факт, что MOF является переложением ITIL через подходы Microsoft к управлению ИТ-услугами, через использование продуктов и технологий Microsoft, и, следовательно, не является универсальным.

Control Objectives for Information and related Technology (COBIT) представляет собой стандарт, определяющий набор универсальных задач управления ИТ. Его ценность заключается в том, что он предлагает модель, обеспечивающую взаимосвязь между бизнес-целями и ИТ-процессами. CobiT позиционируется его разработчиками как результат обобщения мирового опыта в области управления ИТ, аудита и информационной безопасности.

ИТ-ресурсы, согласно CobiT, описываются через четыре составляющие: приложения (Applications), данные (Information), инфраструктура (Infrastructure), люди (People).

CobiT содержит верхнеуровневое описание 34-х ИТ-процессов различных аспектов корпоративного управления ИТ. Все процессы сгруппированы в четыре домена.

К достоинствам CobiT следует отнести четкую структуру механизмов контроля процессов и возможности проведения аудита ИТ-процессов на соответствие требованиям CobiT.

Стандарт ISO/IEC 20000 «определяет требования к поставщику услуг по предоставлению потребителю управляемых услуг приемлемого качества» и «должен способствовать принятию в повседневной практике процессного комплексного подхода к эффективному предоставлению управляемых услуг».

ISO/IEC 20000 состоит из двух частей

- Information Technology - Specification for Service management (ISO/IEC 20000-1: 2005). - набор формальных требований для организации предоставления ИТ-услуг с требуемым качеством;

- Information Technology - Code of Practice for Service management (ISO/IEC 20000-2:2005). - практическое руководство по управлению ИТ-услугами.

Стандарт ISO/IEC 20000 основан на парадигме процессного подхода и содержит ряд требований к процессам Управления ИТ-услугами. В стандарте описаны процессы управления услугами, но не отображены взаимосвязи между процессами. Обе части стандарта имеют схожую структуру

Согласно стандарту, необходимо обеспечить «систему управления, включающую политики и организацию управления, позволяющую реализовывать внедрение всех услуг ИТ и эффективное управление ими». Планирование и реализация управления услугами реализуется через цикл Деминга «Plan-Do-Check-Act» (PDCA).

ЛИТЕРАТУРА:

1. ITIL в России: теория и практика, Ай-Теко, 2007.

2. Стандарты ГОСТ Р ИСО 9000-2001, 9001-2001, 9004-2001.

3. http://www.ereading.org.ua/bookreader.php/90871/Van_Bon_-_IT_Servis-menedzhment._Vvodnyii_kurs_na_osnove_ITIL.html

4. http://www.ict.edu.ru/ft/005640/62317e1-st04.pdf

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА СОЦИАЛЬНО-НЕЗАЩИЩЕННЫХ СТУДЕНТОВ

К.А.Киреева
Научный руководитель: Дороганов В.С.
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева
E-mail: kristi_kireeva@mail.ru

В последнее время многие организации уделяют особое внимание автоматизации труда. Это связано с тем, что эффективная работа в организации не мыслима без применения информационных технологий. С данной проблемой столкнулся и Профком Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф.Горбачева (КузГТУ). Профком КузГТУ ведет учет социально-незащищенных студентов и ходатайствует о выделении им материальной помощи, льготных путевок в профилакторий и санатории, путевок на спортивно-оздоровительную базу отдыха, продуктовых наборов.

Первоначально сотрудники Профкома оформляли путевки в профилакторий и санатории на бумажных носителях, что затрудняло и замедляло документооборот, а также повышало риск ошибок. Для автоматизации перечисленных выше функций была разработана автоматизированная система на основе Rich-клиента (толстого клиента). Но данное приложение обладало существенными недостатками. Необходимость установки на каждый клиент, требование к аппаратным и программным средствам компьютера, а так же не безопасное хранение пароля доступа к базе данных послужило поводом для разработки приложения, с сохранением функциональности прошлой версии. Для решения этих проблем было решено построить систему на основе трехуровневой архитектуры, так называемый тонкий клиент.

Были поставлены следующие задачи:
Интеграция в единое информационное пространство КузГТУ.
Работа основного функционала без установки приложения на ПК клиента.
Автоматизирование процессов работы со студентами, донорами и льготами, оформления путевок в профилакторий и санатории.
Формирование необходимых отчетов.
Разделение прав доступа.
СМС уведомления.

В качестве базового языка программирования было решено использовать язык Visual C# пакета «Microsoft Visual Studio 2010», а основой послужила программная платформа Microsoft Silverlight 4.0 в паре с программным фреймворком Windows Communication Foundation. Руководствуясь тем, что одним из главных требований при создании автоматизированной системы «учета социально-незащищенных студентов» является интеграция в единое информационное пространство, а соответственно и единую базу данных вуза, было принято решение об использовании в основе разрабатываемой системы СУБД Oracle Database 10g Standard Edition One. Но поскольку в СУБД Oracle отсутствует реализация автоинкрементна как типа (например, Access), данную функцию было решено реализовать при помощи триггеров (Triggers) в паре со списками (Sequences).

Разрабатываемая система развивается по спиральной модели, с использованием технологии нисходящего программирования, иначе говоря «сверху вниз», то есть на данный момент реализован основной функционал, а второстепенные функции вводятся в эксплуатацию по мере разработки.

Плюсом платформы Silverlight является автоматическое поддержание актуальности клиентских файлов, так как при запуске приложения происходит проверка на наличие новой версии на сервере и автоматически выполняется обновление. Нет необходимости устанавливать приложение для обеспечения базового функционала, но установка возможна для расширения прав доступа, формирования отчётов в MS Excel и удобства запуска.

Еще одним немало важным плюсом является то, что Silverlight работает в изолированной программной среде («песочнице») браузера и обладает сокращенным набором возможностей, что само по себе обеспечивает более высокую степень безопасности.

Рис.1. Интерфейс автоматизированной информационной системы учета социально-незащищенных студентов

Автоматизированная информационная система учета социально-незащищенных студентов реализована и внедрена в работу Профкома КузГТУ с 1 сентября 2011г. Интерфейс системы представлен на рисунке 1.

Разработанная система осуществляет поиск по различным критериям, при помощи которых можно найти группу студентов или конкретного студента. Далее работники Профкома КузГТУ могут изучить информацию о данном студенте. Можно просмотреть такую информацию, как какими льготами пользуется данный студент, в каких санато-

риях и когда проходил лечение, информацию о сдаче крови у студентов-доноров. Реализация такого просмотра данных о студентах ускоряет процесс принятия решений, например, о выделении материальной помощи или выдачи путевки в санаторий. Ранее это был длительный процесс, т.к. вся информация содержалась на бумажных носителях, и необходимо было перебирать всю документацию для принятия таких решений.

Данная информационная система автоматизировала процесс оформления путевок в профилакторий и санатории. Необходимо лишь найти студента при помощи критериев поиска, и пару раз кликнуть мышью по кнопке. Путевка распечатывается автоматически. До разработки этой системы сотрудники Профкома КузГТУ заполняли путевки вручную, соответственно, скорость заполнения была низкой, и был высок риск ошибок. И как следствие, в Профкоме всегда были очереди за путевками.

В данной системе используется разделение прав доступа. Это обусловлено нормами, оговоренными в законе «О персональных данных» N152-ФЗ от 27.07.2006, а также корректировками от 25.07.2011. Данный закон гарантирует сохранность и конфиденциальность персональных данных о каждом лице, информация о котором содержится в базе данных единого информационного пространства КузГТУ. Все лица, имеющие авторизованный доступ к базе данных на основании ст.7 «Конфиденциальность персональных данных» дают расписку о неразглашении, а также о носимой ответственности. В свою очередь каждый студент при зачислении дает письменное согласие на хранение и обработку своих персональных данных на весь период его обучения.

Председатель Профкома КузГТУ может просмотреть всю требуемую для него отчетность. Необходимая сводная информация, сформированная средствами системы, может быть выгружена в Microsoft Excel для последующей аналитики и печати. Скорость формирования отчетов значительно повысилась. До внедрения этой системы отчеты формировались вручную, были большие временные затраты на поиск, сортировку и отбор необходимой информации.

Председатель может просмотреть списки студентов-льготников на определенном факультете или в ВУЗе в целом. Существует возможность просмотра только студентов с определенной льготной категорией. В форме отчета выводится информация об активных донорах. Такие отчеты передаются в деканаты факультетов для продления сессии студентов. Председатель может просматривать информацию о санаторном лечении студентов.

Внедрение информационной системы учета социально-незащищенных студентов уже привело к положительным результатам в работе Профкома КузГТУ. Уменьшились очереди, снизилось количество ошибок, допускаемых при ручном оформлении путевок, повысилась скорость формирования необходимых отчетов.

Существует немало планов дальнейшего развития этой системы. Планируется реализовать автоматизацию поиска студентов при помощи сканера штрих кодов. На данный момент реализован ввод номера зачетной книжки студента или других данных о студенте, таких как фамилия, имя, отчество, факультет и группа для поиска в базе данных. Но это относительно долгий процесс, поэтому использование сканера штрих кода значительно ускорит процесс индивидуальной работы со студентом.

В ближайшем будущем будет реализована обратная связь сотрудников Профкома с разработчиками системы. Это позволит вовремя отследить все проблемы, появляющиеся в процессе работы сотрудников с данной системой. А как следствие, позволит решить эти проблемы в следующих версиях информационной системы.

А также планируется организовать возможность оповещения нуждающихся студентов о дате и времени получения продуктовых наборов при помощи СМС уведомлений. Студенты не всегда читают объявления и другую информацию, поэтому самым удобным способом оповещения студентов является СМС рассылка. Также при помощи СМС уведомлений студенты смогут получать информацию об отправке на летний отдых, например, на озеро Яровое или Горный Алтай.

Дальнейшее развитие системы будет связано с реализацией учета студенческих семей и детей студентов. Благодаря такому учету появится возможность своевременно осуществлять материальную помощь таким семьям, отслеживать получение продуктовых наборов. Эта система позволит вовремя поздравлять детей студентов и преподносить им подарки к таким праздникам как новый год или день рождения. Это благоприятно скажется на студентах и их семьях.

В итоге можно сказать, что уже много сделано, но предстоит сделать еще больше для полной автоматизации труда у сотрудников Профкома КузГТУ.

ОБЩИЙ ВИД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Козлов Д.В.
Научный руководитель: Сурков В.В., д.т.н., профессор
Тульский Государственный Университет, 300012, Россия, г.Тула, пр. Ленина, 92
E-mail: MrKozlovDV@rambler.ru

Известно, что широкий класс объектов может быть описан нелинейным дифференциальным уравнением второго порядка:

$$\begin{cases} \dfrac{dx_1}{dt} = f_1(x_1, x_2) + \varphi_1(x_1, x_2)u; \\ \dfrac{dx_2}{dt} = f_2(x_1, x_2) + \varphi_2(x_1, x_2)u, \end{cases} \quad (1)$$

где f_1, f_2, φ_1, φ_2 – функции, зависящие от координат объекта x_1 и x_2; $u \in$ – управляющее воздействие. К таким объектам, например, относятся электропривода, используемые в различных системах управления [1].

Будем считать, что функции f_1, f_2, φ_1, φ_2 являются непрерывными и имеют частные производные первого порядка по каждой из своих координат; на координаты не накладывается никаких ограничений.

Из принципов максимума Понтрягина и динамического программирования Беллмана следует, что для перевода объекта (1) из начального положения $\{x_{10} = x_1|_{t=0};\ x_{20} = x_2|_{t=0}\}$ в конечное нулевое $\{x_1|_{t=T} = 0; x_2|_{t=T} = 0\}$ за минимально возможное время T, управляющее воздействие u должно иметь релейный характер, то есть принимать одно их двух значений: $+U_{\max}$ или $-U_{\max}$. Для большинства объектов, как правило, предполагается $U_{\max} = 1$.

Тогда закон оптимального по быстродействию управления может быть записан в виде

$$u_{opt} = -sign(\psi), \quad (2)$$

где ψ – некоторая функция, зависящая от координат объекта и называемая «поверхностью переключения». Её использование позволяет не решать проблему сингулярных управлений в релейных системах – они «получаются автоматически в результате определения управления в скользящем режиме».

В работе [2] показано, что функцию ψ можно определить из функционального уравнения

$$\frac{d\psi}{dt} = \psi_2 + |\psi_2| u_{opt}, \quad (3)$$

где ψ_2 – поверхность переключения меньшей размерности, на которую попадает изображающая точка после завершения первого интервала движения в фазовом пространстве. Производная $\dfrac{d\psi}{dt}$ называется «скоростью проникновения» и представляет собой проекцию вектора относительной скорости изображающей точки на нормаль к пересечению поверхности переключения $\psi = 0$ [3].

Из [2] также известно, что при любых допустимых значениях координат x_1 и x_2, то есть во всём фазовом пространстве, должно выполняться условие управляемости, которое имеет вид

$$\begin{cases} |f_1| \le |\varphi_1|; \\ |f_2| \le |\varphi_2|. \end{cases} \quad (4)$$

С физической точки зрения оно обеспечивает управляющему воздействию u_{opt} возможность сменить знак «скорости проникновения» в момент переключения релейного элемента.

Для простоты далее будем считать, что поверхность переключения для объекта (1) является стационарной, то есть не изменяется во времени. Тогда в соответствии с [4], для определения ψ можно составить уравнение в частных производных первого порядка

$$\frac{\partial\psi}{\partial x_1}(f_1 + \varphi_1 u) + \frac{\partial\psi}{\partial x_2}(f_2 + \varphi_2 u) = \psi_2 + |\psi_2| u. \quad (5)$$

Так как функция ψ должна удовлетворять данному уравнению при допустимых значениях u_{opt}, то справедливо требовать

$$\begin{cases} \dfrac{\partial\psi}{\partial x_1} f_1 + \dfrac{\partial\psi}{\partial x_2} f_2 = \psi_2; \\ \dfrac{\partial\psi}{\partial x_1} \varphi_1 + \dfrac{\partial\psi}{\partial x_2} \varphi_2 = \psi_2 sign(\psi_2). \end{cases} \quad (6)$$

Подставляя ψ_2 из первого уравнения системы (6) во второе, получим

$$\frac{\partial\psi}{\partial x_1}\left[\varphi_1 - f_1 sign(\psi_2)\right] + \frac{\partial\psi}{\partial x_2}\left[\varphi_2 - f_2 sign(\psi_2)\right] = 0. \quad (7)$$

Характеристическое уравнение, составленное для (7) и имеющее вид

$$\frac{dx_1}{\varphi_1 - f_1 sign(\psi_2)} = \frac{dx_2}{\varphi_2 - f_2 sign(\psi_2)}, \quad (8)$$

позволяет определить интегральный базис [5] уравнения в частных производных (5), который для системы второго порядка, как известно [6], совпадает с поверхностью переключения ψ

$$\psi = x_1 - \int F(x_1, x_2)\, dx_2, \quad (9)$$

где введено обозначение

$$F(x_1,x_2)=\frac{\varphi_1-f_1 sign(\psi_2)}{\varphi_2-f_2 sign(\psi_2)}. \qquad (10)$$

Выражения (9), (10) являются точной записью решения задачи оптимального по быстродействию управления нелинейным объектом вида (1). Постоянная интегрирования определяется из условия прохождения поверхности переключения через начало координат, то есть $\psi(0,0)\equiv 0$.

Подставляя (9) в первое уравнение системы (6), можно определить поверхность переключения второго интервала ψ_2.

Примеры линейных объектов

Ниже приводятся несколько объектов, для которых на основе (9), (10) определены функции переключения ψ и ψ_2.

1. Линейный объект, имеющий функции $f_1=x_2;\ f_2=0;\ \varphi_1=0;\ \varphi_2=1.$

$$F=-x_2 sign(\psi_2);$$

$$\psi=x_1+\frac{x_2^2}{2}sign(\psi_2);$$

$$\psi_2=x_2.$$

2. Линейный объект, имеющий функции $f_1=x_2;\ f_2=-x_1;\ \varphi_1=0;\ \varphi_2=1.$

$$F=-\frac{x_2 sign(\psi_2)}{1+x_1 sign(\psi_2)};$$

$$\psi=\frac{x_1^2+x_2^2}{2}+x_1 sign(\psi_2);$$

$$\psi_2=-\frac{x_2}{1+x_1 sign(\psi_2)}.$$

3. Линейный объект, имеющий функции $f_1=x_2;\ f_2=0;\ \varphi_1=1;\ \varphi_2=-1.$

$$F=x_2 sign(\psi_2)-1;$$

$$\psi=-x_1-x_2+\frac{x_2^2}{2}sign(\psi_2);$$

$$\psi_2=x_2.$$

4. Линейный объект, имеющий функции $f_1=-x_1+x_2;\ f_2=0;\ \varphi_1=0;\ \varphi_2=1.$

$$F=-(x_2-x_1)sign(\psi_2);$$

$$\psi=x_2-\ln(|x_2-x_1|+1)sign(\psi_2);$$

$$\psi_2=x_2-x_1.$$

5. Линейный объект, имеющий функции $f_1=-x_1+x_2;\ f_2=x_2;\ \varphi_1=0;\ \varphi_2=1.$

$$F=-\frac{(x_2-x_1)sign(\psi_2)}{1-x_2 sign(\psi_2)};$$

$$\psi=x_1+\left(\frac{x_2^2}{2}-x_1x_2\right)sign(\psi_2);$$

$$\psi_2=\frac{x_2-x_1}{1-x_2 sign(\psi_2)}.$$

Примеры нелинейных объектов

1. Нелинейный объект, имеющий функции $f_1=\ln(x_2+1);\ f_2=0;\ \varphi_1=0;\ \varphi_2=1;\ x_2\ge -1.$

$$F=-\ln(x_2+1)sign(\psi_2);$$

$$\psi=x_1+\left[(x_2+1)\ln(x_2+1)-x_2\right]sign(\psi_2);$$

$$\psi_2=\ln(x_2+1).$$

2. Нелинейный объект, имеющий функции $f_1=x_2;\ f_2=-x_2^3;\ \varphi_1=0;\ \varphi_2=1.$

$$F=-\frac{x_2 sign(\psi_2)}{1+x_2^3 sign(\psi_2)};$$

$$\psi=x_1+\left[\frac{1}{6}\ln\left(\frac{1+x_2^2-|x_2|}{(1+|x_2|)^2}\right)+\right.$$

$$\left.+\frac{\sqrt{3}}{3}arctg\left(\frac{\sqrt{3}}{3}(2|x_2|-1)\right)+\frac{\sqrt{3}}{18}\pi\right]sign(\psi_2);$$

$$\psi_2=\frac{x_2}{1+x_2^3 sign(\psi_2)}.$$

Список литературы^

1. Садовой А.В., Сухинин Б.В., Сохина Ю.В. Системы оптимального управления прецизион-ными электроприводами. Киев: ИСИМО, 1996. 298 с.

2. Ловчаков В.И., Сурков В.В., Сухинин Б.В. Оптимальное управление электротехническими объектами. Тула: ТулГУ, 2004. 150 с.

3. Красовский А.А. Аналитическое конструирование контуров управления летательными аппаратами. М.: Машиностроение, 1969. 240 с.

4. Сурков А.В., Сухинин Б.В. Аналитическое конструирование оптимальных по быстродействию систем // Изв. ТулГУ. Сер. Проблемы управления электротехническими объектами. Вып. 3. Тула: ТулГУ, 2005. С. 119-122.

5. Зайцев, В. Ф., Полянин, А. Д. Справочник по дифференциальным уравнениям с частными производными первого порядка. М.: Физматлит, 2003. 416 с.

6. Козлов Д.В., Крючков В.В., Шопин С.А. Аппроксимация поверхности переключения релейного регулятора с использованием уравнения в частных производных и нейросетей // Известия ТулГУ. Технические науки. Сер. Управление, вычислительная техника и информационные технологии. Вып. 1. Тула: ТулГУ, 2010, С. 198-204.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СКВАЖИНЫ С ПОГРУЖНЫМ НАСОСОМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ

Кондратенко М.А., Федоров В.А., Фомин В.В.
Научный руководитель: Фомин В.В., к.т.н., доцент
Тюменский государственный нефтегазовый университет, 625000, Россия, г.Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: mari.univer@gmail.com

Известны классические методы интерпретации гидродинамических исследований скважин (ГДИС) по кривым падения и восстановления давления, которые критичны к начальным и краевым условиям проведения исследований [1]. Эти методы лежат в основе программных комплексов, которые используют специалисты на практике для обработки данных ГДИС.

В современной российской нефтегазовой промышленности в большинстве случаев происходит обработка данных ГДИС полученных ранее. Измерение параметров происходит в течение ограниченного времени и требует останова (планового или аварийного) скважины, что влечет финансовые потери для компании.

Для решения этой проблемы разрабатывается ряд предложений по модернизации оснащения фонда скважин, внедрения технологий «интеллектуализации» скважин, применение которых снижает риски и улучшает экономику добычи. Самые сложные системы позволяют осуществлять автоматическое управление работой скважин на всем месторождении без необходимости вмешательства оператора [2]. Но "интеллектуальными" скважины и процесс эксплуатации месторождения делает не сама по себе новая технология, а новаторское сочетание существующих передовых технологий, включая беспроводную передачу данных, дистанционные датчики, механизмы дистанционного контроля и робототехники.

В условиях оснащения месторождений новой измерительной техникой возникает потребность в автоматических или полуавтоматических алгоритмах обработки специально проведенных или спонтанных КВД и КПД. В литературе представлены хорошие результаты работы таких алгоритмов, например, на базе метода наименьших квадратов (МНК) [3,4] и адаптивной настройки параметров модели [5].

Рассмотрим один из вариантов построения алгоритма оценивания параметров притока в нефтяной скважине на базе МНК для базовой модели, рассмотренной в [6]. Математическая модель скважинной системы имеет вид:

$$\begin{cases} \dfrac{dP_1(t)}{dt} = W_1(P_2(t) - P_1(t) - q(t)), \\ \tau_2 \dfrac{dP_2(t)}{dt} = W_2(P_0 - P_2(t) - W_1(P_2(t) - P_1(t))). \end{cases} \quad (1)$$

с начальными условиями: $P_1(0) = P_2(0) = P_0$.

В системе уравнений (1) введены следующие обозначения:

переменные состояния - $P_1(t)$ и $P_2(t)$ - давление в забое и призабойной зоне соответственно [МПа];

$q(t)$ - расход жидкости через насос [м^3/сут]:

$q(t) = q_0 \cdot u(t)$, где $u(t) = \begin{cases} 1, 0 < t \le T, \\ 0, T < t \le \infty. \end{cases}$;

зональные гидропроводности переходов - W_1 и W_2 - из призабойной зоны в забой и из пласта в призабойную зону соответственно [м^3/(сут·МПа)];

τ_2 - упругоемкость призабойной зоны [м^3/МПа];

P_0 - давление на контуре питания [МПа].

Выполнив соответствующие преобразования, перейдем к описанию системы уравнений (1) в дискретном времени:

$$\begin{cases} P_1(t+1) = (1 - W_1\Delta t)P_1(t) + W_1\Delta t P_2(t) - \Delta t q(t), \\ P_2(t+1) = (1 - (\Delta t / \tau_2)(W_1 + W_2))P_2(t) + \dots \\ \qquad \dots + (\Delta t / \tau_2)W_1 P_1(t) + (\Delta t / \tau_2)W_2 P_0. \end{cases} \quad (2)$$

Для начальных условий и следующих значений параметров системы (таблица 1) построим кривые давлений $P_1(t)$, $P_2(t)$ и расхода $q(t)$ в скважине (рис. 1). Параметр $T = 50$ определен в ходе экспериментов в программном приложении Matlab как $T=t_{уст}$ кривых $P_1(t)$ и $P_2(t)$.

Таблица 1

Параметр	τ_2	W_1	W_2	q_0	P_0
Ед. Изм.	м^3/МПа	м^3/(сут·МПа)		м^3/сут	МПа
Значение	15	33	180	300	22

Параметр	Δt	T_1	T_2	$P_1(0)$	$P_2(0)$
Ед. Изм.	сут	-	-	МПа	МПа
Значение	0.01	T	2T	22	22

Математическую модель (1) запишем в регрессионном виде:

$$P_1(t) = c^T x, \quad (3)$$

где $C^T = [C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4 \quad C_5]$,

$x^T = [-\ddot{P}_1(t) \quad -\dot{P}_1(t) \quad -\dot{q}(t) \quad -q(t) \quad 1]$,

и C_i будет определяться по следующим равенствам:

$$C_1 = \frac{\tau_2}{W_1(W_1 + W_2) - W_1^2}; \qquad C_2 = \frac{W_1 + W_2 + W_1\tau_2}{W_1(W_1 + W_2) - W_1^2};$$

$$C_3 = \frac{\tau_2}{W_1(W_1 + W_2) - W_1^2}; \qquad C_4 = \frac{W_1 + W_2}{W_1(W_1 + W_2) - W_1^2};$$

$C_5 = P_0$.

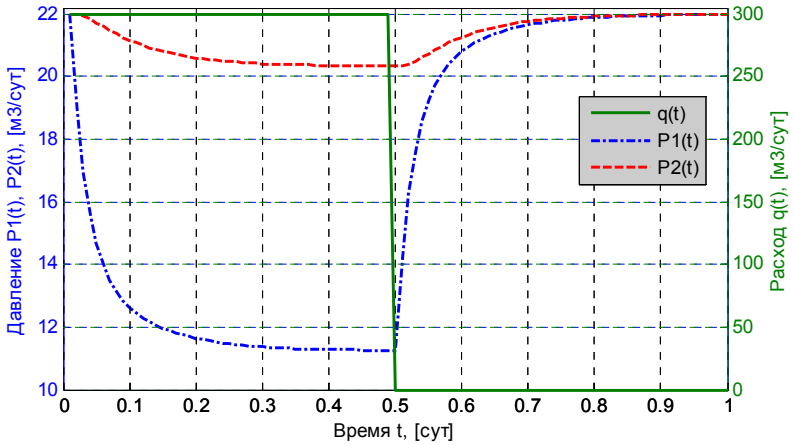


Рисунок 5 – Кривые давления $P_1(t)$, $P_2(t)$ и расхода в скважине $q(t)$

Таблица 2

Идентификация параметров на интервалах				
$t \in (0;T_2)$	$t \in (0;T_1)$	$t \in (T_1;T_2)$	$t \in (0;T_1+n)$	$t \in (T_1-n;T_2)$
$\langle W_1 \quad W_2 \quad \tau_2 \quad P_0 \rangle$				
$W_1=33$, $W_2=180$, $\tau_2=15$, $P_0=22$.	$W_1=35.5963$, $\tau_2=-2.535$, $W_2=-16.8512$, $P_0=0$.	$W_2=180$, $\tau_2=15$, $P_0=22$	$W_1=33$, $W_2=180$, $\tau_2=15$, $P_0=22$.	$W_1=33$, $W_2=180$, $\tau_2=15$, $P_0=22$.
-	Погрешность оценок: $\delta W_1=7.86\%$, $\delta\tau_2=116.9\%$, $\delta W_2=109.36\%$, $\delta P_0=100\%$.	-	-	-

В ходе идентификации параметров по схеме МНК определим численное значение: 1) $C^T=\langle C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4 \quad C_5 \rangle$ и 2) $\langle W_1 \quad W_2 \quad \tau_2 \quad P_0 \rangle$ при имеющихся наблюдениях $I=\langle P_1(t);q(t) \rangle$ и сравним с заданными параметрами в таблице 1.

По результатам сравнения параметров (таблица 2) в ряде случаев было отмечено отсутствие погрешностей в определении численных значений коэффициентов и параметров математической модели. Этим случаям соответствуют временные промежутки полного периода изменения кривых давления $t \in (0;T_2)$, и периоды КПД $t \in (0;T_1+n)$ и КВД $t \in (T_1-n;T_2)$ с расширенными границами. В остальных случаях, соответствующих областям падения $t \in (0;T_1)$ и восстановления $t \in (T_1;T_2)$ давления, наблюдается появление погрешностей в результатах идентификации параметров.

Для оценки чувствительности алгоритма идентификации к помехе в измерительном тракте проведено исследование, из которого следует, что алгоритмы данного типа устойчивы к наличию помехи в измерительном канале до 5% от уровня измеряемого сигнала и способны обрабатывать данные в режиме реального времени.

Список литературы:

1. Бузинов С. Н., Умрихин И. Д. Гидродинамические методы исследования скважин и пластов. - М.: Недра, 1973. - 246 с.

2. Leeuwenburgh O. Increasing Recovery Through New Reservoir Management Concepts.// Rogtec. - № 22. – С. 86-94.

3. Соловьев И.Г., Говорков Д.А. Идентификация гидродинамических параметров скважины оборудованной погружным насосом с наблюдателем процесса разгазирования нефти в подъемнике. Основы методики I. // НТЖ Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2009. - №3. - С. 28-34.

4. Соловьев И.Г., Говорков Д.А. Факторы устойчивости МНК-оценок параметров модели притока вертикальной скважины // НТЖ Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2009. - №9. - С. 31-36.

5. Solovyev Iliya G., Fomin Vitaliy V. Adaptive Observer Design for Hydrodynamic States of an Oil-Well // Proceedings of 18th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS-18, May 24-27, 2011, POLITEHNICA University of Bucharest) – Bucharest: EDITURA POLITEHNICA PRESS, Vol. 1, pp. 258-261.

6. Соловьев И.Г., Говорков Д.А., Фомин В.В. Модель и динамика переходных режимов нефтяных скважин // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2008. - №6. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ". - С.11-17.

ПОЛНОТЕКСТОВЫЙ ПОИСК В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Костыря Е.И.
Научный руководитель: Ковин Р.В, доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: e.kostyrya@gmail.com

В настоящее время сложно представить деятельность любого предприятия без использования эффективных средств автоматизации производственных и управленческих процессов. Технологические задачи позволяют решать автоматизированные системы управления технологическими процессами, а за задачи связанные с бизнес-процессами отвечают ERP-системы [1][1]. Так же на рынке средств автоматизации производства существуют MES-системы[2], которые предназначены для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках какого-либо производства.

Поиск является неотъемлемой частью функционирования любой информационной системы. Особую роль поиск играет в ERP- и MES-системах. Зачастую, из-за сложности проектирования и разработки подобных систем, функция поиска информации по БД системы отходит на второй план. В результате поиск информации ограничивается лишь поиском по метаданным. Использование пользователем такого поиска будет вызывать некоторые трудности, а именно нахождение требуемой информации, поскольку нет возможности вводить более точные условия поиска. Поэтому встает вопрос о наличии в системе полнотекстового поиска.

Полнотекстовый поиск – это поиск по всем текстовым полям документа. Под текстом подразумевается набор слов (выделенная по некоторым правилам последовательность букв), чисел и меток (комбинации букв и цифр или букв разных алфавитов). В задачу полнотекстового поиска наряду с дешифровкой разных форматов (это могут быть текстовые поля баз данных, файлы стандартных форматов - TXT, DOC, HTML, RTF, XLS) входит понимание внутренней структуры текста. Полнотекстовый поиск в базах данных является одним из востребованных механизмов доступа к содержимому любой современной информационной системы, которые хранят метаинформацию, а зачастую, и сами документы, в базе данных. Ярким примером служат интернет-ресурсы. Поисковые разделы веб-сайтов демонстрируют, каким образом может быть реализован для пользователя поиск необходимой информации. По мере накопления документов в системе возникает проблема организации эффективной навигации по системе, чтобы пользователь смог за минимальное количество кликов найти нужный документ. Помимо стандартной, зачастую ручной, навигации с использованием рубрикации (тематической, по типу материалов, категории пользователей и т.д.), полнотекстовый поиск является одним из самых эффективных методов навигации.

Для того чтобы механизм полнотекстового поиска работал, необходимо сделать переход от ввода в поисковой строке требуемой информации к формированию запроса к БД. Интерфейс программы является связующим звеном между пользователем и СУБД, которая является серверной частью системы управления производством.

Рассмотрим задачу реализации полнотекстового поиска для MES-системы «Магистраль - Восток», которая является системой управления производством в нефтегазовой отрасли. Программное обеспечение «Магистраль – Восток» состоит из серверной и клиентской части. Серверная часть работает под управлением СУБД Microsoft SQL Server 2005 и предназначена для хранения, сбора, передачи и обработки паспортной, плановой, пространственной, технологической и прочей информации [2].

Как известно, SQL Server включает функции, необходимые для выполнения полнотекстовых запросов к неформатированным символьным данным в таблицах SQL Server [3]. Основные компоненты системы поиска в СУБД Microsoft SQL:

- подсистема хранения информации;
- модуль формирования полнотекстовых запросов;
- модуль формирования полнотекстового индекса (на основе извлеченного текста);
- тезаурус (расширение поискового запроса и результатов);
- модуль стоп-листов (слова, которые не влияют на результат, например, междометия);
- полнотекстовый индекс (оптимизация поисковых запросов).

Предлагается следующий подход к реализации полнотекстового поиска в системе «Магистраль-Восток». В подсистеме хранения информации системы «Магистраль-Восток» содержатся все данные предприятия. После ввода в поисковой строке искомой информации начинает работать модуль формирования полнотекстовых запросов. Модуль формирования полнотекстового индекса является важным компонентом системы поиска, так как полнотекстовый индекс — это словарь, в котором перечислены все слова и указано, в каких местах они встречаются. Полнотекстовый индекс (Full text index) - результат полнотекстового индексирования документов в базе данных. Он содержит информацию о том, в каком документе какая лексическая единица содержится. В SQL Server полнотекстовые запросы могут выполнять поиск синонимов для заданных пользователем терминов с помощью тезауруса. Тезаурус в SQL Server определяет набор синонимов для указанного языка. Из-за специфики предметной области – нефтегазовое производство, требует вводить дополнительный набор синонимом характерной для данной области. Модуль стоп-листов позволяет оптимизиро-

[1] ERP-система (англ. Enterprise Resource Planning) – это система для управления всей совокупностью ресурсов компании - денежными средствами, производственными мощностями, персоналом и т.д.

[2] MES-система (англ. Manufacturing Execution System)- это специализированное прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках какого-либо производства.

вать поиск, исключая слова, не влияющие на результат.

Ускорить процесс разработки поиска позволяет хранимая процедура. Хранимая процедура — объект базы данных, представляющий собой набор SQL-инструкций, который компилируется один раз и хранится на сервере. Хранимые процедуры позволяют повысить производительность, расширяют возможности программирования и поддерживают функции безопасности данных.

Применение полнотекстового поиска можно рассмотреть на примере работы MES-системы «Магистраль – Восток». На рис.1. приведена обобщенная схема принципа работы полнотекстового поиска. Процесс поиска происходит следующим образом. Искомая информация, введенная клиентом в строку ввода, передается хранимой процедуре. Хранимая процедура формирует текст запроса на языке TSQL и выполняет его. При этом происходит обращение к механизму полнотекстового поиска, который в свою очередь и реализует поиск. Запрошенные данные возвращаются через хранимую процедуру, которая передает результат запроса на клиентское ПО. В итоге клиент видит результат поиска.

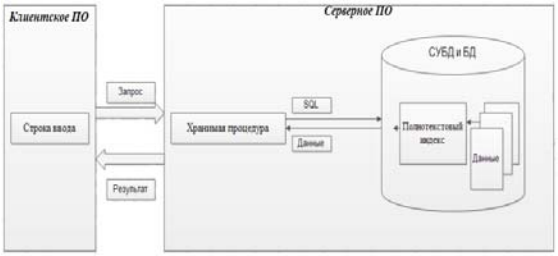


Рис.1.Обобщенная схема принципа работы полнотекстового поиска

Главным критерием высокого уровня реализации поисковой системы является релевантность, т.е. степень соответствия документа запросу. Насколько релевантна та или иная информация запросу, определяется поисковым алгоритмом. В самом простом приближении релевантность документа определяется соотношением количества употребления ключевых слов, входящих в поисковый запрос, к общему объёму текста.

Также релевантность - это субъективный критерий ранжирования. Это процесс, результат которого пользователь видит, получая ответ поисковой системы на свой вопрос. Система получает и обрабатывает запрос, сортирует все, имеющиеся в своей базе данные, то есть производит ранжирование, и выдает результат. Выдача представляет собой страницу или несколько, где в определенном порядке расположены записи БД, отвечающие на вопрос. Расположение всех записей в соответствующую цепочку и есть ранжирование.

Методы ранжирования можно классифицировать следующим образом:

1. Поточечный подход (pointwise approach) - в этом подходе для каждой пары запрос-документ выдается какое-то численное значение, характеризующая релевантность.
2. Попарный подход (pairwise approach) - в попарном подходе на вход системы подаются два документа, которые необходимо сравнить. Т.е. из двух документов выбирается документ, который наилучшим образом выдает ответ на запрос.
3. Списочный подход (listwise approach) - в данном случае на вход поступают сразу все документы, которые отвечают на запрос-документ. Дальше применяется какая-либо ранжирующая модель, благодаря которой на выходе получаем отранжированный список.

В настоящее время осуществляется программная реализация предложенного подхода полнотекстового поиска.

Таким образом, любая система производства должна иметь внутренний поиск по системе. Такая функция является крайне необходимой и важной, поскольку своевременное нахождение требуемой информации существенно повышает производительность всего предприятия в целом. Поэтому проектирование и разработка информационного поиска должны занимать одно из центральных мест при создании подобных систем управления.

Список литературы:

1. Ковин Р.В., Копнов М.В., Кудинов А.В., Мирошниченко Е.А., Шерстнев В.С. Корпоративная геоинформационная система для управления производством ОАО “Востокгазпром” //Труды межрегиональной конференции “Газораспределительные системы. АГНКС. АГЗС. Проектирование. Строительство. Эксплуатация.” - Томск, 24-26 сентября 2003. - : , 2003. - с. 112-119 (36752207)
2. Богдан С.А., Кудинов А.В., Марков Н.Г. Опыт внедрения MES «Магистраль-Восток» в нефтегазодобывающей компании //Автоматизация в промышленности, 2010. -№ 8 -с. 53–58 (66276283)
3. Обзор SQL Server. [Электронный ресурс]. URL: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms166352(v=sql.90).aspx (дата обращения 10.02.2012)

МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ SIMULINK СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПРИОРИТЕТАМИ

Кузьмичева Е.А.
Научный руководитель: Сергеева Е.Е., ассистент
Томский политехнический университет, 634028, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, д.2, корпус 10
E-mail: kuzmichevaliza@mail.ru

Системы массового обслуживания (СМО) – это математические модели таких реальных или проектируемых систем, функционирование которых можно рассматривать как последовательное взаимодействие неких дискретных объектов с элементами системы. Эти объекты, обычно поступающие в систему из внешних источников, некоторое время взаимодействуют с элементами системы по определенным правилам, а затем покидают систему.

В СМО дискретные объекты называются заявками, требованиями или клиентами. Их взаимодействие с элементами системы в течение времени, заданного некоторым образом, называется обслуживанием, а сами эти элементы – узлами обслуживания или обслуживающими приборами. Порядок взаимодействия заявок с системой, т. е. порядок их поступления в систему, пребывания в системе, порядок обслуживания и ухода из системы, правила работы обслуживающих приборов и т. п., называется дисциплиной обслуживания.

В данной работе рассматривается задача изучения процесса моделирования системы массового обслуживания заявок, имеющих различный приоритет (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) , используя систему моделирования динамических и событийно управляемых систем Simulink. Использование данной программы позволяет применять для моделирования принцип визуального программирования, в соответствие с которым пользователь на экране из библиотеки готовых стандартных блоков создает модель устройства и осуществляет расчеты. При этом, в отличие от классических способов моделирования, пользователю не нужно досконально изучать язык программирования и численные методы, а достаточно общих знаний, требующихся при работе на компьютере, и знаний, необходимых для работы в предметной области. Это значительно упрощает процесс проектирования, разработки и написания программы и позволяет рассматривать более сложные системы.

Процесс моделирования в данной работе заключается в следующем: приход заявок (клиентов) в систему моделируем при помощи блока Time-Based Entity Generator. Каждая новая заявка приходит через интервал времени, равный случайной величине, поступающей на вход данного блока. Эта случайная величина генерируется при помощи блока Event-Based Random Number, в котором задается тип распределения и необходимые параметры случайной величины. Таким образом, в системе имеется два источника заявок: один моделирует приход клиентов с низким приоритетом, другой – с высоким.

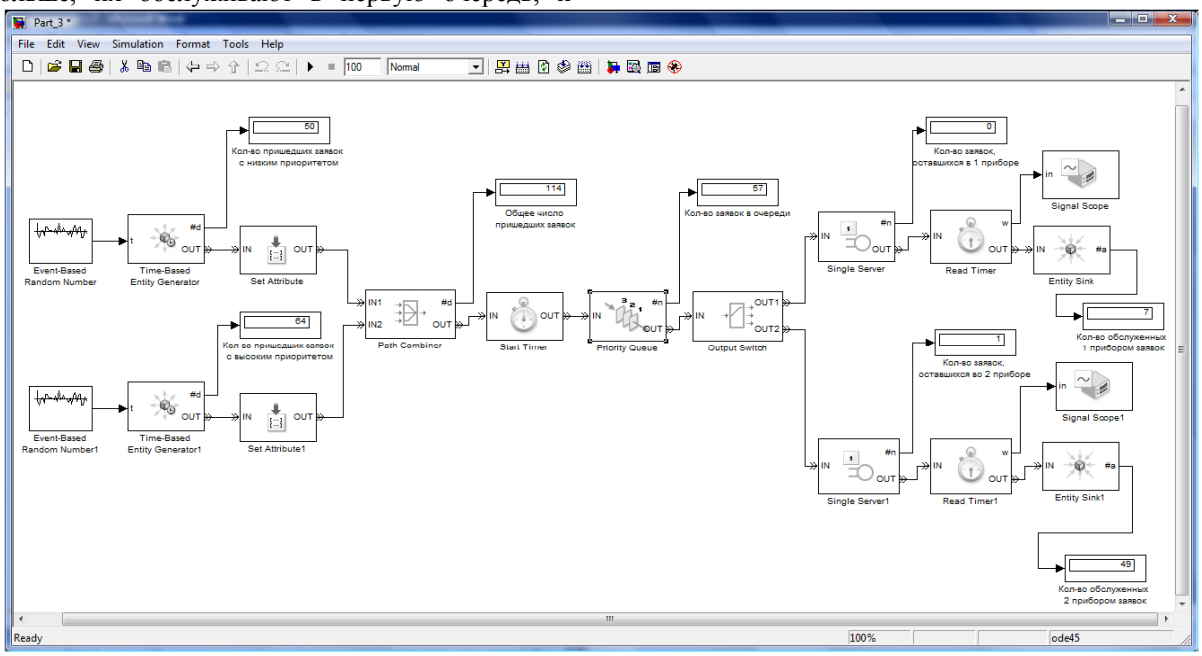
Предполагается, что в моделируемой системе заявки с высоким приоритетом приходят реже и обслуживаются дольше, чем заявки с низким приоритетом. Для того чтобы заявки с высоким приоритетом приходили реже, необходимо в блоке Event-Based Random Number правильно указать параметры конкретного распределения случайной величины. Например, для равномерного распределения нужно увеличить интервал, в котором генерируется случайная величина.

Таким образом, мы смоделировали приход в систему заявок из двух источников, причем в один из них заявки приходят реже. Теперь будем рассматривать непосредственно блок, позволяющий задавать заявкам приоритет. Ранее было сказано, что заявки с высоким приоритетом приходят реже и обслуживаются дольше. Именно время обслуживания заявок будет являться параметром, позволяющим отличить заявки с низким приоритетом от заявок с высоким приоритетом. Для реализации механизма приоритетов используем блок Set Attribute. В этом блоке задаем атрибут ServiceTime – время обслуживания. Для заявок с высоким приоритетом значение данного атрибута должно быть больше, чем для заявок с низким приоритетом. Также задаем дополнительный атрибут Switch, о назначении которого будет сказано далее. С помощью блока Path Combiner все пришедшие в систему заявки объединяются в единый поток, который поступает в блок Priority Queue. Этот блок выстраивает заявки в очередь в соответствии с атрибутом SeviceTime, который был задан в блоке Set Attribute. В параметрах блока Priority Queue необходимо указать направление сортировки заявок. В нашей системе задаем направление по убыванию, то есть в начале очереди будут стоять заявки, имеющие большее время обслуживания, а, следовательно, и больший приоритет. Атрибут Switch нужен для того, чтобы блок Output Switch разделял заявки и отправлял их на разные приборы, т.к. время обслуживания у заявок низкого и высокого приоритета различно. После этого заявки в порядке очереди отправляются на обслуживающие приборы, моделируемые при помощи блока Single Server. В этом блоке время обслуживания заявок задается уже не случайной величиной, как время прихода, а атрибутом ServiceTime, заданным в блоке Set Attribute. Обслуженные заявки поступают в блок-приемник Entity Sink. На этом работа системы заканчивается и можно производить обработку результатов работы смоделированной системы.

В результате проведения нескольких опытов с различными типами распределения была составлена таблица результатов моделирования (Табл. 1). Из приведенных в таблице данных видно, что использование приоритетов наглядно проявляется в следующем: несмотря на то, что

заявки с высоким приоритетом обслуживаются дольше, их обслуживают в первую очередь, и только затем поступают на обслуживание заявки с низким приоритетом.

Таким образом, используя программу Simulink, можно моделировать различные системы, в том числе системы массового обслуживания, имеющие очень важное практическое применение и широкое распространение на сегодняшний день.



Прибор №1 обслуживает заявки с низким приоритетом, прибор №2 – с высоким. R(0,1) – равномерное распределение на интервале от 0 до 1, Exp(Mean = 1) – экспоненциальное распределение с интенсивностью 1.

Табл. 1 Результаты моделирования

№ опыта	№ прибора	Параметры распределения, моделирующего интервал между приходами заявок	Количество пришедших заявок	Количество обслуженных заявок	Количествоо-ставшихся в приборе заявок	Количество заявок в очереди	Время моделирования
1	1	R(0,5)	40	39	1	0	100
	2	R(0,9)	18	18	0		
2	1	Exp(Mean = 1)	111	85	1	25	
	2	Exp(Mean = 5)	24	24	0		
3	1	R(0,1)	109	10	0	100	
	2	Exp(Mean = 1)	51	49	1		
4	1	Exp(Mean = 2)	50	7	0	57	
	2	R(0,3)	64	49	1		

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ В ВИДЕОПОТОКЕ

Кулманакова Е.В.
Научный руководитель: Спицын В.Г., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: naru@tpu.ru

Введение

В настоящее время стабильно пользуются спросом системы внутреннего и наружного видеонаблюдения, используемые как в охранных системах, так и в различных отраслях промышленности, в индустрии развлечений, и т.д. [1]. Необходимость в них произрастает из широчайших возможностей применения. Примером могут служить охранные системы обнаружения злоумышленников за счёт исключения из этого процесса "человеческого фактора", отслеживание пассажиров на вокзалах и в транспорте, позволяющее автоматически точно оценивать их количество, уровень агрессивности поведения [2].

Методическая часть

Распознавание объектов во многом основывается на способности восприятия замкнутых контуров [3]. Поэтому для отслеживания людей на потоковом видео необходимо первым делом распознать человека на нём, вычленить его контур. Общий алгоритмический подход к детектированию подвижных объектов состоит в анализе различий между текущим кадром и моделью фона. Упрощенно, этот подход называется вычитанием фона (background subtraction) [4, 5]. Принадлежность пикселя к объекту (или к фону) определяется на основе отклонения значения (яркости) пиксела в текущем кадре от его статистической оценки в модели фона. Известно множество методов моделирования фона изображения. Наиболее распространены методы бегущего гауссовского среднего (running Gaussian average) [6]. Каждый пиксель фоновой модели равен:

$$imgBG[p] = a \times imgBG[p] + (1 - a) \times imgF[p],$$

где p – обрабатываемый пиксель, imgBG – формируемое фоновое изображение, imgF – текущий кадр видео, a – подбираемый параметр.

Метод бегущего среднего успешно работает в идеальных условиях, когда фон остается практически неподвижным. В случае глобального изменчивого фона, например, движения леса, кустарников и воды, одномодальная модель не позволяет эффективно обнаруживать инородные объекты. Но также он менее ресурсозатратен по сравнению с другими методами [6].

Перед началом детектирования необходимо произвести некоторые подготовительные операции с кадрами видео. А после обнаружения движения проанализировать полученные результаты и выбрать только подходящие из них–движущихся людей. Общий алгоритм работы программы состоит из следующих шагов:

Нахождение значения интенсивности каждого пикселя каждого кадра видео изображения [7].

2. Небольшое размытие фильтром Гаусса изображений для устранения излишних помех на видео и незначительных деталей.
3. Формирование фона.
4. Распознавание движущихся объектов путем сопоставления яркостей пикселей нового кадра и фона.
5. Графическое выделение движущихся объектов.

Экспериментальная часть

Для предварительного тестирования и выявления слабых мест алгоритмов и способов решения поставленных задач была написана программа на языке C++ в среде Microsoft Visual Studio, экспериментально подтверждающая ранее проведенные теоретические исследования и позволяющая на следующем этапе исследований расширить механизм детектирования с помощью нейронных сетей.

Принцип работы заключается в следующем. По нескольким первым кадрам видео создается фон. После этого яркость пикселов последующих кадров сравнивается с яркостью пикселов фона. При определенной разнице в них необходимо пометить данные пикселы, как пикселы принадлежащие объекту. Далее каждый кадр обрабатывается последовательным наложением сетки, состоящей из квадратных областей. Координаты квадратных областей заносятся в специальный вектор координат, если они более чем наполовину заполнены пикселями объекта.

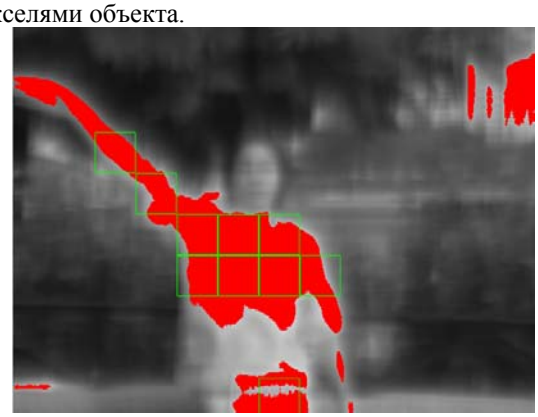


Рис. 1. Детектирование наиболее объемных движущихся частей

Далее вектор с координатами кластеризуется, чтобы можно было из всех областей выделить одну область, охватывающую наибольшее скопление пикселей объекта, которые как раз и будет являться искомой фигурой человека.

Рис. 2. Результат обнаружения торса человека на видео

Вывод

По результатам проделанной работы была выявлена необходимость в применении более быстрого алгоритма детектирования движения на видео, что является принципиально важным при обработке потокового видео. В разработанной системе алгоритм недостаточно быстро обрабатывал поступающее видео, за счёт чего происходили задержки. Также необходима разработка менее чувствительного алгоритма к изменениям внешней среды. В связи с чем было решено дальнейшие исследования и разработки направить на использование нейронной сети в вопросах извлечения движущегося объекта из фона.

Первое небольшое время нейронная сеть будет обучаться, настраивать веса связей на формируемом входном потоке, сформированном из получаемого потокового видео. После обучения такая система будет способна достаточно быстро определять движущегося человека.

При применении готовой системы в реальных условиях также возможно более точное отслеживание движущихся людей за счёт того, что появляется возможность заранее сгенерировать фон в отсутствие людей.

В перспективе развития ставится также задача учёта смены времени суток, которое особенно остро стоит перед камерами наружного наблюдения. За счёт использования системы в связке с инфракрасными камерами также можно будет достигнуть еще более улучшенных результатов при ночном наблюдении.

В последующем планируется применение алгоритма отслеживания на основании модели человека. Таким образом сопровождение людей будет не только в целом отображать местонахождение человека на видео, но и отдельных его частей тела (распознание ног, рук, торса, головы) [8].

Кроме того будет целесообразно использовать фильтр Калмана. для получения точных, непрерывно обновляемых оценок положения некоторого объекта по результатам временного ряда неточных измерений его местоположения. Он использует вероятностную модель динамики цели, задающую тип вероятного движения объекта, что позволяет снизить воздействие шума и получить хорошие оценки положения объекта в настоящий, будущий или прошедший момент времени. Данный фильтр также есть смысл использовать в задаче трекинга человека на видеоизображении, так как видео поступает с внешних непрофессиональных камер и от этого подвержено различным помехам [9].

Список литературы:

1. Хочешь безопасности – установи видеонаблюдение [Электронный ресурс]:- Режим доступа: http://miluidom.ru/oborudovanie/xochesh-bezopasnosti-ustanovi-videonablyudenie/
2. Актуальность применения видео наблюдения на транспорте [Электронный ресурс]:- Режим доступа: http://secfishka.ru/2011/03/13/aktualnost-primeneniya-video-nablyudeniya-na-transporte.html
3. Vadas Gintautas, Michael I. Ham, Benjamin Kunsberg. Model Cortical Association Fields Account for the Time Course and Dependence on Target Complexity of Human Contour Perception // PLoS Computational Biology Volume 7. – United States of America, 2011 – P. 1.
4. Background Subtraction [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.cutthroatstudios.com/blog/2010/12/background-subtraction/#more-156
5. Alvaro García, Jesús Bescós. Real time video foreground extraction based on context-aware background subtraction // Universidad Autónoma de Madrid. – Spain, 2005 – P. 4
6. Встроенная видеоаналитика для детектирования и сопровождения объектов при помощи многомасштабных признаков [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://synesis.ru/ru/surveillance/articles/multiscale-va
7. Интегральное представление изображений [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://habrahabr.ru/blogs/algorithm/102919/
8. Deva Kannan Ramanan. Tracking People and Recognizing their Acitivies // University of California. – Berkeley, 2005 – P. 139
9. Фильтр Калмана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Фильтр_Калмана

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ И ИХ СОРТИРОВКИ МОБИЛЬНЫМ LEGO РОБОТОМ

С.М. Курганов, А.А. Воронин, Т.В Александрова
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
skurganov92@gmail.com, aleksandr_av@bk.ru

Цель работы

Одной из важных проблем современных производственных мобильных роботов (МР), является определение формы объектов и операционные действия над ними.

Наиболее распространенной задачей является сортировка объектов различных форм – факторов.

Первоочередной задачей для бортовой системы МР является правильное распознавание объектов.

Особое внимание следует уделить разработке алгоритма движения МР по контрастной линии, который включает в себя резкие остановы, повороты на 90 градусов, объезд препятствий.

Постановка задачи

Пусть задан следующий сценарий операционных действий робота: робот должен выйти из зоны старта и прибыть в зону получения задания (рис.1), где должен остановиться на 10 с. В течение этого периода на поле в указанных местах устанавливаются 5 объектов, которые могут относиться к трем группам (рис.2). Эти объекты нужно отсортировать к заранее заданному положению.

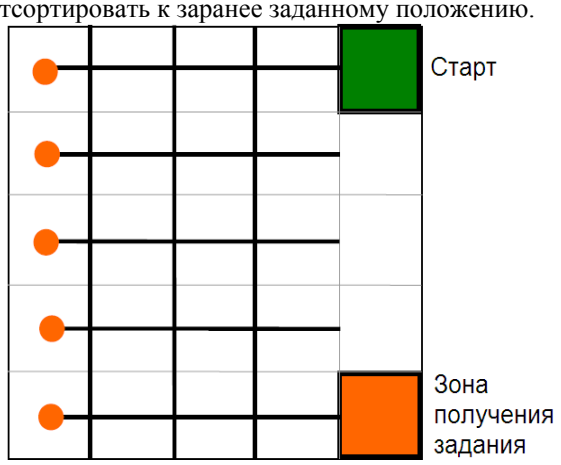


Рис.1 Поле

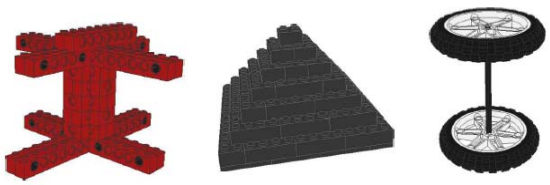


Рис.2 Объекты для сортировки

Заданными условиями при разработке алгоритма для движения по линии, распознавания объектов и их сортировки являются:

- Автономность.
- Быстродействие системы.
- Точность.
- Плавность хода.
- Надежность.

Решение

Описание алгоритма

Для решения поставленной задачи был собран мобильный робот из кибернетического конструктора LEGO Mindstorms NXT 2.0. Программирование алгоритма осуществлялось с использованием программной платформы LabVIEW Robotics 9.0 с графическим языком программирования [1].

В качестве конструкции мобильного робота была собрана лего-модель сортировщика (рис.3) с использованием 3-х серводвигателей, 2-х датчиков света (для движения по линии) и электрооптический датчик приближения(EOPD) фирмы HiTechnic (для определения типа фигур).

Рис.3 Модель мобильного робота

Ключевым элементом сортировочной функции МР является механизм захвата, позволяющий оперировать объекты различной формы.

При реализации алгоритма движения по контрастной линии был использован пропорциональный регулятор, обеспечивающий
высокую надежность и скорость перемещения МР по полю [2].

Алгоритм распознавания объектов заключается в сравнивании пространственной модели фигуры, полученной с использованием EOPD датчика, с эталонной.

Датчик включается строго в заданных местах, и представляет собой определение расстояния в каждой точке и суммирование их в радиусе нахождения фигур.

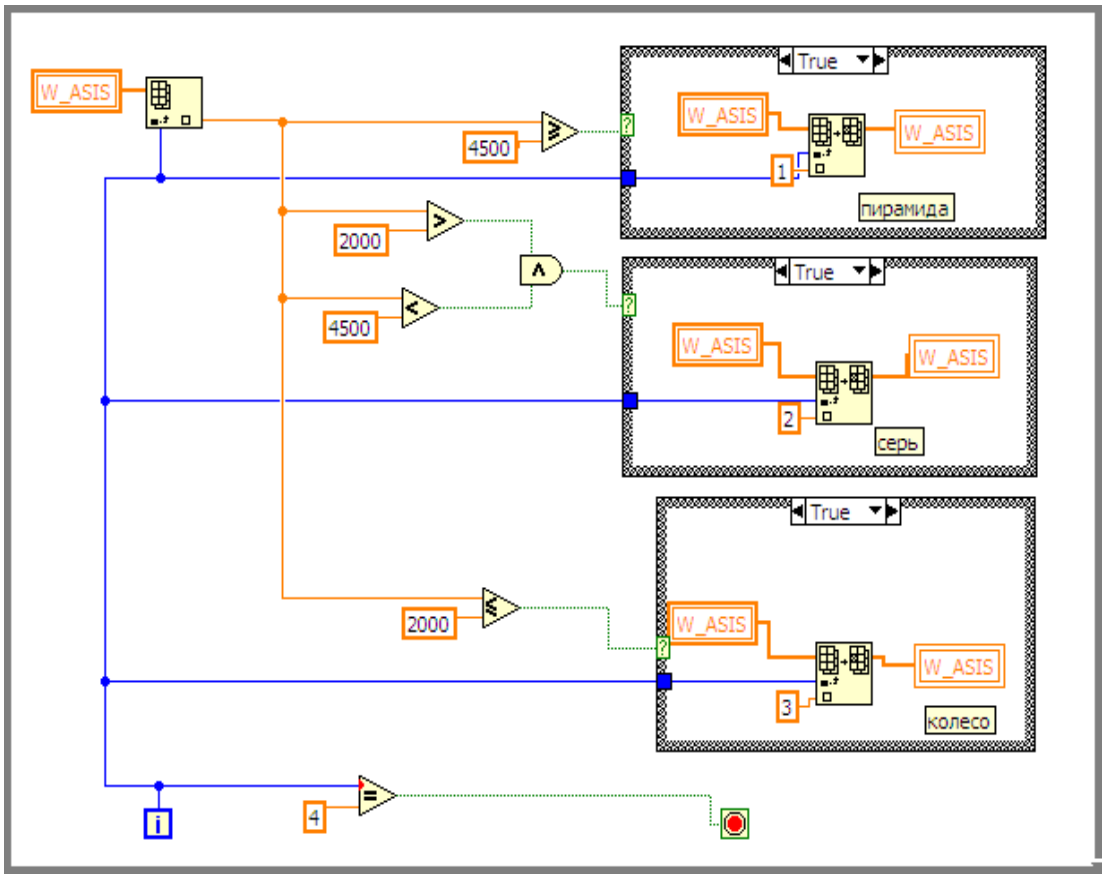


Рис. 4. Пример программы в LabVIEW Robotics

После суммирования происходит сравнение полученного интегрального значения с заранее измеренными эталонами каждой фигуры (рис.4).

Разработанный алгоритм идентификации фигур показал достаточно высокую точность работы: почти 100% при постоянных условиях окружающей среды.

При изменении условий освещенности требуется корректировка эталонных значений.

Алгоритм сортировки построен на сравнении двух массивов “КАК ЕСТЬ” и “КАК ДОЛЖНО БЫТЬ” [3]. При обнаружении несовпадений соответствующих элементов этих массивов прокладывается маршрут движения МР по перемещению фигуры на промежуточную позицию. При совпадении элементов массивов МР двигается к следующей фигуре.

После завершения этого этапа сортировки производится линейное перемещение фигур с промежуточных позиций на основные [4].

Выводы: данная задача была полностью выполнена и апробирована в рамках 4-го фестиваля робототехники СФУ г.Железногорск. Разработанный МР показал наилучшее время и высокую стабильность выполнения поставленной задачи. Работа была удостоена дипломом I степени.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Официальный сайт компании National Instruments в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.labview.ru.
2. Белиовская Л.Г., Белиовский А.Е Программируем микрокомпьютер NXT в LabVIEW.-М.:ДМК пресс; 2010.-280с.
3. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К.И. Алгоритмы: построение и анализ. — М.: «Вильямс», 2006.-357с
4. Дональд Кнут Искусство программирования, том 3. Сортировка и поиск. — М.: «Вильямс», 2007.-211с.

СЕМАНТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ БИБЛИОТЕКИ

Ле Хоай
Научный руководитель: Тузовский А.Ф., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: lehotomsk@yahoo.com

Аннотация: рассматривается ряд проблем в электронных библиотеках, анализируются новые технологии, предоставляющие средства их решения. Поясняются семантические электронные библиотеки, их основные задачи функционирования.

Ключевые слова: электронная библиотека, семантическая электронная библиотека, семантические технологии.

ВВЕДЕНИЕ

Под электронными библиотеками (ЭБ) понимаются информационные системы, позволяющие автоматизировать работу пользователей с электронными ресурсами (ЭР) такими как документы, изображения, аудио, и видеофайлы. Организация работы системами с такими ресурсами сталкивается с ключевыми проблемами.

С появлением семантических технологий (СТ), предоставляющих средства работы с семантикой ресурсов, возникла возможность разработки подходов к автоматизации работы с ЭР на новом уровне.

В статье рассматриваются семантические электронные библиотеки и их основные задачи функционирования.

ПРОБЛЕМЫ СЭБ

Электронные библиотеки реализуют набор функций для обеспечения пользователям полного доступа к множеству распределенных и разнородных документов, содержащих информацию и знания, интегрируя их в единое информационное пространство [1].

Основными проблемами ЭБ являются следующие [1]:

- интеграция разнородной информации (электронных ресурсов, пользовательских профилей, таксономий), на основе различных метаданных, содержащих выразительные семантические описания.
- поддержка взаимодействия с другими информационными системами (и не только ЭБ) либо с помощью метаданных, либо на уровне коммуникации или с помощью обоих возможностей. При этом в качестве единого языка взаимодействия между системами может использоваться язык RDF (Resource Description Framework).
- обеспечение надежного, удобного и адаптируемого поиска и интерфейсов просмотра электронных документов, усиленных работой с семантикой.

Для решения этих проблем и улучшения функционирования ЭБ требуется разработать новый тип ЭБ, на основе использования новых информационных технологий, в том числе, семантических. Такие ЭБ обычно называются семантическими электронными библиотеками (СЭБ).

СЕМАНТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Под семантикой обычно понимается смысл, лежащий в основе слов (или терминов), и взаимосвязей между ними [2].

Семантические технологии это набор стандартов и методов, позволяющих описывать смысла данных (их семантику) и реализовать работу с ним.

Семантическое описание информационных ресурсов (метаинформации) с применением СТ выполняется с помощью языка RDF (Resource Description Framework) в виде набора триплетов (субъект - предикат - объект).

Для описания отношений между понятиями (онтологий) используется язык RDFS (RDF-Schema), позволяющий определять простые схемы взаимосвязей между понятиями и выполнять с их помощью некоторые логические выводы. Для более точного описания онтологий используется язык OWL (OWL – Ontology Web Language), который является развитием языка RDFS. Язык OWL имеет несколько версий, предназначенных для разных видов задач [2].

В информационных технологиях под онтологией понимается набор понятий и взаимосвязей между ними, описывающих определенную предметную область. Содержание понятий определяется с помощью концептов.

В составе СТ также имеется язык SPARQL (Simple Protocol Access RDF Query Language) для извлечения и работы с данными, представленными формате RDF.

Семантические технологии являются перспективными для решения проблем ЭБ за счет предоставления следующих возможностей:

1. поддержка взаимодействия и интеграции данных: превращение информации из различных форматов и структур в знании с помощью средств сопоставления данных с общей моделью предметной области;

2. непосредственная интеграция данных и расширенные возможности выполнения запросов к семантическим данным путем предоставления средств загрузки различных данных различных форматов в семантическое хранилище данных;

3. выполнение логического вывода на данных семантического хранилища на основе онтологий и наборов правил.

Другие возможности с использованием семантических технологий описаны в [2].

Использование семантических технологий для разработки ЭБ позволяет преобразовать их в СЭБ.

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЭБ

Семантические электронные библиотеки могут быть определены следующим образом [3]: семантическими называются электронные библиотеки, которые созданы на основе результатов исследований проведенных в области ЭБ, семантических технологий, социальных сетей и организации взаимодействия человека с компьютером.

На основе анализе проблем, архитектуры СЭБ, и существующих подходов [4] предлагается программная модель реализации СЭБ в рис. 1. Уровень бизнеса – логики (сервисы) решает следующие главные задачи функционирования СЭБ:

1. **Аннотирования ресурсов**: задача аннотирования ЭР должна быть решена путем представления подходящих средств (чаще пользовательских интерфейсов) для внесения требуемых данных в описания ЭР.

2. **Формирование профилей пользователей**: задача включает заполнение профилей пользователей данными о характеристике и интересах, ценных для выполнения задачи рекомендаций.

3. **Ведение иерархии каталогов**: задача представляет собой создание иерархической структуры электронных документов с использованием какой-либо категоризации. Для каждой категоризации должна быть разработана возможность представления ЭР в виде иерархии каталогов.

4. **Категоризация**: задача тесно связана с задачей ведения иерархии каталогов, суть задачи заключается в распределении ресурсов по типам, видам и особенностям.

5. **Просмотр**: предоставляется возможность удобного перехода между данными электронных документов (автор, издание, ключевые слова и т. д.).

6. **Поиск**: это типичная задача каждой системы управления данными. Новые и семантические технологии должны способствовать более точному и полному поиску документов.

7. **Рекомендация**: задача решается с использованием учетных данных профилей пользователей. Интересы пользователей являются ключевыми для рекомендации им соответствующих документов.

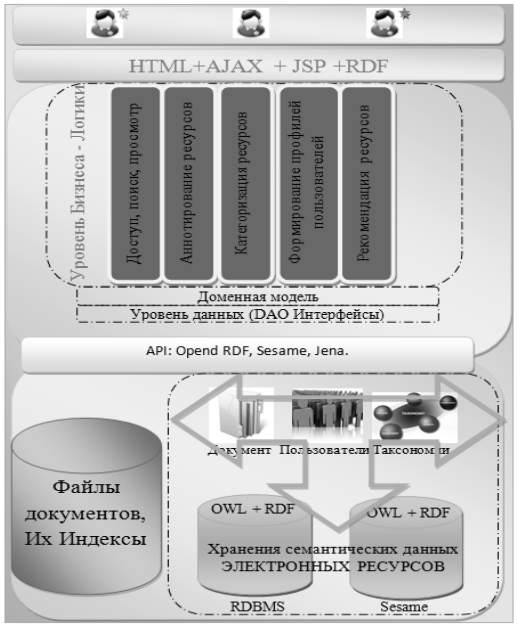


Рис. 1. программная модель СЭБ

В модели выполняются два основных процессов: Процесс формирования и аннотирования информационных объектов (профили пользователей, ресурсы, категории, рубрики, и т. д); Процесс поиска информационных объектов и возврата результатов.

Заключение

Современные электронные библиотеки должны применить семантические технологий для улучшения своего функционирования. Предложенные в статьи программную модель позволяют решить задачи функционирования семантических электронных библиотек.

Литература:

1. Bill McDaniel, Sebastian Ryszard Kruk. Semantic Digital Library / –Springer, 2009. – 242 p. –P. 79-80.

2. The Power Of Semantic Technology: Mind over Meta. 2012. – URI: http://www.dataversity.net/archives/288(дата обращения: 04.01.2012)

3. Semantic digital library web. 2011. – URI: http://semdl.info/, (дата обращения: 04.01.2012).

4. Тузовский А. Ф. , Ле Х. Х. Разработка семантических электронных библиотек // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. - 2011 - №. 2 (24) - С. 195-199 [19485-2011].

СИСТЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ БИЗНЕСА

Лисачева Е. И.
Научный руководитель: Чернышева Т. Ю., доцент, к.т.н.
Юргинский технологический институт Томского политехнического университета,
652055,Россия, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская 26.
E-mail: DjLena.91@mail.ru

Рынок информационных систем для бизнеса предлагает сегодня разнообразный выбор решений, помогающих предприятию организовать управленческий учет, обеспечить оперативное управление производством и сбытом, осуществлять эффективное взаимодействие с заказчиками и поставщиками. Отдельную нишу на рынке бизнес - систем занимают аналитические программные продукты, предназначенные для поддержки принятия решений на стратегическом уровне управления предприятием. Главное отличие таких инструментов от систем оперативного управления состоит в том, что последние обеспечивают управление предприятием в "режиме функционирования", то есть выполнения вполне определенной производственной программы, в то время как аналитические системы стратегического уровня помогают руководству предприятия вырабатывать решения в "режиме развития".

Спрос на аналитические системы стратегического уровня в настоящее время не превышает 2% общего оборота рынка информационных технологий. Однако, в недалеком будущем ситуация коренным образом изменится. Главными действующими лицами софтверного рынка станут продукты, обеспечивающие поддержку решения стратегических задач предприятия. Нового "бума" следует ожидать на протяжении ближайших пяти лет.

Российский рынок аналитических систем стратегического уровня на протяжении уже более 10 лет обрабатывают компании Альт, ИНЭК, ПРО-ИНВЕСТ-ИТ. Их продукты используют в общей сложности не менее 10 тысяч организаций. Краткая информация о каждой компании представлена в табл. 1.

Состояние зарубежного рынка аналитических систем стратегического уровня весьма напоминает ситуацию на российском рынке. Краткое описание каждой зарубежной фирмы представлено в табл. 2. Главное сходство в том, что его доля по отношению ко всему рынку программных продуктов для бизнеса так же невелика. Известные ныне на рынке зарубежные аналитические системы создавались в конце 80-х – начале 90-х годов. То есть, примерно в то же время, что и аналогичные российские продукты. Структура рынка также сходна с тем, что мы видим у нас. Наиболее распространенные аналитические системы, решают следующие задачи:

- диагностика финансового состояния предприятия на основании финансовой отчетности;
- прогнозирование финансовых показателей;
- бизнес-планирование;
- анализ и планирование маркетинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Задачи Менеджмента в XXI веке. Питер Ф. Друкер.: Пер. с англ. – М. Издательский дом <Вильямс>, 2000 – с. 272.

2. Создание информационной системы предприятия на основе автоматизации деловых процессов//Материалы всероссийской науч.-техн. конф. «Наука и образование-2003». 2003. Ч.1, с. 73-75

Таблица 1
Аналитические системы стратегического управления представленные на российском рынке

Фирма	Продукт	Цена* (USD)	Задачи, решаемые системой
Альт	Альт-Финансы	430	Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия по данным финансовой отчетности.
Интеллект-Сервис	БЭСТ-Анализ	200	Анализ товарооборота, закупок и цен для торговых организаций. Дополняет программный комплекс БЭСТ 4.0.
ИНЭК	Аналитик	1920 (360)	Анализ производственно-финансовой деятельности предприятия. Разработка, анализ бизнес-плана. Оценка бизнеса.
Касатка	Касатка	300	Разработка маркетинговой стратегии и тактики. Более соответствует мультимедийному учебнику, чем аналитической системе.
Курс	Marketing Analytic	1250	Анализ маркетинговой деятельности. Оперативное и стратегическое планирование маркетинга.

ПРО-ИНВЕСТ-ИТ	Audit Expert	1 110	Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия по данным финансовой и управленческой отчетности.
РОФЭР	Бизнес План PL	599	Разработка бизнес-плана.

* Для всех программных продуктов указана цена локальной версии (на одного пользователя); в скобках указана стоимость годового сопровождения продуктов, для которых эта услуга платная.

Таблица 2

Аналитические системы стратегического управления некоторых зарубежных фирм

Фирма	**Продукт**	**Цена (USD)**	**Описание продуктов**
ABC Technologies Inc., USA	Oros Analytics	7 000-15 000	Система OROS выпускается в двух видах: Enterprise и Analytics. Основная функция системы заключается в обработке данных, поступающих из ERP и CRM систем, их консолидации и построении обобщенной аналитической модели, с помощью которой можно осуществлять оперативное и стратегическое управление.
Alcar Group Inc., USA	Alcar Strategic Financial Planning System	50 000	Alcar Solution представляет собой программную платформу, настраиваемую под каждого отдельного пользователя. Число инсталляций не превышает 100.Основная функция системы состоит в консолидации финансовой информации, поступающей в головной офис от дочерних компаний или подразделений. Для этого в каждом подразделении компании строится своя финансовая модель, с помощью которой в головной офис передаются стандартизованные данные. Микромодели могут редактироваться на местах. Полученные в головном офисе данные консолидируются и на основе обобщенной модели топ-менеджеры принимают тактические и стратегические решения. Стоимость работ по адаптации системы к реальной ситуации зависит от многих факторов и колеблется в диапазоне от 50 до 500 тыс. долларов США.
Business Resource Software Inc	Business Insight	795	Business Insight - экспертная система (консультант в коробке), помогающая выбрать стратегию бизнеса.
Cash Focus Pty Ltd, Australia	ABC FocusCash FocusStrategic Focus	3 000	В ABC Focus используется концепция Activity-Based Costing - расчет актуальной себестоимости продуктов и услуг.
Computer Corporation of America, USA	Marketing Plus	140	Программа помогает поэтапно строить план маркетинга, указывая миссию фирмы, определяя цели и стратегии.
Decimal Technologies Inc, Canada	ABM Tools	5 370	Анализ издержек на модели предприятия. Как и у OROS Analytics, основная функция
Decisive Tools, LLC, USA	iDecide 2000	149	Созданная в 1999 году компания разработала продукт, аналогичный известной программе ithink, который так же предназначается для построения имитационных моделей процессов в виде потоковых диаграмм. С помощью этого инструментария можно провести анализ рисков принятия решений, используя метод Монте-Карло.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ВОДОЗАБОРНОЙ СТАНЦИЕЙ

Лотарев В.В., Лабутин А.Н.
Научный руководитель: Лабутин А.Н., д.т.н., профессор
Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7
E-mail: dotnetadept@gmail.com

Задача управления водозаборной станцией заключается в обеспечении изменяющегося в течении суток и сезонно спроса на воду у потребителей. При этом необходимо обеспечить безопасный уровень воды в резервуаре, не допускать перелива и полного опустошения, вместе с тем, в целях ресурсосбережения, необходимо препятствовать частому включению – отключению скважин.

Для соблюдения столь противоречивых требований приходится привлекать специалистов способных легко ориентироваться в различных ситуациях, в частности учитывать соответствие между потреблением воды и работой скважин. Таким образом необходима система управления, которая бы не зависела бы от индивидуальных качеств обслуживающего персонала. Специально для помощи операторам разрабатываются системы поддержки принятия решений, целью которых является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности.

При разработке систем поддержки принятия решений важную роль играет информационное обеспечение, перераспределение функций между программно-техническими средствами и человеком.

Основой информационного обеспечения системы поддержки принятия решений является база данных (паспортизация оборудования, архив инструкций, предаварийных ситуаций и прецедентов, структура объекта и его параметров), база знаний, а также программные средства и интерфейсы, необходимые для обмена информацией (рис. 1).

Система получает все необходимые данные о состоянии оборудования в составе объекта из базы данных, формируемой SCADA-системой в процессе эксплуатации объекта, базы данных паспортизации оборудования а так же переменных OPC сервера. Для выработки советов, пояснений оператору, подсказок оператору о применении управляющих воздействий на объект используются база управляющих правил и база знаний предметной области, информация о текущем состоянии оборудования, количестве включенных скважин, текущем значении уровня воды в резервуаре.

Основные программные средства (ПС) с указанием соответствующих функций представлены на рис. 2.

Программа пользователя (ПП) реализует алгоритмы нечёткого адаптивного управления обеспечивающиеся интегрированным нечётким адаптивным регулятором, управляющее воздействие которого выводится в виде советов ЛПР.

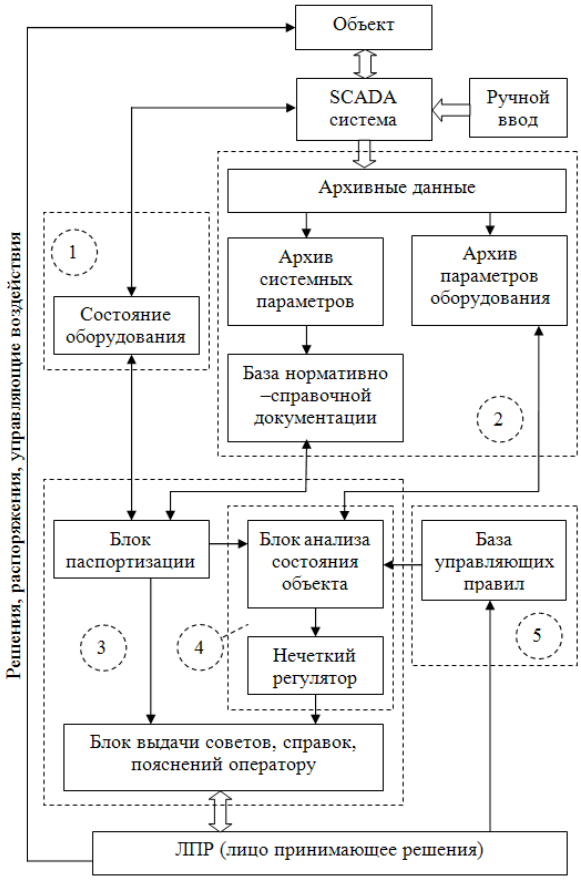


Рис.1. Информационная структура системы поддержки принятия решений: 1 – OPC сервер, 2 - сервер БД, 3 - программа пользователя, 4 – блок адаптивного нечеткого регулятора, 5 – структурированные данные

Рис.2. Функциональная структура системы поддержки принятия решений

При выборе ПС предпочтение отдавалось имеющим наиболее универсальные и распространенные программные интерфейсы (рис. 3). Сделано это для простоты замены ПС системы поддержки принятия решений (СППР). При выборе средст-

ва разработки ПП большое внимание уделено механизмам доступа к данным, скорости и простоте разработки приложений, а так же возможности модификации уже разработанного приложения [1].

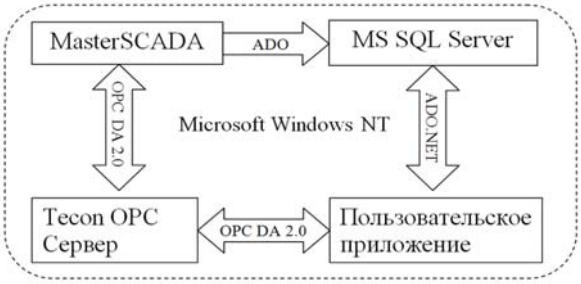


Рис. 3. Структура программных средств

На выбранных ПС реализованы функции СППР, разработан проект SCADA системы и реляционная модель базы данных, реализовано ПП, произведена настройка OPC сервера. Параллельно с разработкой осуществлялась настройка СППР. Настройка СППР осуществлялась на основе информации о технологическом процессе и оборудовании водозаборных сооружений. Была использована предварительная информация о паспортах оборудования, режимах его работы и данных о параметрах технологического процесса.

Для отладки системы в разработанном SCADA проекте была реализована имитационная модель технологического объекта.

Была разработана база данных содержащая всю необходимую для работы СППР информацию: архив параметров процесса, архив параметров оборудования, база нормативно – справочной документации (рис. 4).

Архив параметров процесса это массив оперативных данных и их архив, которых достаточно для составления представления об объекте управления в целом. С организацией архива параметров оборудования и процесса не возникает никаких проблем, так как все SCADA–системы имеют собственную реализацию архива. База нормативно–справочной документации обеспечивает паспортизацию оборудования.

База знаний - содержит полный набор настроек и управляющих правил нечёткого адаптивного регулятора и представлена в виде отдельного XML документа, с целью простоты внесения изменений при настройке нечёткого адаптивного регулятора.

Было разработано пользовательское приложение реализующее все возложенные на него функции (рис. 5).

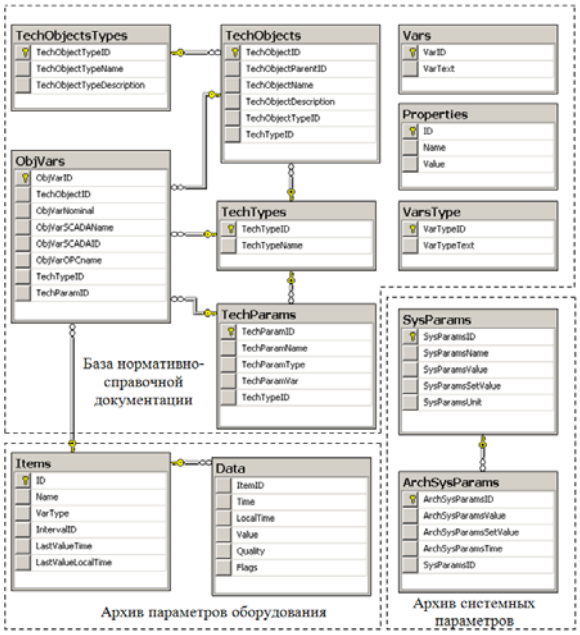


Рис. 4. Реляционная модель данных

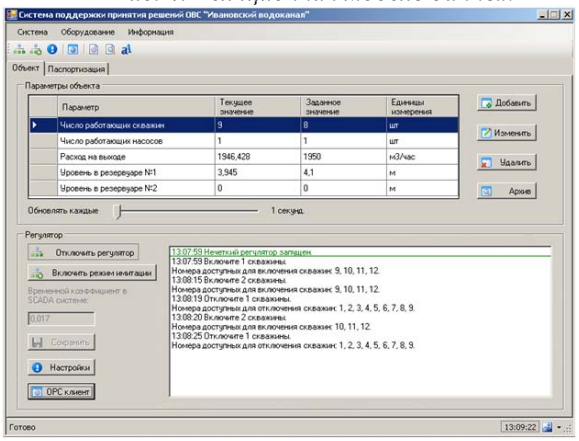


Рис. 5. Интерфейс программы пользователя

При разработке ПП главной целью было создать не просто реализацию конкретных функций, но и создать основу, которая в дальнейшем сможет быть легко дополнена и модифицирована по желанию пользователя.

Разработанная система поддержки принятия решений может использоваться для помощи операторам различных технологических объектов, а так же в научно-исследовательской работе студентов.

Список литературы:

1. Лотарев В.В., Лабутин А.Н., Гриценицкий П.Н., Невиницын В.Ю. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений в системе оперативно-диспетчерского управления водозаборной станцией. // Проблемы экономики, финансов и управления производством. Сборник трудов. Иваново, ИГХТУ, 2009, № 27, с. 261- 266

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ

Лотарев В.В., Щеглов С.П., Лабутин А.Н.
Научный руководитель: Лабутин А.Н., д.т.н., профессор
Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7
E-mail: dotnetadept@gmail.com

Объектом управления является водозаборная станция, состоящая из следующих элементов: блок артезианских скважин (АС) с насосными агрегатами, накопительные резервуары, высоковольтные насосы (ВНА) подачи воды из емкостей в последующие водонапорные сооружения (рис. 1). Накопительные резервуары выполняют роль буферных емкостей и сглаживают разбаланс между производительностью артезианских скважин и пиковым спросом на воду. Задача управления водозаборной станцией заключается в обеспечении изменяющегося в течении суток и сезонно спроса на воду у потребителей. При этом необходимо обеспечить безопасный уровень воды в резервуарах, не допускать перелива и полного опустошения, учитывать ситуацию с текущим потреблением воды и текущим забором, нестабильность рабочих характеристик насосных агрегатов скважин, состояние оборудования, распределенность скважин в пространстве и инерционность объекта. Управление объектом осуществляется путем включения в работу дополнительного количества насосных агрегатов скважин или их отключения, с учетом того, что часть скважин может находиться в ремонте. Одновременно в целях энергосбережения, необходимо препятствовать частому включению – отключению насосных агрегатов.

Рис.1. Структурная схема объекта управления

Учитывая существующий уровень автоматизации и неопределенность информации о текущем заборе и спросе на воду, управление объектом осуществляется диспетчером (ЛПР), который принимает решение о количестве и времени включения – отключения ряда насосных агрегатов.

Использование традиционных методов управления работой насосных агрегатов скважин на основе оценки уровня воды в буферной ёмкости для слежения за достаточно большими колебаниями потребления воды сопряжено с определенными трудностями. Поэтому к управлению работой скважин привлекают опытных специалистов, которые быстро ориентируются в различных ситуациях, характеризуемых соответствием между колебаниями в потреблении воды и состоянием и характеристиками оборудования скважин. При таком подходе к организации управления водозаборной станцией решающую роль играет так называемый «человеческий фактор». Чтобы исключить в некоторой степени этот «фактор», необходима система управления, которая не зависила бы от индивидуальных качеств обслуживающего персонала. Формализовать работу персонала по управлению объектом с использованием детерминированной модели не представляется возможным, в виду нечёткости и неопределённости информации о потреблении воды и об изменяющихся характеристиках водозаборных скважин. Поэтому предлагается использовать алгоритм нечёткого адаптивного управления [1] для формирования рекомендаций диспетчеру (рис. 2).

Рис.2. Схема нечёткого адаптивного управления

Основной контур адаптивной системы представляет собой фази-регулятор. Входными нечёткими переменными фази-регулятора являются значение уровня воды в резервуаре и значение тенденции его изменения. Выходная нечёткая пе-

ременная – значение подачи воды в резервуар от артезианских скважин, которое преобразуется в количество включенных насосных агрегатов. Весь диапазон изменения входных и выходной переменной аппроксимирован пятью терм множествами. Функции принадлежности терм-множеств имеют треугольную форму. Система продукционных правил представляет собой высказывания вида «если A и B то C», где A и B это нечёткие значения входных переменных, C – нечёткое значение выходной переменной – заключения.

Таблица 1

Пример правил управления для основного контура нечёткого регулятора

L / dL	SA	SM	MM	ML	LA
SA	PB	PB	PS	ZE	ZE
SM	PB	PS	ZE	ZE	ZE
MM	PS	ZE	ZE	ZE	NS
ML	ZE	ZE	ZE	NS	NB
LA	ZE	ZE	NS	NB	NB

Задача адаптации основного контура заключается в том, чтобы каким либо образом учитывать нечёткий прогноз интенсивности потребления воды и нечёткое значение подачи воды из артезианских скважин (суммарный расход насосов). Предполагается в зависимости от значений указанных переменных модифицировать расположение функций принадлежности предпосылок правил в основном контуре. Модификация заключается в сжатии или растяжении функций принадлежности предпосылок в зависимости от значения параметра адаптации w (1) (рис. 3). Параметр адаптации характеризует отклонение прогноза интенсивности потребления воды и суммарного расхода насосов от номинальных значений в ту или иную сторону.

$$\begin{cases} p_1 = p_{10} \cdot (1-w) + p_{11} \cdot w, \\ p_2 = p_{20} \cdot (1-w) + p_{21} \cdot w, \\ p_3 = p_{30} \cdot (1-w) + p_{31} \cdot w, \\ p_4 = p_{40} \cdot (1-w) + p_{41} \cdot w, \\ p_5 = p_{50} \cdot (1-w) + p_{51} \cdot w, \end{cases} \quad (1)$$

где p_{i0} и p_{i1} – опорные точки термов множества (точки, где степень принадлежности данному терму равна 1 для функций принадлежности при обычном потреблении воды (w=0) и при пиковых нагрузках соответственно (w=1); p_i – опорные точки термов множества адаптированной функции принадлежности.

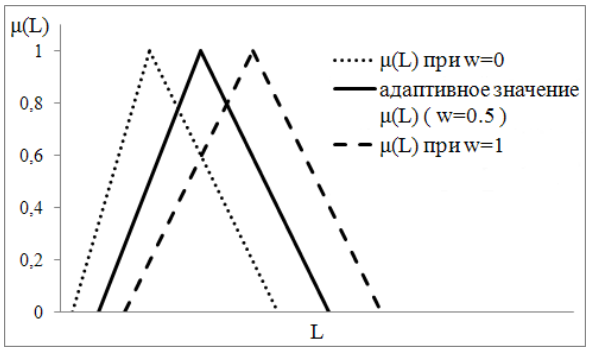


Рис.3. Пример адаптации функции принадлежности

Имитационное моделирование работы регулятора представлено на рис. 4.

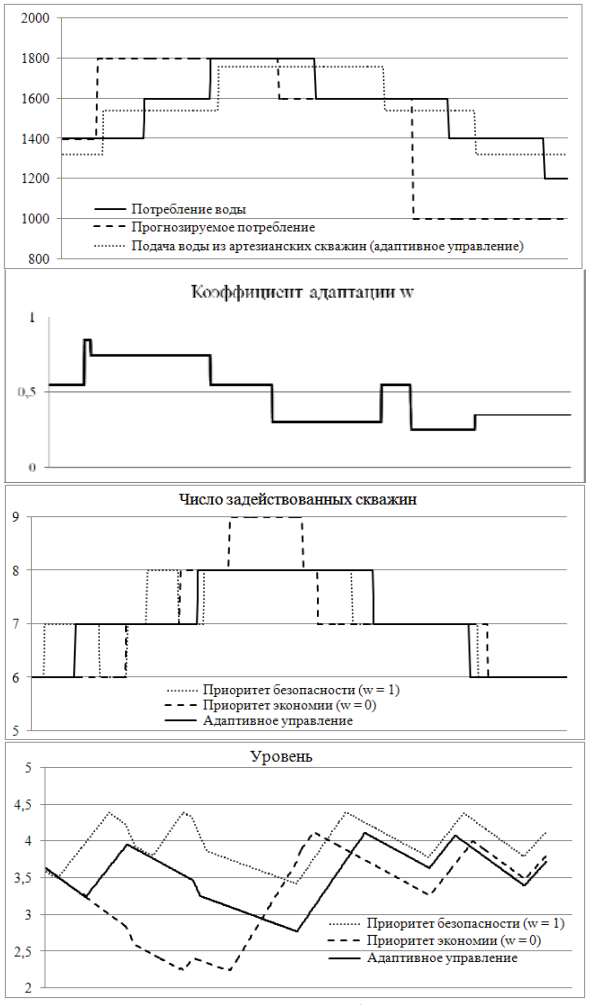


Рис.4. Результаты моделирования

Список литературы:

1. Тэрано Т., Асаи К., Сугэно К. Введение в нечеткие системы.- Токио: Омся, 1987

НЕЧЕТКИЕ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧАХ ИМПУТИРОВАНИЯ

Лучкова С.О.
Научный руководитель: Перемитина Т.О., к.т.н
Институт химии нефти СО РАН, 634021 Россия, г. Томск, пр. Академический, 4
E-mail: sonetta27@gmail.com

Введение

Проблема обработки и восстановления пропущенных значений в данных свойственна многим практическим задачам. Чаще всего она возникает при идентификации зависимостей, априорная информация о значении параметров которых является неполной. Объективными причинами этого являются поломки оборудования при измерении значений технических характеристик процессов, потеря ретроспективной информации, экстремальный характер функционирования, ограниченный доступ и другие. При попытке "отбросить" свойства с пропущенными значениями или "подставить" среднее значение данного показателя по свойству в таблице приводит к потере информации и значительно искажает результаты, а данные все равно нуждаются в обработке. Поэтому появляется важная задача и необходимое условие построения каких-либо моделей - "импутирование" пропусков, причем с наибольшей точностью.

Целью работы является применение модели импутирования, основанной на нечеткой системе, использующей для идентификации своих параметров эволюционную стратегию и сравнение вариантов ее применения для получения наиболее точных результатов.

Одной из задач эксперимента, наряду с оценкой потерь информации из-за неполноты данных, является сравнение качества восстановления данных в зависимости от значений корреляции и ковариации между столбцами – свойствами исследуемых объектов.

Модель восстановления

За основу модели возьмем нечеткую систему типа синглтон [1], в которой *i*-ое правило выглядит следующим образом:

IF $x_1=A_{1i}$ *AND ... AND* $x_m=A_{mi}$ *THEN* $y = r_i$,

где A_{ij} — лингвистический терм, которым оценивается переменная x_i;

r_i — действительное число, которым оценивается выход y.

Нечеткая система осуществляет отображение: $f : \Re^m \to \Re$:

$$F(x) = \sum_{i=1}^{R} r_i \cdot \prod_{j=1}^{m} \mu_{A_{ji}}(x_j) \Big/ \sum_{i=1}^{R} \prod_{j=1}^{m} \mu_{A_{ji}}(x_j)$$

где x — входной вектор, R — число правил; m — количество входных переменных; μ_{Aij} — функция принадлежности.

Нечеткая система может быть представлена как $y = f(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{\theta})$, где $\boldsymbol{\theta} = \|\theta_1,\ldots, \theta_N\|$ — вектор параметров, $N = n \cdot$ (число параметров, описывающих одну функцию принадлежности) $\cdot$ t(число термов, описывающих одну входную переменную), y — скалярный выход системы.

Для идентификации вектора параметров нечеткой системы воспользуемся методом эволюционной стратегии [2,3].

Постановка задачи восстановления пропусков

Рассмотрим особенности структуры таблиц данных для использования предложенного метода. Пусть $X=(X_1, X_2,\ldots X_n)$- вектор входных параметров, m – количество записей в таблице, $A = (a_{ij})_{i=1,j=1}^{m\ n}$ - матрица исходной информации. Она имеет пропуски, обозначенные звездочками (табл. 1), допускается по одному пропуску на запись, так как пропущенное значение будет являться выходным значение для данной записи, а для каждого входного вектора только одно выходное значение.

Таблица 1 – Структура входной информации

	X_1	X_2	X_3	...	X_{n-1}	X_n
1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	.	*	a_{1n}
2	a_{21}	*	a_{23}	.	a_{2n-1}	a_{2n}
…	.	.	.	.	.	.
m	a_{m1}	a_{m2}	*	.	a_{mn-1}	a_{mn}

Таким образом, задача восстановления пропусков в данных заключается в нахождении выходного значения для каждой записи с пропуском, основанное на всех записях, кроме той, в которой идет восстановление.

Алгоритм восстановления [3] выглядит так:

Вход: таблица наблюдений с пропусками в записях.

Шаг 1. Задаем параметры нечеткой системы: количество термов на параметр; количество генерируемых хромосом для начальной популяции μ; параметр функции приспособленности, для построения базы правил.

Шаг 2. Загружаем входные данные (таблицу наблюдения): формируем таблицу без пропущенных значений, назовем ее сформированной таблицей наблюдений; строим базу правил для обучения, на основе нечетких термов, равномерно распределенных по каждому входному параметру из сформированной таблицы наблюдения; формируем хромосомы θ_n; задаем консеквенты для каждого правила методом ближайшего соседа из сформированной таблицы наблюдение; получаем результаты восстановления, полученные нечеткой системой.

Шаг 3. Выбираем параметры алгоритма эволюционной стратегии: количество итераций; количество генерируемых хромосом в новом поколении λ; количество точек скрещивание; алгоритм скрещивание; вероятность мутации; алгоритма

селекции; свойства генерации следующего поколения ($(\mu+\lambda)$ -эволюционная стратегия и (μ,λ) -эволюционная стратегия).

Шаг 4. Применяем эволюционную стратегию.

*Шаг 5.*Отбираем лучшую хромосому. Если достигнуто условие выхода *Шаг 7*, иначе *Шаг 4*.

Шаг 6. Подставляем в базу правил, записи с пропусками из таблицы наблюдения и восстанавливаем пропуск на основе сформированной базы правил и лучшей хромосомы.

Шаг 7. Выводим решения.

Выход: таблица наблюдений с восстановленными значениями

Постановка эксперимента

Описанная модель позволяет восстанавливать таблицы с одним пропуском в строке, но чаще всего имеется более одного пропуска в строке, т.е. необходимо поочередно выбирать столбцы и применять модель, чтобы восстановить таблицу полностью. И поэтому, необходимо узнать - как влияет и влияет ли вообще порядок выбранных столбцов на результат восстановления.

Постановка эксперимента:

- выявить корреляционную и ковариационную зависимость между свойствами в тестовой таблице;
- восстановить пропущенные значения, учитывая связь между свойствами, выявленную корреляцией и ковариацией;
- сравнить результаты с восстановлением в произвольном порядке.

Для эксперимента подготовлена тестовая таблица, представляющая количественные значения 8 физико-химических свойств 141 образца нефти (табл. 2). В таблице искусственно созданы пропуски в произвольном порядке по одному и более в записях. Такой эксперимент позволит рассчитать точность восстановленных значений, так как мы знаем наши пропущенные значения.

Таблица 2. Перечень исследуемых свойств

№	Характеристики нефти
1	температура застывания нефти (°С)
2	плотность нефти (г/см^3)
3	содержание твердого парафина в нефти (%)
4	содержание асфальто-смолистых веществ (%)
5	содержание асфальтенов (%)
6	содержание силикагелеловых смол в нефти (%)
7	содержание фракции н.к. - 200 °С (% масс.)
8	содержание общей серы (%)

Для массива многомерных данных были рассчитаны коэффициенты корреляции и ковариации, согласно которым были сформированы три массива для эксперимента:

- Массив с произвольной последовательностью свойств (нумерация по табл. 2): (1,2,3,4,5,6,7,8).
- Массив с последовательностью свойств по результатам корреляционного анализа: (3,1,7,4,6,5,2,8).
- Массив с последовательностью свойств по результатам ковариационного анализа: (3,1,2,8,7,5,4,6).

Для полученных трех массивов данных с пропусками провели восстановление пропущенных значений на основе нечеткой системы.

Таблица 3. Результаты восстановления

Порядок свойств при восстановлении	Средне квадратичная ошибка	Средне абсолютная ошибка
Произвольно	**1,4624174**	**3,775572**
Ковариация	2,1422947	5,126051
Корреляция	2,6295123	5,628926

В табл. 3 представлены результаты эксперимента, из которых следует, что результаты восстановления при произвольном расположении свойств дает лучший результат.

Заключение

В данной работе была описана модель восстановления данных на основе нечеткой системы. Выявлены корреляционная и ковариационная связи между свойствами в выборке, а также проведен анализ точности работы алгоритма. По результатам эксперимента сделан вывод, что произвольное расположение свойств дает лучший результат. Таким образом, на практике установлено, что результаты работы нечетких систем лучше, если между входными свойствами нет зависимостей.

Литература:

1. Ходашинский И.А., Гнездилова В.Ю., Дудин П.А., Лавыгина А.В. Основанные на производных и метаэвристические методы идентификации параметров нечетких моделей / Труды VIII международной конференции "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO '08. Москва, 2009 г.

2. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 383 с.

3. Лучкова С.О. Идентификация нечеткой системы методом эволюционной стратегии // Материалы сб. трудов Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области информатики и информационных технологий в рамках Всероссийского фестиваля науки. - Белгород, 2011. С. 92-101.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ КОГНИТИВНОГО РАДИО В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ СТАНДАРТА IEEE 802.22

Малыхин В.И.
Научный руководитель: Марчуков А.В., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
Email: malykhinvi@gmail.com

Когнитивное радио (CR – cognitive radio) в настоящее время является едва ли не самым многообещающим и перспективным направлением исследовательской деятельности в области беспроводной связи. Когнитивное радио является самоорганизующейся системой радиосвязи, построенной на алгоритмах беспомехового вторичного использования спектра без предварительной конверсии частот. Технология когнитивного радио сможет оптимизировать использование радиочастотного спектра и автоматизировать вторичное использование ресурса. Стандарт IEEE 802.22 является первым стандартом беспроводной связи, базирующимся на технологии когнитивного радио.

В основе самоорганизующегося радио лежит способность автоматически выбирать параметры работы, основываясь на окружающей обстановке, способность выбирать эффективные алгоритмы работы для осуществления сосуществования с другими беспроводными и CR-системами, а также обучаемость на основе заложенных правил и встроенного искусственного интеллекта.

Стандарт 802.22 (WRAN – wireless regional area network) предполагает использование когнитивного радио для безлицензионного использования телевизионного диапазона частот (54 – 862 МГц) в целях предоставления широкополосного доступа в интернет в слабозаселенной сельской местности. Безлицензионное использование данного диапазона возможно только при гарантированной защите основных пользователей от различного рода помех со стороны оборудования WRAN. Здесь под основными пользователями понимаются устройства, работающие со стандартами имеющими лицензию на использование данного диапазона частот. Для WRAN это:

- Аналоговые и цифровые ТВ станции.
- ТВ ретрансляторы и усилители.
- Телевизионные приемники.
- Беспроводные микрофоны.

WRAN система, включающая базовые станции, ретрансляторы и клиентское оборудование, является вторичным пользователем. Основная интеллектуальная работа, конечно, производится на стороне базовой станции. Базовая станция (БС), изучив окружающий диапазон частот, корректирует параметры передачи данных так, чтобы максимально оптимизировать и улучшить качество связи. Клиентское же оборудование лишь помогает собирать информацию о доступности частот на данном участке местности.

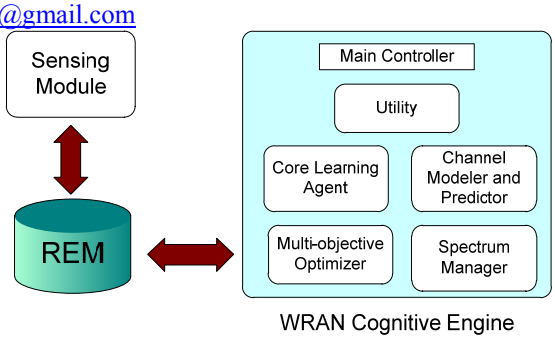


Рис.6. Архитектура интеллектуальной составляющей БС

Как показано на рисунке 1 БС состоит из трех основных частей: модуля изучения спектра, карты радио-окружения и самого ядра когнитивного радио. Информация, получаемая модулем изучения спектра, хранится в базе данных (REM). Выбор параметров передачи данных происходит непосредственно в ядре. Базируясь на информации REM, ядро когнитивного радио действует на двух уровнях. Во-первых, осуществляет выбор свободных каналов передачи данных и поднесущих частот. Во-вторых, действует как контроллер уровней MAC/PHY (канальный и физический): определяет оптимальный способ кодирования и тип модуляции. К стандарту 802.22 предъявляются очень жесткие требования, поэтому необходим эффективный подход к комбинированию обоих уровней принятия решения в целях максимизации использования спектра и минимизации создаваемых помех для основных пользователей. Основная нагрузка по принятию решения ложится на блок Менеджера Спектра (SM - spectrum manager) – основного когнитивного компонента, выбирающего частоту передачи данных, мощность передающей антенны, а также параметры передачи на канальном и физическом уровне. Связи Менеджера спектра с другими компонентами представлены на рисунке 2.

Для выбора канала передачи данных SM необходимо проанализировать информацию из различных источников.

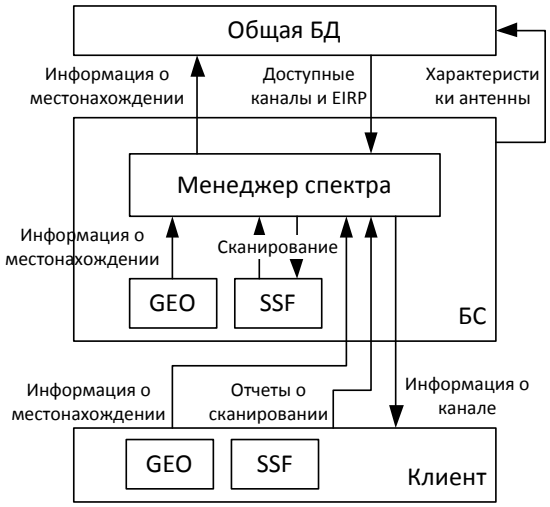


Рис.7. Связи Менеджера спектра с другими компонентами

Информацию о занятых частотах SM получает из Общей базы данных, где хранится информация о каналах, используемых для ТВ-трансляций и используемых другими системами WRAN, находящимися в данном регионе. Затем необходимо произвести сканирование доступного частотного диапазона на наличие свободного канала, а также соседних каналов, чтобы гарантированно исключить помехи. Затем, выбрав канал для передачи, БС начинает с определенной периодичностью посылать управляющие сообщения (SCH), содержащие необходимую информацию для абонента, желающего подключиться к сети. На клиентской стороне также установлена сканирующая антенна, прослушивающая свободные каналы на наличие SCH БС. При обнаружении SCH устанавливается соединение.

Так как, радиус действия БС очень велик (33-100км), то, вполне возможно, канал свободный в районе БС может быть занят там, где находится абонент. Данную информацию также можно получить из общей БД, однако необходимо знать точное местоположение каждого клиента. Для этого используются различные спутниковые системы позиционирования (GPS, Galileo, ГЛОНАСС). Получив сведения о местонахождении абонента, БС отправляет список возможных для передачи каналов абоненту. Модуль сканирования (SSF – spectrum sensing function) проверяет каждый канал из списка и отправляет отчет о сканировании на БС, где осуществляется выбор канала и параметров передачи.

На основании информации о местоположении конкретного абонента вычисляется удаленность от БС. Эти данные используются для выбора параметров передачи таких, как тип модуляции, мощность передатчика, частота передачи и способ кодирования. Используется такой тип модуляции, который обеспечивает наилучшую передачу данных в конкретных условиях. Например, модуляция 64-QAM применяется для передачи данных вблизи БС, где еще сигнал достаточно силен и не происходит его сильного искажения. А BPSK применяется для передачи данных на большие расстояния, где затухание сигнала значительное. Также выбор способа кодирования влияет на скорость передачи данных и помехоустойчивость сигнала. Например, чтобы достичь максимальной скорости можно использовать скорость сверточного кода 5/6, а чтобы добиться максимальной защищенности – 1/2. Эффективная излучаемая мощность (EIRP) подбирается с учетом дальности до абонента и таким образом, чтобы не создавать помех для основных пользователей данного частотного диапазона. Также, выбор канала зависит от удаленности абонента: чем дальше абонент от БС, тем ниже частота передачи данных. Для обслуживания двух групп пользователей разноудаленных от БС необходимо использовать несколько направленных антенн различного типа установленных в одном секторе. Антенна, излучающая низкие частоты будет обслуживать группу абонентов, наиболее удаленных от БС, а излучающая высокие – обслуживать ближайших абонентов.

Таким образом, когнитивное радио позволяет более рационально использовать телевизионный спектр частот. Причем не только использовать неиспользуемые временно частоты, но и еще динамически, интеллектуально управлять параметрами передачи данных в зависимости от конкретных условий. Адаптивные системы связи являются принципиально новым подходом и имеют огромный потенциал использования данных систем в России и в Сибири в частности. Однако, для скорейшего развития и внедрения данной технологии необходимо произвести подробное исследование на предмет расчета зоны покрытия, максимальной нагрузки внутри сети и ряда основных экономических показателей таких как стоимость клиентского оборудования и БС.

Список литературы:

1) C.R. Stevenson, G. Chouinard, Z. Lei, W. Hu, S.J. Shellhammer, W. Caldwell // IEEE 802.22: The First Cognitive Radio Wireless Regional Area Network Standard. - IEEE standards in communication and networking. - Янв 2009.

2) IEEE Standards association // Cognitive Wireless RAN: Policies and Procedures for Operation in the TV Bands. – 01.07.2011

3) L. Morales-Tirado, Dr. J.H. Reed // Cognitively Inspired Radio Engine For IEEE 802.22 WRAN. – Blacksburg, 2006.

МОБИЛЬНАЯ BEAM - ПЛАТФОРМА «АЗУРА»

Маметьев Е.А., Пономарёв К.Д.
Научные руководители: Курышкин Н.П., к.т.н., доцент, Мещеряков Я.Е., студент
ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва»,
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: pnmarevkstja@rambler.ru

Прогрессивные технологии машиностроительного производства включают, прежде всего, гибкую автоматизацию, обязательным компонентом которой являются промышленные роботы. Этот вид технических систем принципиально отличается от обычных традиционных средств механизации и автоматизации тем, что имеет многоцелевое назначение, легко перестраивается на выполнение самых разнообразных трудовых операций и интеллектуальных действий, в том числе в меняющейся и непредсказуемой обстановке.

Подготовка специалистов в данной области требует формирования профессиональных компетенций в проектировании и эксплуатации адаптивных робототехнических систем. В полной мере такие компетенции формируются в практической реализации проектов создания адаптивных мобильных платформ, какими являются BEAM-платформы. Эти проекты относительно дёшевы и популярны в студенческой среде, что подтверждается регулярными робототехническими соревнованиями и фестивалями, проводимыми на региональном, общероссийском и международном уровнях.

Основная цель, которую преследовали авторы данного проекта – это проектирование, реализация и последующая демонстрация работы BEAM-платформы «Азура». BEAM-платформа «Азура» – робот, работающий на универсальной платформе с микроконтроллером AVR семейства Xmega128A1.

Основной задачей данного робота является поиск и последующее движение по треку (линии) с заведомо неизвестными параметрами, а именно: местоположением трека и его траектории.

Принцип работы платформы «Азура» заключается в следующем. При включении питания происходит запуск всей системы. Система производит самодиагностику с целью обнаружения неисправностей, а именно: проверяется отклик от датчиков и работоспособность механической части. После завершения процесса самодиагностики, платформа переходит к выполнению основного цикла программы – поиску трека посредством спиралевидных поисковых движений. После нахождения трека робот самоустанавливается вдоль трека. Далее начинается движение по треку с бесконечным циклом опроса датчиков положения. После полного прохождения трека с разрывом, робот останавливается и сигнализирует о завершении движения, либо бесконечно движется по треку, если он замкнутый.

Общий вид платформы «Азура» представлен на рис. 1. В её состав входят следующие функциональные блоки:

драйвер двигателей;
система датчиков трека;
источник энергии;
датчик углового положения;
материнская плата;
целевая плата с микроконтроллером.

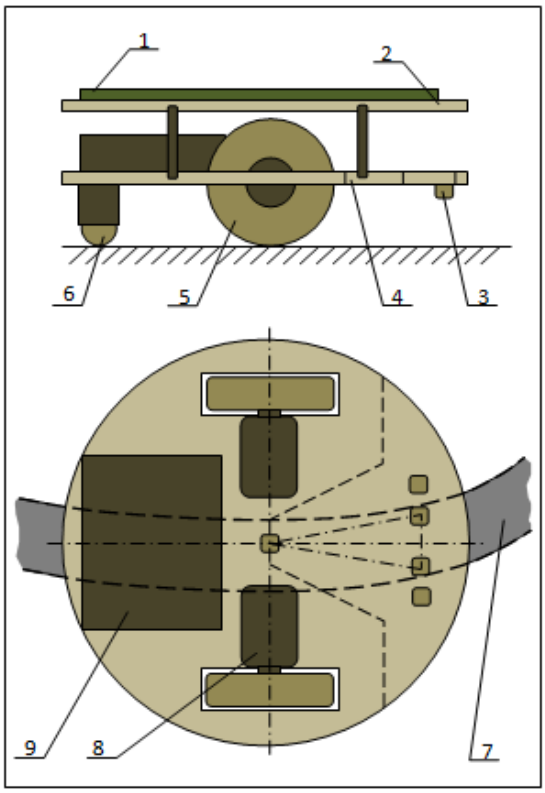


Рис. 1. Общий вид BEAM-платформы «Азура»

На рис. 1 указаны: 1 – монтажная плата; 2 – целевая плата; 3 – система датчиков трека (5 шт.); 4 – платформа; 5 – несущее колесо; 6 – сферическая стабилизирующая опора; 7 – трек; 8 – энкодер с мотор-редуктором; 9 – источник электроэнергии.

Драйвер двигателя предназначен для управления мотор-редукторами от порта микроконтроллера. В качестве драйвера выбрана специализированная экономичная микросхема TB6612FNG, позволяющая управлять токами нагрузки до 3.5 А в импульсном режиме работы. К микросхеме подведена широтно-импульсная модуляция частотой 100 кГц для управления двигателями.

Система датчиков трека представляет собой 5 инфракрасных пар светодиод /фототранзистор, установленных на расстоянии 4 и 15 мм друг от друга, что делает эту систему надёжным детектором следования по треку. Пары светодиодов подключены параллельно. Каждая пара датчиков под-

ключается к истоку полевого транзистора, что дает возможность работать в импульсном режиме для экономии электроэнергии. Каждый датчик имеет отдельный аналоговый выход.

Источник электроэнергии представляет собой повышающий регулятор напряжения. Является очень гибким импульсным регулятором, обеспечивающим выходное напряжение на уровне пяти Вольт.

Энкодер - устройство, предназначенное для преобразования угла поворота вращающегося вала мотор-редуктора в электрические сигналы, пропорциональные углу его поворота. В данном проекте применяется для точного позиционирования платформы.

Материнская плата представляет собой монтажную плату, на которой размещается вся электроника. В свою очередь целевая плата содержащая микроконтроллер, устанавливается посредством 4 разъемов на материнскую плату.

Материнская плата имеет габариты 85x115 мм. На ней расположены два источника питания (один источник – на силовую часть платформы, а второй – к вычислительному звену). На этом звене находятся фильтры наводок и помех от импульсных преобразователей. На плате установлены два драйвера двигателя, разъемы для подключения различных датчиков и устройств. На материнской плате также имеются пустые не распаянные разъемы для параллельного включения дополнительного вычислительного звена.

В результате удачной компоновки элементов получилась универсальная электронная плата, которая может применяться в широком спектре технических изделий.

Целевая плата содержит в себе микроконтроллер и сопутствующую обвязку. В качестве целевой платы использован встраиваемый модуль ATAVRXPLAINA1, имеющий в своем составе: 8 кнопок и светодиодов, внешний часовой кварц, датчик температуры, датчик освещенности, внешнее ОЗУ емкостью 8 Мбайт, динамик, мост USB-UART и систему загрузки с помощью бутлоадера. (Встроенная микропрограмма позволяющая загружать основную программу без использования программатора посредством коммуникационных интерфейсов). Габариты целевой платы составляют 55x85 мм, что делает ее идеальной для применения в компактных, энергоэкономичных приложениях.

Фотография целевой платы представлена на рис 2.

Рис. 2. Общий вид целевой платы

Существенным фактором, определяющим быстродействие системы управления, является удачно разработанный алгоритм опроса системы датчиков трека. На рис. 3 представлена блок-схема такого алгоритма.

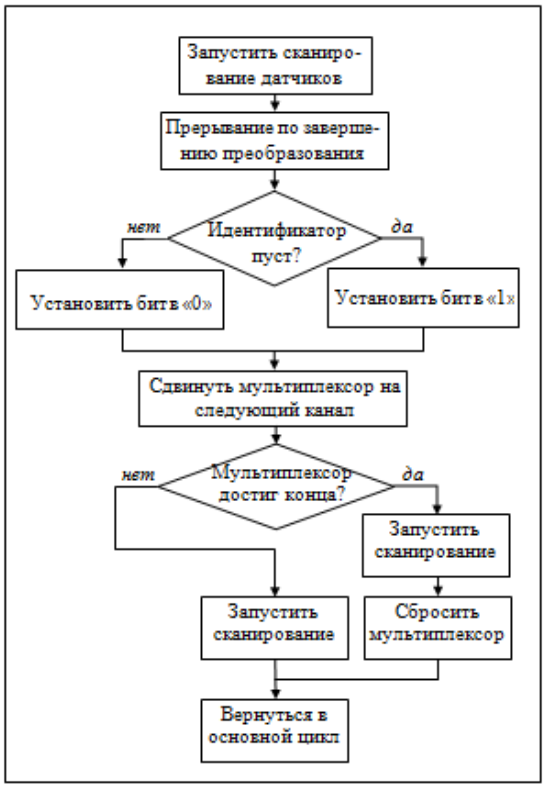


Рис. 3. Блок-схема алгоритма опроса датчиков

BEAM-платформа «Азура» является гибкой системой в плане модернизации. Это свойство во многом обеспечивает операционная система, а также архитектура платформы, позволяющая выносить на неё дополнительные периферийные устройства. После их установки платформа может использоваться, например, для разведки и обследования трубопроводов и галерей с различными коммуникациями.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПРОГНОЗА ТИПА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА НА ОСНОВЕ ФАЗОВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Е.В. Манеева В.П. Иванченков
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: maneyka@sibmail.com

В настоящее время предложены методы прогноза геологического разреза (ПГР), в которых в качестве параметров преимущественно используются энергетические характеристики отраженных волн [1]. Тем не менее практический опыт показывает, что при использовании данных методов еще велик процент ошибочных решений. Все это предопределяет необходимость дальнейшего развития методов прогноза с привлечением наиболее информативных и устойчивых параметров регистрируемых сейсмических сигналов. К числу таких параметров в частности могут быть отнесены фазовые спектры отраженных волн, которые несут важную информацию как о структуре, так о поглощающих и дисперсионных свойствах анализируемых толщ [2, 3]. В данном докладе на основе предложенного фазовременного анализа сейсмических сигналов рассматривается алгоритм прогноза типа геологического разреза и приводятся результаты его исследования на принятых моделях слоистых поглощающих сред.

Ранее для решения структурных задач были разработаны ряд фазочастотных алгоритмов прослеживания сейсмических волн с равновесной и неравновесной обработкой [4]. Обобщенная функция качества таких алгоритмов может быть представлена в виде:

$$L(\tau)=\sum_{k=1}^{m} W(f_k)\cos(\varphi_x(f_k)-2\pi f_k\tau), \qquad (1)$$

где $W(f_k)$ – принимаемая весовая функция, $\varphi_x(f_k)$ – мгновенный фазовый спектр выделяемого участка сейсмотрассы.

На базе алгоритмов с неравновесной обработкой предложен метод фазовременного анализа (ФАН) сейсмических полей. Суть метода заключается в следующем: для каждой сейсмической трассы получают набор функций качества общего вида:

$$L_i(t)=\sum_{k}^{n} w_i(f_k)\cos[\varphi(f_k,t)], \qquad (2)$$

где $w_i(f_k)$ - весовая функция при *i*–м изменении ее частотных параметров. В результате анализа для каждой трассы формируется изображение, получившее название ФАН-образ. Определенные закономерностями распределения амплитуд функции качества ФЧП в координатах частота-время ФАН-образы, будут различаться количеством, протяженностью, интенсивностью, взаимным расположением, наклоном выделяемых осей симфазности, присущим им частотным диапазоном.

На основании вышеизложенного была предложена методика прогноза типа геологического разреза, включающая получение ФАН-образов для сейсмотрасс, соответствующих положению скважин, пробуренных на исследуемой площади. На основании результатов бурения, выделенные ФАН-образы классифицируются по типу геологического разреза. Далее строятся ФАН-образы сейсмотрасс вдоль анализируемых профилей, и полученные ФАН-образы сопоставляются с эталонными, для которых известен тип геологического разреза.

На рисунке 1 приведена обобщенная схема алгоритма прогноза типа геологического разреза

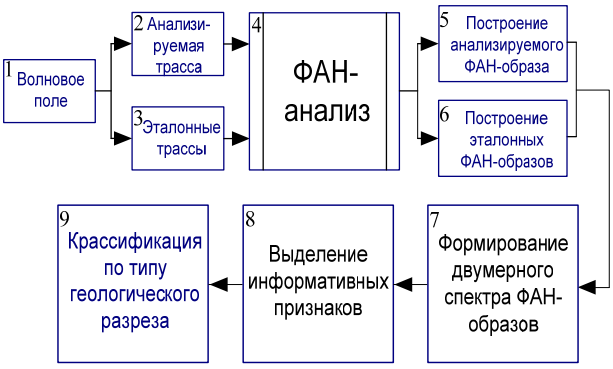


Рис.1. Обобщенная схема алгоритма прогноза типа геологического разреза

С целью выделения информативных признаков для каждого из полученных ФАН-образов находилось их двумерное преобразование Фурье:

$$F(f_t,f_x)=\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(t,x)\cdot e^{-j[2\pi x f_t+2\pi y f_x]}dxdy \qquad (3)$$

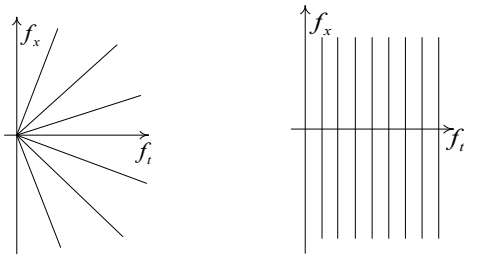
где *f(x,t)*- функция, определяющая изображение анализируемого ФАН-образа, f_t и f_x - временные и пространственные частоты.

Далее определялись их энергетические спектры:

$$G(f_t,f_x)=\left|F(f_t,f_x)\right|^2=\mathrm{Re}^2\left[F(f_t,f_x)\right]+\mathrm{Im}^2\left[F(f_t,f_x)\right] \qquad (4)$$

С помощью специальных масок выделялись параметры, которые использовались в качестве прогнозных при классификации по типам геологического разреза. При этом формировались два типа масок: секторная маска (рис.2а) использовалась для отбора информации о распределения энергии ФАН-образов по направлению, полосовая (рис.2б) для отбора информации о распреде-

лении энергии по временной частоте.



а) б)

Рис.2. Синтезированные маски
а) секторная, б) полосовая

На основе полученной информации были выбраны следующие прогнозные параметры:

1) максимальное значение энергии по полосовой $MaxE_f$ и секторной маске $MaxE_\alpha$.

2) выборочное среднее энергии по полосовой маске:

$$\overline{E}_f = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} E_{f_i} \quad , \qquad (5)$$

и выборочное среднее по секторной маске

$$\overline{E}_\alpha = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} E_{\alpha_i} \ . \qquad (6)$$

3) среднеквадратическое отклонение энергии по полосовой маске

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{M}\sum_{i}^{M}\left(E_{f_i} - \overline{E}_f\right)^2} \ , \qquad (7)$$

и среднеквадратическое отклонение энергии по секторной маске

$$\sigma_\alpha = \sqrt{\frac{1}{M}\sum_{i}^{M}\left(E_{\alpha_i} - \overline{E}_\alpha\right)^2} \ , \qquad (8)$$

Исследование разработанного алгоритма было проведено на принятых моделях слоистых поглощающих сред. Обобщенная структура рассмотренных моделей приведена на рисунке 4.

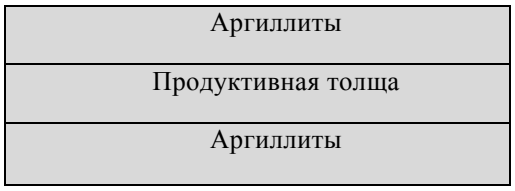


Рис.4. Обобщенная схема моделей слоистых поглощающих сред

В качестве продуктивной толщи рассматривались среды включающие: газонасыщенный, нефтенасыщенный, водонасыщенный и карбонизированный песчаник. На принятых моделях исследовались информативность принятых прогнозных параметров, выделяемых с помощью синтезированных масок.

В процессе исследования изучалась информативность выделяемых прогнозных параметров в зависимости от изменения свойств продуктивной толщи. При этом для продуктивных толщ изменялись их основные петрофизические характеристики: скорость распространения волны, плотность и поглощающая слагаемая пород. В результате исследования было показано, что выделенные ранее параметры могут быть использованы в качестве информативных для проведения автоматической классификации по типам геологического разреза.

На первом этапе исследования для проведения классификации был выбран один из методов кластерного анализа: метод к-средних, который реализован в пакете STATISTICA. В результате проведения исследований метода на принятых моделях слоистых сред вероятность правильной классификации составила $\approx 0{,}65 - 0{,}7$. В этой связи в дальнейшем для прогноза типа геологического разреза планируется провести исследование методов классификации основанных на нейронных сетях.

Литература:

1. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. Тверь: АИС, 2006, 744с.
2. Иванченков В.П., Кочегуров А.И. Определение временного положения сейсмических сигналов по оценкам их фазочастотных характеристик/ Геология и геофизика, 1988, № 9, с. 77-83.
3. Иванченков В.П., Кочегуров А.И., Орлов О.В. Фазочастотные характеристики сейсмических волн и основные предпосылки их применения для решения задач прогноза геологического разреза. Томск, Известия ТПУ. Т. 313 №5, 2008, 132-137с.
4. Иванченков В.П., Вылегжанин О.Н. и др. Методы фазочастотного анализа сейсмических волновых полей и их применение в задачах обработки данных сейсморазведки. Томск, Известия ТПУ. Т. 309 №7, 2006,с. 65-70.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РОБОТОВ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Марданова А.Р.
Научный руководитель: Сыркин И.С.
Кузбасский государский технический университет, 650000, Россия, г.Кемерово, ул.Весенняя, 28
E-mail: sansarraann@mail.ru

Актуальность данной работы-

Робототехника в современном мире, в развитии науки и машиностроения занимает одно из ведущих мест. Техника становится всё более роботизированной, и, чем точнее человек задаст задачу, тем более качественным будет результат. Взаимодействие роботов в робототехнике была и остается актуальной задачей, выполнение которой с каждым днем привлекает всё больше и больше новых людей.

Основные задачи работы-

Узнать, какие же проблемы стоят при взаимодействии роботов, с помощью чего происходит считывание информации, куда она передается далее, и выделить основные цели взаимодействия роботов между собой.

Сложность в создании правильной политики поведения сразу множества роботов заключается во многих вещах.

Взаимодействие роботов и мини-роботов между собой — это один из важных вопросов робототехники. В настоящее время приоритетным видом взаимодействия роботов между собой служит модель «пчелиного роя». Проведем аналогию- выбирая между возвращением к месту, где пчела сама обнаружила наибольшее количество цветов, или исследованием места, определенного другими, как место с наибольшим количеством цветов, пчела устремляется в направлении между двумя точками в зависимости от того, что окажет большее влияние на ее решение – персональное воспоминание или социальный рефлекс. По пути пчела может найти место с более высокой концентрацией цветов, чем было найдено ранее. В дальнейшем оно может быть обозначено как новое место с наибольшей концентрацией цветов, а также как место наибольшего скопления цветов, найденное всем роем. Случайно пчела может пролететь мимо места, с большим количеством цветов, чем было найдено любой другой пчелой роя. Весь рой, затем будет стремиться навстречу этому месту в дополнении к собственным наблюдениям каждой пчелы. Таким образом, пчелы исследуют поле: перелетая места с наибольшей концентрацией, они замедляются в их направлении. Это поведение пчёл и было положено в основу этого метода оптимизации. [1] Например, уникальный проект роя роботов Swarmanoid ведет ряд европейских институтов и лабораторий.

Основной целью научного исследования является разработка и создание распределенной системы гетерогенных роботов, а также управление ей. Децентрализованная система роботов состоит из разнородных, динамически объединяемых, небольших автономных роботов (ботов), выполняющих ограниченный набор функций. Ученые намерены собрать рой роботов Swarmanoid из 60 ботов трёх видов: Eye-bot (Глаза-бот), Hand-bot (Руки-бот) и Foot-bot (Ноги-бот). [2]

Четкое разделение ботов по назначению повышает надежность и простоту эксплуатации системы роботов, а также позволяет ей формировать более точную картину местности и успешно преодолевать различные препятствия. Технологии разрабатываемые в Swarmanoid могут быть полезны для создания роботов будущего, которые будут участвовать в проведении поисково-спасательных операций в условиях опасных для здоровья и жизни человека. (Рис.1)

Рис.1. Рой роботов Swarmanoid

Также существуют чуть менее известные естественные алгоритмы. К ним также принадлежат алгоритм «имитации отжига», «генетический алгоритм» и алгоритм «поведения колонии муравьёв». [3]

При создании автоматизированных производств, призванных освободить людей от рутиной, монотонной, тяжелой работы, зачастую связанной с риском для их здоровья, во многих случаях возникает проблема управления коллективным взаимодействием групп роботов. Коллективом роботов называется группа роботов, решающая единую целевую задачу. В настоящее время в мире уделяется большое внимание проблеме управления скоординированными коллективными действиями роботов. Однако в большинстве случаев используются централизованные системы управления, имеющие ряд недостатков. Во-первых, – это большая размерность задачи планирования дейст-

вий, решаемой системы управления для группы роботов, что делает затруднительным решение задачи управления в реальном времени. Во-вторых, – это низкая живучесть системы. Действительно, выход из строя центрального узла системы управления автоматически приводит к выходу из строя всей группы роботов в целом. Поэтому до сих пор вопрос, что же лучше- координация каждого отдельного робота или централизация общего процесса, остается открытым. [4]

Взаимодействие роботов между собой при выполнении какого-либо задания – это одна из проблем робототехники. Возможность обследовать различные пространства при помощи роботов сейчас востребована.

Принцип пчелиного роя может лечь в основу способа для исследования Марса. (Рис.2) Десятки маленьких роботов с автономной работой способны действовать эффективнее, чем один большой. Или, если говорить о сфере использования множества небольших роботов, взаимодействующих между собой- обследование зоны пожара при помощи роботов-вертолётов.

Основная задача, которая еще сейчас находит своё решение- как сделать так, чтобы роботы не сталкивались друг с другом, находясь в воздухе.

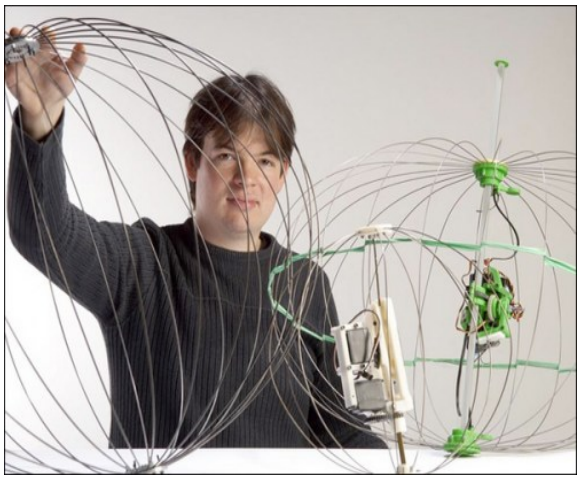


Рис.2. Роботы по имени Jollbot будут исследовать Марс

Но робототехника не стоит на месте, она развивается с каждым днем. В скором времени мы можем наблюдать всевозможные группы, например, беспилотников, работающих по ситуации без длительных «переговоров» друг с другом и сверкой точного плана, кому и где стоять. [5] Роботам будет уже не обязательно общаться друг с другом, чтобы встать на правильное место. И это уже служит определенным прогрессом и показателем, что режим «мертвой точки» уже пройден.

Заключение

В результате изучения основных положений взаимодействия роботов между собой я пришла к выводу, что это направление сейчас только на пути своего становления, так как еще многие вопросы, например, как увеличить расстояние, при котором будет осуществляться взаимодействия нескольких роботов, или как избежать возможности столкновения роботов в воздухе, еще не решены, и требуют дальнейшего рассмотрения. В виду того, что современный человек различными способами пытается облегчить свою жизнь, робототехника не будет стоять на месте. И проблема взаимодействия роботов между собой в дальнейшем будет решена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. http://robonovosti.ru
2. http://vau-portal.ru
3. http://robocraft.ru
4. http://www.myrobot.ru
5. http://www.intelligent-systems.ru

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ WORKFLOW-ДИАГРАММ В PLM-СИСТЕМЕ ENOVIA SMARTEAM

Мартынов Я.А., Скирневский И.П., Суханова Ю.А.
Научный руководитель: Цапко С.Г., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: yaroslav.martynov@gmail.com

В условиях современных рыночных отношений и жесткой конкуренции на рынке для крупного промышленного предприятия особую актуальность приобретают проблемы отслеживания процесса продвижения информации и управления документами в процессах проектирования и изготовления новых изделий.

В последнее десятилетие к традиционным инструментам систем автоматического проектирования и автоматизации технологической подготовки производства добавились решения для управления инженерными данными, реализующих концепцию интегрированной информационной поддержки жизненного цикла изделий (Product Lifecycle Management, PLM). Такие информационные системы обеспечивают управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего жизненного цикла, начиная с проектирования и производства, до снятия с эксплуатации.

Для управления процессами в PLM-системах используется методология Workflow. Данная методология осуществляет организацию бизнес-процессов с помощью стандартизации, автоматизации и отслеживания движения информации. Процессы реальных промышленных предприятий не могут обладать линейной структурой, они включают в себя множество ветвлений, возвратов, параллельных исполнений и, зачастую, имеют многоуровневую структуру.

Не всегда стандартные средства PLM-систем позволяют в полной мере и адекватно отразить реальный процесс производства вследствие ограниченности функционала системы.

Проблемы реализации Workflow в PLM-системе ENOVIA SmarTeam

Для реализации бизнес-процессов в PLM-системе SmarTeam используется инструмент Flowchart Designer. Данный инструмент позволяет создавать простые линейные Workflow-диаграммы, без учета следующих возможностей:

1.изменения последовательности выполнения узлов процесса в реальном времени;
2.использования логики ветвления;
3.назначения исполнителей без прямого доступа к свойствам Workflow-диаграммы;
4.одновременного параллельного запуска нескольких процессов;
5.автоматического последовательного запуска Workflow-диаграмм;
6.автоматического изменения состояния жизненного цикла объектов и т.д.

Вследствие вышеизложенного необходимо решить задачу расширения функционала стандартных средств работы с Workflow путем разработки программных компонент.

Программная реализация

Авторами статьи разработаны программные средства реализации динамических Workflow-диаграмм на примере PLM-системы Enovia SmarTeam. В состав PLM-системы Enovia SmarTeam входит средство расширения стандартных возможностей путем написания программных компонент (скриптов) на языке SmartScript. Данный скриптовый язык обладает широким функционалом, но неудобной для разработки и отладки средой. С точки зрения авторов статьи, более удобным способом является разработка собственных dll-библиотек на любом языке программирования с использованием функций интерфейса программирования приложений SmarTeam API. Возможности SmartScript используются только для вызовов функций из библиотек (рис. 1).

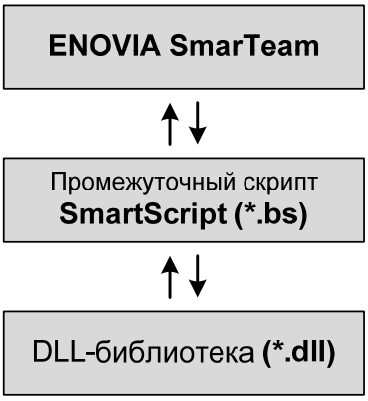


Рис. 1. Использование функций из dll-библиотек в PLM-системе SmarTeam

На основе вышеизложенного подхода авторами статьи предложена концепция формирования скриптов с использованием Dll-библиотек, реализованных на языке C# в среде MS Visual Studio.

Для устранения ограничений стандартного инструмента реализации Workflow-диаграмм Flowchart Designer PLM-системы ENOVIA SmarTeam для Dll-библиотек разработаны следующие функции:

1. *initiateChildProcess* – функция автоматического запуска произвольного количества типовых процессов, которая выполняет инициализацию, автоматическое задание атрибутов и запуск процессов.

Данная функция обеспечивает автоматический запуск типовых процессов, а также используется для декомпозиции узлов родительской Workflow-диаграммы процессов. В отличие от использования стандартных средств для создания вложенно-

сти, используя данное решение, можно создать произвольное количество параллельных процессов (рис. 2).

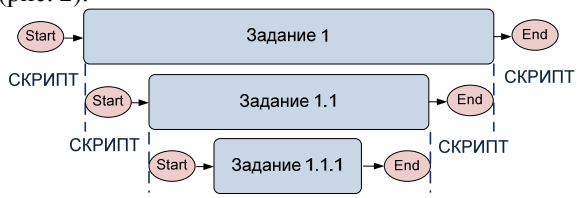


Рис. 2. Запуск параллельных Workflow

Например, каждое изделие состоит из унифицированных модулей, проектирование которых представляет собой типовой процесс, таким образом, использование функции initiateChildProcess позволяет запускать типовые цепочки Workflow одновременно для всех модулей.

Помимо параллельного запуска, функция позволяет выполнять последовательный автоматический запуск процессов, т.е. по завершению одного процесса автоматически запускается другой (рис. 3).

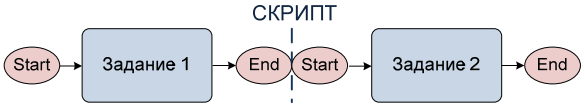


Рис. 3. Последовательный запуск Workflow

2. *autoSendParentWF* – функция автоматического перевода родительского процесса на следующий узел после выполнения всех дочерних Workflow. После создания процессов с использованием функции initiateChildProcess необходимо отслеживание выполнения дочерних процессов.

Для решения данной проблемы выполняется функция autoSendParentWF при каждом завершении вложенной Workflow-диаграммы, проверяя состояния остальных дочерних процессов. Если все процессы завершены, происходит автоматический перевод родительской диаграммы на следующий узел. Фактически данная функция выполняет синхронизацию выполнения параллельных задач.

3. *autoRelease* – функция выполняет автоматическое изменение состояния жизненного цикла прикрепленных к процессу объектов. Например, по завершению процесса согласования требуется выпустить новую версию объекта.

Использование функции autoRelease позволяет выполнять автоматическое отслеживание статуса процесса и, при необходимости, выполнять изменения состояния жизненного цикла объекта (без использования функции за состоянием процесса согласования следит сам разработчик).

4. *checkAttributes* – с помощью данной функции реализовано логическое ветвление Workflow для нелинейных процессов. Функция осуществляет переход на тот или иной узел в зависимости от текущего значения атрибутов процесса (рис. 4). Данная функция используется в случаях, когда возникает необходимость пропустить или выполнить дополнительные узлы процесса.

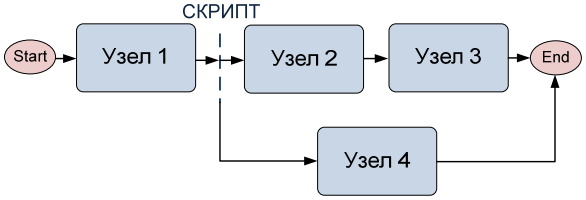


Рис. 4. Логическое ветвление Workflow

5. *setUserOnNode* – функция назначения исполнителей на узлы процесса с профильных карт Workflow-диаграмм. При автоматическом создании процессов, назначение исполнителей на узлы стандартными средствами SmarTeam отнимает достаточно много времени. Автоматизация данного процесса позволяет сократить время выполнения назначения, а также снизить вероятность ошибки, при создании большого количества сложных диаграмм.

Заключение

Разработчики PLM-систем предлагают типовые шаблонные решения для управления жизненным циклом изделий на предприятии. Но каждое предприятие, даже одной предметной области, имеет уникальную организационную структуру и процессы. Поэтому для использования предлагаемых решений на конкретном предприятии требуется адаптировать систему, в том числе и модуль Workflow.

Использование описанных функций позволяет значительно расширить стандартный функционал средств создания Workflow. Таким образом, появляется возможность описания сложных нелинейных процессов с любым количеством уровней вложенности, ветвлений и возвратов. Автоматический запуск Workflow-диаграмм, автоматизированное назначение сроков, исполнителей на узлы процесса, автоматическое изменение состояния жизненного цикла объекта позволяют значительно облегчить работу пользователей в системе, сократить срок выполнения процесса и снизить вероятность возникновения ошибок.

ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ AVR СЕМЕЙСТВА XMEGA

Мещеряков Я.Е.
Научные руководители: Курышкин Н.П., к.т.н., доцент, Любимов О.В., ст. преподаватель
ФГБОУ ВПО "Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева",
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: Yoruk91@gmail.com

Рано или поздно у разработчика автоматических устройств на базе микроконтроллеров наступает момент, когда сложность алгоритма становится такой, что дальнейшее развитие и усложнение программы приводит к ее краху под собственной сложностью.

Самое верное решение в данном случае — внедрение в проект операционной системы. Это даёт возможность предоставлять API для решения задач и обеспечивать порядок работы всей системы.

Результатом такого внедрения стала новая операционная система (ОС). Она нашла применение при разработке адаптивных мобильных платформ и в частности в системе позиционирования положения гусеничной платформы.

Главной особенностью новой ОС является развертывание алгоритма программы в линейную последовательность задач, ссылающихся друг на друга через определенные интервалы времени.

Операционная система написана на Ассемблере, в программной среде AVR Studio 5.1 для микроконтроллера Xmega128a1. Ядро ОС (рис. 1) состоит из основных подпрограмм-обработчиков: «Очередь задач», «Диспетчер задач», «Таймерная служба», «Очередь таймеров», «Постановщик задачи в очередь».

Ядро ОС осуществляет:

- функции по организации процессов;
- планирование на уровне процессов и на уровне прерываний;
- поддержку межпроцессорного взаимодействия;
- поддержку таймерной службы;
- поддержку расширений.

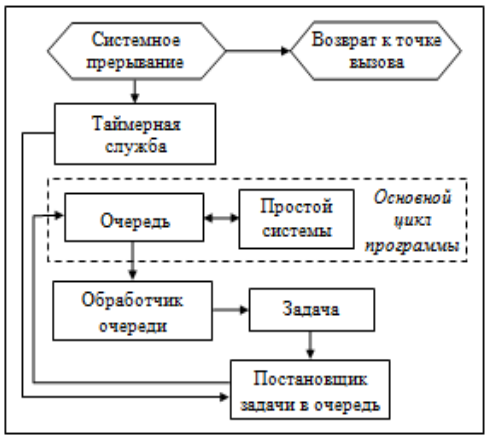


Рис. 1. Блок-схема операционной системы

Основной цикл программы представляет собой ожидание срабатывания таймерной службы.

Очередь задач представляет собой строку в памяти, где каждый бит является зафиксированной системой как ключевое определение: 0 – Idle, ожидание машинного такта и FF – конец очереди, т.е. отсутствие задачи**.**

Диспетчер задач. Это подпрограмма, предназначением которой является взятие и сравнение первого байта из очереди задач с числом FF (отсутствие очереди). Если в результате проверки очереди задач там оказался идентификатор, равный 255, то происходит выход в главный цикл программы (рис. 2). В случае неравенства байта происходит загрузка адреса в регистр с дальнейшим вычислением адреса по таблице переходов и переходом на адрес выполнения задачи.

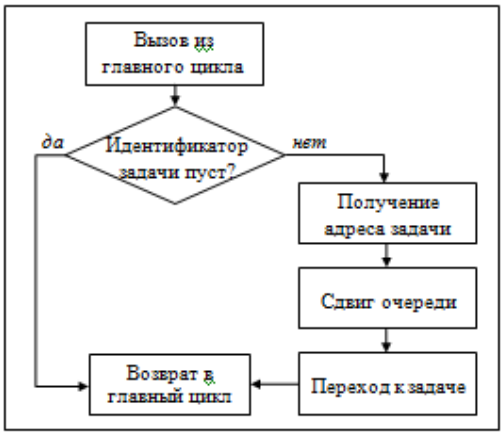


Рис. 2. Блок-схема диспетчера задач

Таймерная служба предназначена для разбиения временных интервалов по 1мс (рис. 3). Обработчик службы таймеров вызывается прерыванием по совпадению системного таймера с временной константой. Такого временного интервала достаточно для решения задач.

Очередь таймеров выглядит как строка данных, размещенная в оперативной памяти. На каждый таймер отводится три байта: первый — позывной задачи, два других — выдержка времени в миллисекундах.

Постановщик задачи в очередь предназначен для загрузки задач на конвейер. Загружает адрес из очереди задач и размещает задачу на конвейере в зависимости от приоритета. Приоритет задается в списке задач вместе с задачами. Постановщик пошагово проходит двумерный массив с приоритетами и выполняет, в первую очередь, задачи с наивысшим приоритетом.

В качестве примера представлена программа движения мобильной платформы по замкнутой траектории в виде квадрата. Для индикации работы ОС включает и выключает светодиод с интервалом 0.5 секунды. Аргументами траектории являются: время движения и угол поворота (90 градусов).

Последовательность главных команд движения будет следующей:
Mov_Forward - >Rotate_Right - >Mov_Forward - >Rotate_Right- >Mov_Forward - >Rotate_Right- >Mov_Forward - >Rotate_Right.

Ниже приведён листинг программы, где демонстрируется работа операционной системы.

```
;-----------------------------------------------------------
Idle: //Простой системы
//Сюда можно поместить любой некритичный код
RET//Выход из подпрограммы
;-----------------------------------------------------------
Mov_Forward://Подпрограмма движения вперед
SetTimerTask Stop,5000//Движение вперед в течение 5 сек
//Здесь через 5 секунд будет вызвана функция остановки
lds temp,0b0101
sts PORTE_OUT,temp
RET//Выход из подпрограммы
;-----------------------------------------------------------
Mov_Back: //Подпрограмма движения назад
SetTimerTask Stop,5000//Движение назад в течение 5 сек
//Здесь через 5 секунд будет вызвана функция остановки
ldstemp,0b1010
sts PORTE_OUT,temp
RET//Выход из подпрограммы
;-----------------------------------------------------------
Rotate_Left: //Подпрограмма поворота на месте по часовой стрелке
ldstemp,1//Флаг направления вращения
stsFlag_Dirset,temp          //Сохраняем флаг в ОЗУ
//А вот здесь передаем управление напрямую
SetTaskDegree,90//Вызываем задачу поворота по часовой стрелке на 90 градусов
RET//Выход из подпрограммы
;-----------------------------------------------------------
Rotate_Right: //Подпрограмма поворота на месте против часовой стрелки
ldstemp,2//Флаг направления вращения
stsFlag_Dirset,temp          //Сохраняем флаг в ОЗУ
//А вот здесь передаем управление напрямую
SetTaskDegree,90//Вызываем задачу поворота против часовой стрелки на 90 градусов
RET//Выход из подпрограммы
;-----------------------------------------------------------
Stop: //Подпрограмма остановки (режим «горячего» тормоза)
lds temp, 0b1111
sts PORTE_OUT, temp
RET//Выход из подпрограммы
;-----------------------------------------------------------
On_Led: //Подпрограмма включения светодиода
SetTimerTask      Off_Led,500//Вызов задачи отключения светодиода через 0.5 сек
ldstemp,PORTD_IN//Считать состояние порта D
sbrtemp,128//Установить старший бит состояния
stsPORTD_OUT,temp// Зажечь светодиод
RET//Выход из подпрограммы
;-----------------------------------------------------------
Off_Led://Подпрограмма выключения светодиода
SetTimerTaskOn_Led,500//Вызов задачи включения светодиода через 0.5 сек
ldstemp,PORTD_IN//Считать состояние порта D
cbrtemp,128 //Сбросить старший бит состояния
stsPORTE_OUT,temp//Потушить светодиод
RET//Выход из подпрограммы
```

Задачи на исполнение вызываются из массива, описывающего движение платформы. В командах вызова указываются значения их аргументов (время, угол поворота и т. п.).

Приоритетность выполнения команд определяется именем команды. Например:
SetTimerTask- вызвать задачу в порядке общей очереди через какой-то временной интервал;
SetTask-задача вызывается напрямую (как будто у нее наивысший приоритет и диспетчер помещает ее в самое начало очереди).
Таким образом, описанная операционная система предоставляет разработчику гибкие возможности по отладке программ, быстрой адаптации автоматической системы под рабочий проект и расширение уже существующих проектов. Отличается также высокой скоростью работы и простотой. При незначительной доработке заголовочных файлов она может найти применение в любых системах с использованием микроконтроллеров.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ «MICROSOFT OFFICE EXCEL»

Н.И. Миндияров
Научный руководитель: доцент, канд. техн. наук. И. А. Соколов
Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва
E-mail: 112358132@mail.ru

В современную эпоху информационных технологий сложно найти предприятие, где в движение документов не участвовали бы электронные документы. Поэтому для поддержания конкурентоспособности большинство субъектов, вступающих в экономические отношения, необходимо идти в ногу со временем. Иными словами, в информационной подсистеме современного предприятия в обязательном порядке должен быть задействован какой-либо пакет офисных приложений, позволяющий обрабатывать документы, информация в которых представлена в электронно-цифровом виде. На сегодняшний день, одним из самых популярным набором офисных приложений является – Microsoft Office. Он позволяет обрабатывать различные текстовые документы, электронные таблицы и базы данных. Но, проблема состоит в том, что, предприятие, даже имея в своем распоряжении подобный многофункциональный инструмент, редко задумывается о необходимости обучения своих сотрудников работать с ним, пуская, обычно, все на самотек. Как итог, возможности, предоставляемые офисными приложениями, не реализуются лишь частично.

Другая проблема состоит в том, что на рынке программного обеспечения очень сложно найти, понятное каждому, руководство, позволяющие раскрыть весь потенциал инструментария Microsoft Office.

В связи с чем, для решения столь актуальной проблемы, было создано приложение Interactive Trainer Excel (ITE). Данное приложение представляет собой интерактивный тренажер одного из офисных приложений – Excel. Выбор основного направления интерактивного тренажера пал на Excel, потому что работники предприятий, именно при работе с Excel испытывают больше всего затруднений.

Углубляясь в подробности технической реализации ITE, данное приложение стоит рассмотреть с трех аспектов. Во-первых, с позиции хранения и представления данных, интерактивный тренажер Excel опирается на eXtensible Markup Language (XML). XML – это язык разметки, позволяющий описывать различные электронные документы (в том числе, текстовые, таблицы, базы данных) в виде иерархических структур, выстроенных из записей, списков и деревьев. К тому же, XML является языком полностью независимым от платформы, свободным от лицензирования и каких-либо ограничений [1]. В приложение ITE XML выполняет роль файла базы данных. В нем хранятся учетные записи пользователей и статистическая информация. Связь базы данных и приложения ITE зиждется на модели LINQ to XML. Модель LINQ to XML предлагает удобный интерфейс для манипулирования данными в формате XML, посредством *интегрированного языка запросов* (Language Integrated Query, LINQ).

Во-вторых, с точки зрения взаимодействия пользователя с приложением, ITE использует API-интерфейс Windows Present Foundation (WPF) для формирования графического пользовательского интерфейса. WPF позволяет создавать приложения с визуально привлекательными интерфейсами, насыщенных двухмерной и трехмерной графикой, стилями, шаблонами и анимацией [2]. При этом для определение элементов пользовательского интерфейса и привязки данных используется расширяемый язык разметки пользовательских приложений – (eXtensible Application Markup Language, XAML). Подобный подход позволил создать динамический графический интерфейс с учетом индивидуально-типологических особенностей обучающихся.

И наконец, со стороны взаимодействия непосредственно нескольких приложений, интерактивный тренажер Excel базируется на применение технологии – Component Object Model (COM). Благодаря COM-объектам взаимодействие с Excel осуществляется на высоком уровне, что позволяет без лишних трудностей выстраивать достаточно сложную логику работы программы [3]. Так как программа была разработана в среде .NET Framework, то важно отметить необходимость применения специальной технологии COM Interop с целью обеспечения взаимодействие объектов COM с объектами .NET. В частности, для работы с Microsoft Excel был использован интерфейс Microsoft.Office.Interop.Excel.

Схема основных подходов, технологий и компонентов приложения ITE изображена на рисунке 1.

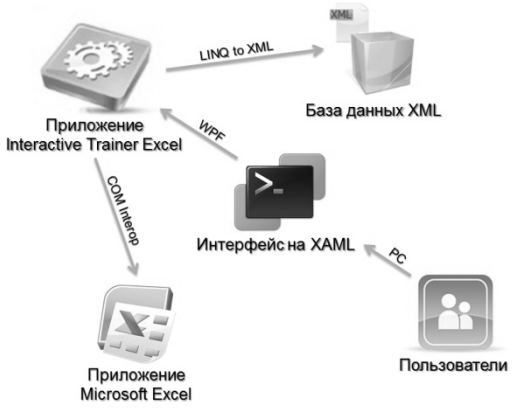


Рис. 1. Схема приложения ITE.

Принцип работы приложения ITE заключается в выполнении пользователем нескольких простых шагов. Прежде всего, любой человек, запустивший данное приложение, должен авторизоваться (рис. 2), используя существующую учетную запись. Если таковая отсутствует, то ее легко можно создать в разделе регистрации.

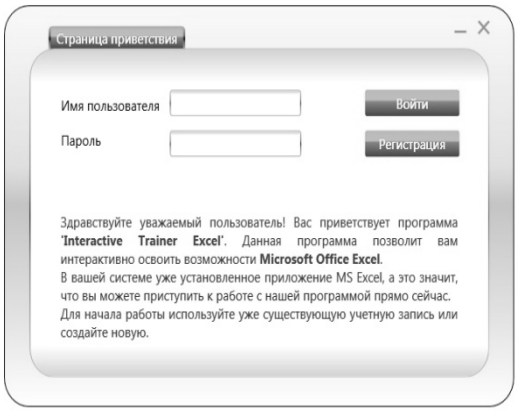


Рис. 2. Страница приветствия ITE

По завершению авторизации у обучающегося появляется возможность ознакомиться со статистикой выполнения предыдущих занятий и приступить к освоению одного из интерактивных уроков (Рис. 3).

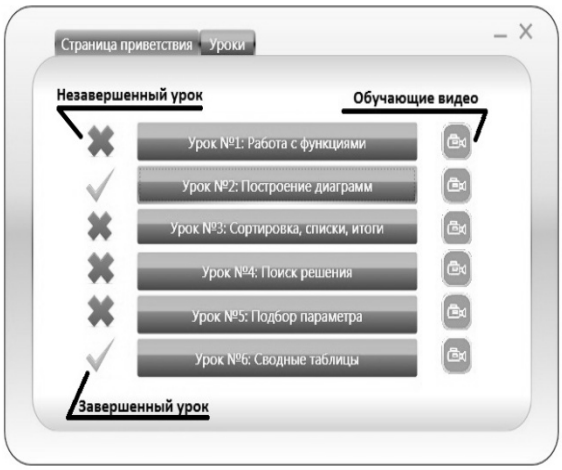


Рис. 3. Страница ITE с уроками.

Выполнение любого из интерактивных уроков происходит непосредственно в самой программе Excel. При этом пользователю последовательно выдаются различные указания, выполняя которые он на практическом примере знакомится с возможностями Excel. Важно отметить, что в курс обучения входит изучение как самых простых (например, стандартные арифметические операции, сортировка и фильтрация), так и сложных (к примеру, поиск решения, работа с параметрами) средств работы с электронными таблицами. Еще одним существенным моментом является сопровождение каждого урока обучающим видеоматериалом, в котором специалист по Excel рассказывает и показывает каким образом выполнить данный урок.(Рис. 4)

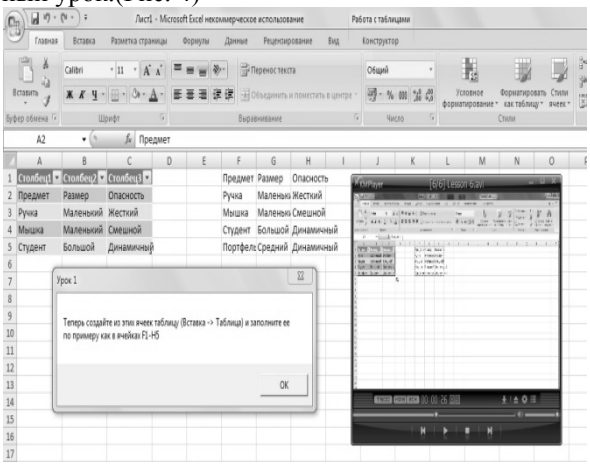


Рис. 4. Видеоурок

Помимо этого, в ITE при завершении любого из уроков происходит сохранение прогресса прохождения всего курса, а также, обновление персональной статистики. В ней содержится информация о завершенных уроках (например, сколько времени требуются на выполнение урока или какие темы пользуются большей популярностью).

Таким образом, созданное приложение Interactive Trainer Excel обладает необходимым функционалом для того, чтобы выступить в качестве полноценного интерактивного учителя, способного заменить большинство видео, аудио и лекционных курсов по работе в среде Microsoft Office Excel.

ЛИТЕРАТУРА:

1. XML [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/XML
2. Мак-Дональд, М. WPF: Windows Presentation Foundation в .NET 4.0 с примерами на C# 2010 для профессионалов. – Москва: «Вильямс», 2011. – 1024с.
3. Технология COM – отличная технология... от других [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.developing.ru/com/what_is_com.htm l

СИНТЕЗ САУ КАСКАДА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ УРАНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Михалевич С.С., Горюнов А.Г., Чурсин Ю.А.
Научный руководитель: Чурсин Ю.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: AnopT@ya.ru

Технологический процесс экстракционной переработки урана включает в себя следующие технологические переделы: прием азотнокислых растворов урана с участка растворения, корректировка и выдача на экстракцию; экстракционная очистка азотнокислых растворов урана в каскаде экстракционных колонн; упаривание готового продукта (реэкстракта); подготовка «сбросных» по содержанию урана (водно-хвостовых) растворов к подземному захоронению; обратное щелочное осаждение «несбросных» по содержанию урана растворов.

Цель работы – разработка системы автоматического управления установки по переработке урановых концентратов, а также реализация модели многокомпонентного процесса экстракции/реэкстракции, которая может использоваться для проектирования систем автоматического управления экстракционными установками.

Аппаратурное оформление процесса выполнено с применением каскада экстракционных колонн ОАО «СХК». Экстракционная часть включает 2 колонны, 1 реэкстракционную колонну, 1 регенерационную – 4 колонны (рис.1). В экстракционном каскаде используется вспомогательное оборудование (промежуточные емкости): 2 емкости приема экстракта, 2 емкости приема/выдачи оборотного экстрагента.

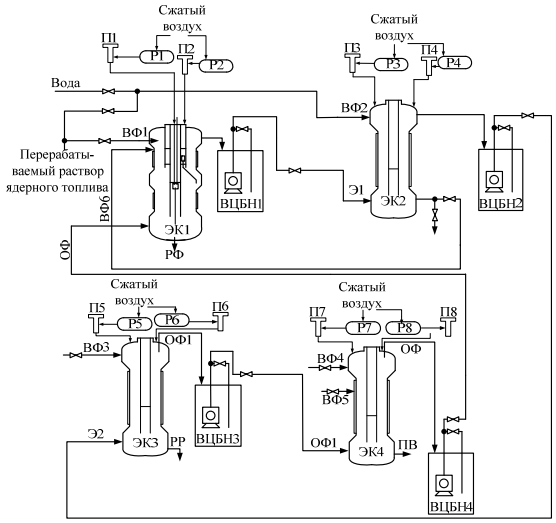


Рис.1. Упрощенная технологическая схема экстракционного каскада колонн

Основными управляющими воздействиями на объект управления (экстракционный каскад) являются расходы исходного раствора урана в смеси. Производительность каскада задается расходом оборотного экстрагента и насыщением экстракта.

Основными управляемыми переменными объекта управления являются концентрации целевых компонент в экстракте, рафинате и реэкстракте.

Основные возмущающие воздействия объекта управления: концентрация компонент и примесей в исходном продукте.

Эффективное управление экстракционным каскадом, а именно стабилизация концентраций в экстракте, рафинате и реэкстракте на заданном уровне позволит повысить эффективность аффинажа урана.

Математическая модель [1] реализована в виде компьютерной модели в программном комплексе MATLAB, в его расширении Simulink, включает систему 640 дифференциальных уравнений.

С помощью компьютерной модели каскада исследованы статические зависимости по возможным каналам управления. Установлены границы линейных участков при изменении расходов ВФ1 от минус 50 % до плюс 50 % и ВФ3 от минус 30 % до плюс 30 %. На основании результатов компьютерного моделирования каскада колонн сделан вывод, что динамика процессов для параметрического синтеза линейных систем автоматического управления с достаточной точностью может быть описана инерционными звеньями первого и второго порядка с запаздыванием. Вычислительные эксперименты по исследованию переходных функций на разработанной компьютерной модели позволили получить линейную динамическую модель путем аппроксимации ее переходных функций решениями соответствующих линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Линейная модель воспроизводит переходные процессы со среднеквадратичной ошибкой менее 5 % и может быть использована для синтеза алгоритмов управления экстракционным каскадом.

Несмотря на то, что колонны ЭК1, ЭК2 связаны с колонной ЭК3 через координаты: экстракт, являющийся для реэкстракционной колонны возмущающим воздействием, и оборотный экстрагент, эти объекты рассматриваются как два несвязанных объекта.

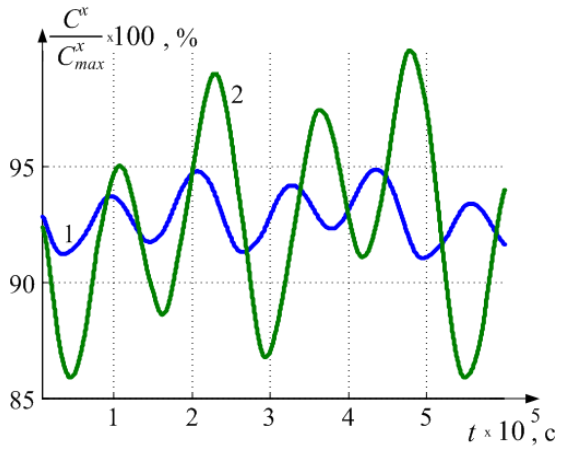
Результаты исследований позволяют сделать вывод о возможности применения для управления каскадом линейных законов управления, не требующих дополнительного повышения квалификации обслуживающего персонала.

Выполнен параметрический синтез локальных САУ расходами водных фаз.

Линейная математическая модель каскада использовалась для параметрического синтеза 11 возможных САУ экстракционной и реэкстракционной частями. Для расчета параметров настройки регулятора использовался метод оптимального модуля.

Возможные варианты САУ исследовались по многокритериальной методике при ступенчатых и непрерывных возмущениях. В качестве показателей качества управления использовались: время регулирования, динамический коэффициент регулирования, приведенная ошибка регулирования, приведенное значение среднеквадратичного отклонения регулируемой величины от ее среднего значения. Показатели качества определялись по концентрациям урана в экстрактах, рафинате, реэкстракте по урану. В результате данных исследований для управления экстракционной частью каскада выбрана каскадная САУ концентрацией урана в экстракте и задержки дисперсной фазы во второй экстракционной колонне (ЭК2). САУ реэкстракционной колонной представляет собой контур управления концентрацией урана в реэкстракте с помощью расхода водной фазы ВФ3.

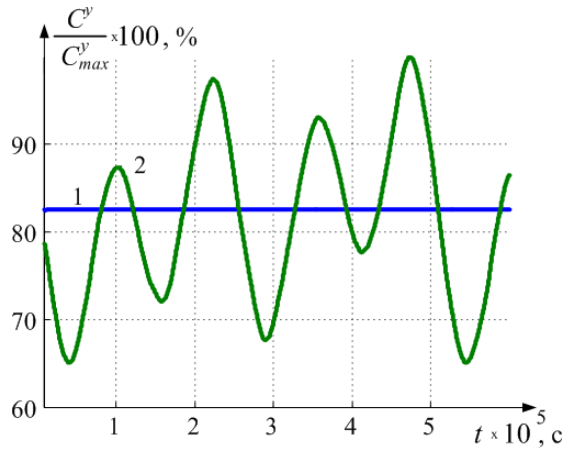
В результате компьютерных испытаний (рис. 2 – 4) разработанного алгоритма удалось достичь эффективного управления каскадом, а именно: поддержание степени чистоты целевого продукта на выходе от сопутствующих примесей (исключение «провалов» экстракта), удержание концентрации целевого компонента в рафинате на допустимом уровне.



1 – замкнутая САУ; 2 – разомкнутая САУ

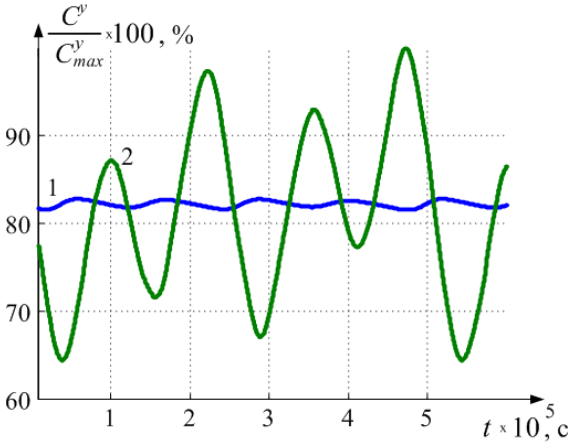
Рис. 2. Концентрация урана в рафинате

При моделировании работы каскада в течение недели с непрерывным возмущением по концентрации урана в водной фазе ВФ1, соответствующее уравнению (1), расчетная масса экстрагированного урана составила 186816,8 кг урана при выключенном алгоритме управления и 190048 кг урана при включенном. Таким образом, прирост производительности каскада по урану составил 1,73 %.



1 – замкнутая САУ; 2 – разомкнутая САУ

Рис. 3. Концентрация урана в реэкстракте



1 – замкнутая САУ; 2 – разомкнутая САУ

Рис. 4. Концентрация урана в экстракте

$$C_u^{ВФ1}(t) = 64,2\sin\left(2,18\cdot10^{-4}t\right) + \frac{64,2}{2}\sin\left(\frac{2,18\cdot10^{-4}}{2}t\right) + \frac{64,2}{4}\sin\left(\frac{2,18\cdot10^{-4}}{4}t\right) \quad (1)$$

Анализ экспериментальных данных показывает, что при включении алгоритма управления дисперсия по концентрации урана в экстракте уменьшается с 11 % до 0,5 %, а по концентрации урана в реэкстракте – с 10 % до 0,4 %.

Таким образом, по результатам компьютерных испытаний алгоритма управления достигнута цель – эффективное управление экстракционным каскадом, а именно стабилизация концентраций в экстракте, рафинате и реэкстракте на заданном уровне со среднеквадратичным отклонением не более 0,5 %.

Список литературы:

1. Горюнов А.Г., Ливенцов С.Н., Чурсин Ю.А. Разработка модели процесса многокомпонентной экстракции как объекта управления // Известия ТПУ. – Т. 314. – № 5. – Томск: ТПУ. – 2009. – С. 75–80.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ ТАБЛИЧНОГО И МАТРИЧНОГО АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ CRC32

Мыцко Е.А.
Научный руководитель: Мальчуков А.Н., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: 7evgen7@sibmail.com

В данной работе приводится сравнение по времени вычисления и размеру исполняемых файлов программных реализаций табличного и матричных алгоритмов вычисления контрольной суммы CRC32, совместимой с контрольной суммой архиваторов PKZIP, WinZIP и протокола ETHERNET[1]. Проведено полное исследование различных вариантов применения, как и с исходным буфером, так и с буфером, совместимым с реализацией на микроконтроллерах. Сделаны рекомендации относительно применения табличного[2] и матричного алгоритмов [3].

Введение

С помощью применения суперкомпьютерного кластера «СКИФ-политех1» были исследованы реализации различных алгоритмов по времени вычисления. Для получения временной оценки вычисления контрольной суммы над конкретным файлом конкретной программной реализацией производилось по 50 запусков для файлов объёмом от 10 до 1010 Мегабайт с шагом 200 Мегабайт. На основе данных по 50-ти запускам каждого алгоритма составлены таблицы средних значений по времени расчёта контрольной суммы, по доверительным интервалам и по размерам исполняемых файлов. Исследование проводилось в два этапа – с буфером в 1 Мб, который установлен в исходном коде табличной реализации [4] и с буфером 256 байт – для того, чтобы отследить влияние буфера на время вычисления контрольной суммы.

Исследование скорости вычисления алгоритмов с буфером 1 Мб

Использование суперкомпьютерного кластера позволило сэкономить время на проведение эксперимента и получить временные оценки (табл. 1) с достаточно высокой достоверностью (табл. 2).

Таблица 1. Средние значения времени расчёта CRC32

Алгоритм	Среднее значение времени расчёта CRC32, с.					
	Объём использованных файлов, Мб					
	10	210	410	610	810	1010
Табличный	0.057	1.194	2.299	3.227	4.334	6.184
Матричный, сдвиг 1 байт	0.125	2.81	5.399	7.602	10.23	14.557
Матричный, сдвиг 2 байта	0.092	2.084	4.02	5.645	7.566	10.835
Матричный, сдвиг 4 байта	0.08	1.729	3.32	4.694	6.272	8.965

Таблица 2. Доверительные интервалы результата

Алгоритм	Доверительные интервалы, %					
	Объём использованных файлов, Мб					
	10	210	410	610	810	1010
Табличный	±1.4	±0.217	±0.203	±0.162	±0.211	±0.155
Матричный, сдвиг 1 байт	±0.732	±0.112	±0.067	±0.166	±0.161	±0.048
Матричный, сдвиг 2 байта	±3.882	±0.133	±0.09	±0.105	±0.097	±0.072
Матричный, сдвиг 4 байта	±0.827	±0.172	±0.011	±0.314	±0.188	±0.064

Размеры запускаемых файлов табличной и матричных программных реализаций заметно отличаются друг от друга (табл. 3).

Таблица 3. Размеры исполняемых файлов

Алгоритм	Табличный	Матричный, сдвиг 1 байт	Матричный, сдвиг 2 байта	Матричный, сдвиг 4 байта
Размер исполняемого файла, байт	15 490	11 729	12 247	12 994

Для того, чтобы выяснить как влияет на скорость вычисления увеличение числа байт, обрабатываемых за итерацию, в матричном алгоритме была вычислена разница для данных из табл.1 для матричных алгоритмов с 2-х и 4-х байтными сдвигами относительно однобайтового (табл. 4).

Таблица 4. Ускорение относительно однобайтового сдвига

Алгоритм	Ускорение относительно матричного алгоритма со сдвигом 1 байт, %					
	Объём использованных файлов, Мб					
	10	210	410	610	810	1010
Матричный, сдвиг 2 байта	26.4	25.836	25.541	25.743	26.041	25.568
Матричный, сдвиг 4 байта	36	37.919	38.507	38.253	38.69	38.414

Как видно из таблицы 4 матричный алгоритм с 4-х байтным сдвигом на 38% вычисляет контрольную сумму быстрее, чем матричный алгоритм с однобайтовым сдвигом.

Однако, даже матричный алгоритм с 4-х байтовым сдвигом уступает по скорости табличному алгоритму на 44% (табл. 5).

Таблица 5. Ускорение матричного алгоритма относительно табличного

Алгоритм	Ускорение относительно табличного алгоритма, %					
	Объём использованных файлов, Мб					
	10	210	410	610	810	1010
Матричный, сдвиг 1 байт	-119.298	-135.343	-134.841	-135.575	-136.575	-135.398
Матричный, сдвиг 2 байта	-61.403	-74.539	-74.858	-74,93	-74.573	-75.21
Матричный, сдвиг 4 байта	-40.35	-44.807	-44.41	-45.46	-44.716	-44.97

С помощью увеличения числа байт, обрабатываемых за итерацию, в матричном алгоритме скорость вычисления контрольной суммы можно приблизить к скорости табличного до отставания на ~44%. Следует помнить, что четырёхбайтовый матричный алгоритм требует в 8 раз меньше памяти (128 байт) для хранения матрицы, чем для реализации табличного алгоритма (1024 байт).

Исследование скорости вычисления алгоритмов для микроконтроллеров

В данном случае размер буфера был установлен равным 256 байт, что соответствует доступному объёму для микроконтроллеров. Все этапы исследования проводились аналогично исследованиям с буфером 1 мегабайт. Временные затраты на вычисления контрольной суммы файлов разного объёма приведены в табл. 6, доверительные интервалы полученных результатов в табл. 7.

Таблица 6. Средние значения времени расчёта CRC32

Алгоритм	Средние значения времени расчёта CRC32, с.					
	Объём использованных файлов, Мб					
	10	210	410	610	810	1010
Табличный	0.053	1.195	2.299	3.382	4.501	6.202
Матричный, сдвиг 1 байт	0.125	2.807	5.392	7.735	10.36	14.533
Матричный, сдвиг 2 байта	0.09	2.085	4.018	5.715	7.661	10.842
Матричный, сдвиг 4 байта	0.078	1.726	3.321	4.722	6.331	8.941

Таблица 7. Доверительные интервалы для среднего

Алгоритм	Доверительные интервалы, %					
	Объём использованных файлов, Мб					
	10	210	410	610	810	1010
Табличный	±1.899	±0.36	±0.195	±0.385	±0.375	±0.138
Матричный, сдвиг 1 байт	±0.786	±0.212	±0.187	±0.117	±0.178	±0.107
Матричный, сдвиг 2 байта	±1.441	±0.294	±0.282	±0.199	±0.175	±0.161
Матричный, сдвиг 4 байта	±0.808	±0.142	±0.11	±0.217	±0.186	±0.073

Как видно из таблиц 8 и 9 изменение размера буфера до 256 байт существенно не изменил картину, полученную ранее.

Таблица 8. Ускорение относительно однобайтового сдвига

Алгоритм	Ускорение относительно матричного алгоритма со сдвигом 1 байт, %					
	Объём использованных файлов, Мб					
	10	210	410	610	810	1010
Матричный, сдвиг 2 байта	28	25.721	25.482	26.115	26.052	25.397
Матричный, сдвиг 4 байта	37.6	38.498	38.408	38.952	38.889	38.477

Таблица 9. Ускорение матричного алгоритма относительно табличного

Алгоритм	Ускорение относительно табличного алгоритма, %					
	Объём использованных файлов, Мб					
	10	210	410	610	810	1010
Матричный, сдвиг 1 байт	-135.849	-134.895	-134.537	-128.711	-130.171	-134.328
Матричный, сдвиг 2 байта	-69.811	-74.477	-74.771	-68.982	-70.206	-74.814
Матричный, сдвиг 4 байта	-47.169	-44.435	-44.454	-39.621	-40.657	-44.163

В среднем ускорение матричного алгоритма относительно табличного остаётся таким же, как и в алгоритмах с размером буфера 1 Мб. Это обусловлено, скорее всего, тем, что на суперкомпьютерном кластере файлы считываются в память достаточно быстро, поэтому изменение размера буфера не может существенно влиять на результат измерений.

Заключение

В ходе исследования были рассмотрены табличный [2,4] и матричный [3] алгоритмы вычисления контрольной суммы CRC32. Проведено сравнение по скорости вычисления контрольной суммы данными алгоритмами. В результате матричный алгоритм был модернизирован за счёт увеличения числа байт, обрабатываемых за итерацию. Тестирование программных реализаций по скорости вычисления контрольной суммы показало, что матричный алгоритм в системах с быстрой дисковой подсистемой на ~44% медленнее табличного. В результате было установлено, что самый оптимальный и быстрый четырёхбайтовый матричный алгоритм следует применять во встраиваемых системах, промышленных системах передачи данных, где используются микроконтроллеры. Рекомендация использования матричного алгоритма обусловлена простотой реализации и значительной экономии памяти, требуемой для прошивки программы в микроконтроллер

Литература:

1. Koopman P. 32-Bit Cyclic Redundancy Codes for Internet Applications // Intern. Conf. on Dependable Systems and Networks (DSN), Washington, July 2002. – Washington, DC, 2002. – P. 459–468.
2. Ross N. Williams. A Painless Guide to CRC Error Detection Algorithms [Электронный ресурс]. URL: http://www.ross.net/crc/download/crc_v3.txt (дата обращения: 01.02.2012).
3. Мальчуков А.Н., Осокин А.Н. Быстрое вычисление контрольной суммы CRC: таблица против матрицы // Прикладная информатика, 2010. - т. - № 2(26). - с. 58-63.
4. 32 bit Cyclic Redundancy Check Source Code for C++ [Электронный ресурс] URL: http://www.createwindow.com/programming/crc32/ (дата обращения: 01.02.2012).

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМ РЕАКТОРОМ ЕМКОСТНОГО ТИПА

Невиницын В.Ю., Лабутин А.Н.
Научный руководитель: Лабутин А.Н., д.т.н., профессор
Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7
E-mail: nevinitsyn@gmail.com

Одним из основных аппаратов в технологической схеме получения практически любого химического продукта является реактор. От его устройства и показателей работы в значительной степени зависит экономическая эффективность всего химического производства.

Целью функционирования химического реактора является обеспечение на его выходе заданного оптимального значения концентрации целевого компонента. Постановка и решение задач оптимизации реакторов на стадиях научных исследований и проектирования рассматривались многими исследователями. Вопросы синтеза систем автоматической стабилизации и управления реакторами для поддержания оптимальных условий работы рассматривались существенно реже и в линейной постановке.

Повышение требований к качеству работы реакторов – устойчивости, надежности, расширение их функциональных возможностей обуславливают актуальность и необходимость поиска путей совершенствования процессов управления химическими реакторами. В этой связи в данной работе предпринимается попытка решения задачи синтеза системы управления концентрацией и температурой в химическом реакторе с точки зрения современной науки об управлении, т.е. с учетом нелинейности, многомерности и многосвязности математических моделей объектов.

В последнее время получил развитие новый синергетический подход к проблеме управления, который базируется на принципах направленной самоорганизации нелинейных динамических систем [1, 2]. Данный подход позволяет аналитически синтезировать эффективные законы управления для нелинейных, многомерных и многосвязных динамических систем.

В реакторе реализуется экзотермическая многостадийная последовательно-параллельная реакция:

$$A + B \xrightarrow[(X_1)\,(X_2)]{K_1} \underset{(X_3)}{P_1},\ A + P_1 \xrightarrow{K_2} \underset{(X_4)}{P_2},\ A + P_2 \xrightarrow[(X_5)]{K_3} P_3,$$

где A и B – исходные реагенты; P_1, P_2, P_3 – продукты реакции; k_1, k_2, k_3 – константы скоростей стадий; x_i, $i = 1,...5$ – концентрации соответствующих компонентов. Целевым компонентом является вещество P_2 на выходе реактора. Исходные реагенты A и B подаются в аппарат раздельными потоками. Аппарат функционирует в политропическом режиме.

Принципиальная схема реактора представлена на рис. 1.

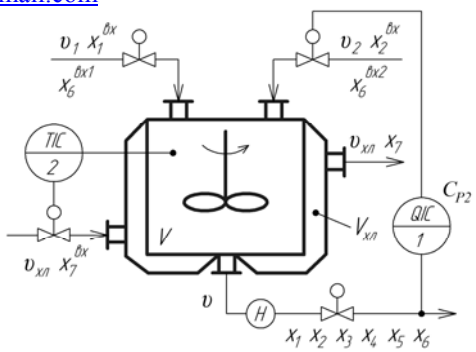


Рис. 1. Принципиальная схема реактора

Введены следующие обозначения: $x_1^{вх}$, $x_2^{вх}$ – концентрация исходных реагентов; $x_6^{вх1}$, $x_6^{вх2}$ – температура исходных реагентов; υ_1, υ_2 – расход исходных реагентов; $\upsilon_{хл}$, $x_7^{вх}$ – расход и температура хладоагента на входе в аппарат; x_7 – температура хладоагента в аппарате; υ – расход смеси на выходе из аппарата; x_6 – температура реакционной смеси в аппарате; V – объем аппарата; $V_{хл}$ – объем хладоагента в рубашке реактора.

Математическая модель реактора имеет вид:

$$dx_1/d\tau = M_A - k_1 x_1 x_2 - k_2 x_1 x_3 - k_3 x_1 x_4 - b_2 x_1 - b_3 x_1 u_1$$

$$dx_2/d\tau = -k_1 x_1 x_2 - b_2 x_2 + (M_B - b_3 x_2) u_1$$

$$dx_3/d\tau = k_1 x_1 x_2 - k_2 x_1 x_3 - b_2 x_3 - b_3 x_3 u_1$$

$$dx_4/d\tau = k_2 x_1 x_3 - k_3 x_1 x_4 - b_2 x_4 - b_3 x_4 u_1$$

$$dx_6/d\tau = \alpha_1 k_1 x_1 x_2 + \alpha_2 k_2 x_1 x_3 + \alpha_3 k_3 x_1 x_4 + b_2 x_6^{вх1} + \beta_1 x_7 - (\beta_1 + b_2) x_6 + (x_6^{вх2} - x_6) b_3 u_1$$

$$dx_7/d\tau = \beta_2 (x_6 - x_7) + b_1 (x_7^{вх} - x_7) u_2,$$

где $M_A = \upsilon_1 x_1^{вх}/V$; $M_B = x_2^{вх}/V$; $b_1 = 1/V_{хл}$; $b_2 = \upsilon_1/V$; $b_3 = 1/V$; $\alpha_i = \Delta H_i/(\rho C)$, $i = 1,...,3$; $\beta_1 = K_T F_T/(\rho C V)$; $\beta_2 = K_T F_T/(\rho_{хл} C_{хл} V_{хл})$; $u_1 = \upsilon_2$, $u_2 = \upsilon_{хл}$ – управляющие воздействия; ΔH_1, ΔH_2, ΔH_3 – тепловой эффект соответствующей стадии реакции; K_T, F_T – коэффициент теплопередачи и поверхность теплообмена; ρ, C – плотность и теплоемкость реакционной смеси; $\rho_{хл}$, $C_{хл}$ – плотность и теплоемкость хладоагента.

В терминах синергетической теории управления задача управления запишется следующим образом: необходимо получить в аналитической форме законы управления как функции перемен-

ных состояния $u_1(x_1,x_2,...,x_n)$, $u_2(x_1,x_2,...,x_n)$, где $u_1=\upsilon_2$, $u_2=\upsilon_{xл}$, которые обеспечивали бы перевод объекта из произвольного начального состояния на пересечение введенных притягивающих инвариантных многообразий, а затем в заданное конечное состояние, определяемое следующими целями: $x_4=\bar{x}_4$ и $x_6=\bar{x}_6$, где $\bar{x}_4$ и $\bar{x}_6$ – заданные значения управляемых переменных.

В соответствии с методом АКАР [1, 2] были получены законы управления:

$$
\begin{aligned}
u_1 &= (x_4-\bar{x}_4)/T_1b_3x_4 + f_4/b_3x_4 \\
u_2 &= -(x_7+\nu_1)/T_2b_1(x_7^{вх}-x_7) - \\
&\quad -\beta_2(x_6-x_7)/b_1(x_7^{вх}-x_7) - \\
&\quad -(\partial\nu_1/\partial x_6)\cdot\left[f_6+\beta_1x_7+(x_6^{вх2}-x_6)b_3u_1\right]/b_1(x_7^{вх}-x_7),
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

где $f_4=k_2x_1x_3-k_3x_1x_4-b_2x_4$; $f_6=\alpha_1k_1x_1x_2+$ $+\alpha_2k_2x_1x_3+\alpha_3k_3x_1x_4+b_2x_6^{вх1}-(\beta_1+b_2)x_6$;

$\nu_1=(x_6-\bar{x}_6)/T_3\beta_1+f_6/\beta_1+(x_6^{вх2}-x_6)b_3u_1/\beta_1$;

T_1, T_2, T_3 – параметры настройки регуляторов.

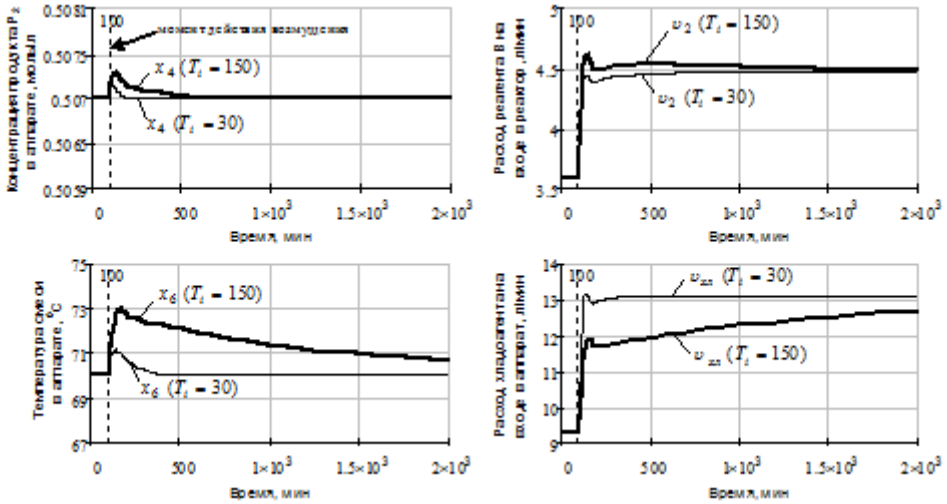


Рис. 2. Изменение регулируемых переменных и управляющих воздействий при действии положительного 20% ступенчатого возмущения по концентрации $x_1^{вх}$

Результаты компьютерного моделирования замкнутой системы управления химическим реактором позволяют сделать следующие выводы: синтезированная система управления инвариантна к внутренним и внешним возмущениям и ковариантна с заданием; уменьшение настроечных параметров регуляторов приводит к уменьшению длительности переходных процессов регулирования; найденные законы управления обеспечивают асимптотическую устойчивость замкнутой нелинейной системы.

Вышеприведенное говорит об эффективности синергетического подхода к решению задач синтеза законов управления нелинейными, многомерными и многосвязными объектами химической технологии при условии полной наблюдаемости объекта управления.

Литература:

1. Колесников А. А. Синергетическая теория управления. Таганрог: ТРТУ, М.: Энергоатомиздат, 1994. – 344 с.

2. Лабутин А. Н., Невиницын В. Ю. Синергетический синтез регулятора концентрации целевого компонента в каскаде химических реакторов // Известия высших учебных заведений. Серия “экономика, финансы и управление производством”. – 2011. – №3. – С. 86-92.

ВЫЧИСЛЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА

К. Д. Носов
Научный руководитель: асс. В. С. Дороганов
Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва
E-mail: ithilrandir@mail.ru

Введение

Современный мир компьютерных технологий стремительно развивается. То о чём вчера люди даже не думали, сегодня составляет неотъемлемую часть нашей жизни. Технологии непрерывно совершенствуются. И одним из критериев – это огромный объём информации и расчётов, которые приходится обрабатывать.

Одной и необходимых технологий является нейронные сети. Их достоинство является то, что они достаточно гибки и приспособлены для решения широкого круга задач. Так же одним из плюсов нейронной сети является то, что программист или пользователь не обязан знать, по какой именно логике сеть вычисляет результат, но его точность будет достаточно высока.

Также одной из развивающихся технологий является программирование на графических процессорных устройствах (ГПУ). Сегодня на ГПУ можно производить многопотоковые расчёты, тем самым освобождая от этого центральное процессорное устройство (ЦПУ).

В своей работе я решил производить обработку нейронной сети на ГПУ и, тем самым, решить некоторые трудности, связанные с разработкой и расчётов нейронных сетей.

Принцип работы нейронной сети

Нейронная сеть представляет собой сеть, в которой содержатся слои с нейронами, которые связанны с нейронами из соседних слоёв (рис. 1).

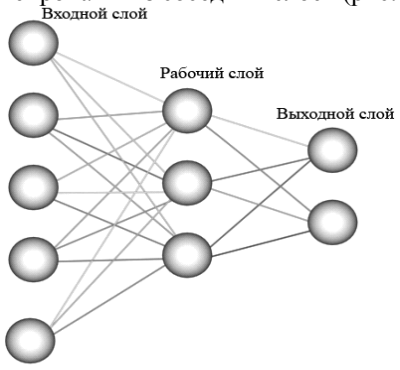


Рисунок 8 -пример нейронной сети.

Нейронные сети очень гибки и разнообразны в построении, но я постараюсь дать общее описание и основной принцип работы.

Нейронная сеть делится на слои. Слои, обычно, делят на 3 группы: входной, рабочий и выходной. На входной слой подаются входные данные, которые преобразуются к числовому диапазону от 0 до 1, иногда значения могут преобразовываться к диапазону от -1 до 1, в зависимости от поставленной задачи. Дальше данные проходят по каждому рабочему слою, преобразовываясь. И в конце попадают на выходной слой, где уже преобразовываются к нормальному виду.

Каждый слой состоит из нейронов. Нейрон (рис. 2) – узел нейронной сети, обладающий активационной функцией, аргументом которой является входное значение. Активационная функция – уравнение в нейроне, обычно ограничивающее значение в заданном диапазоне.

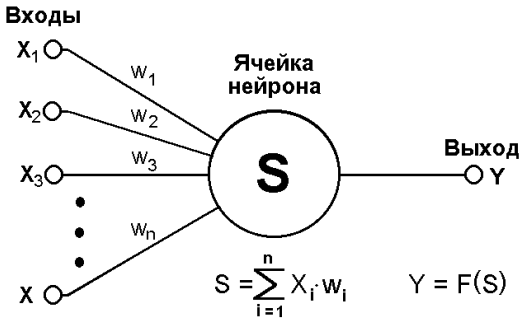


Рисунок 9 - схема нейрона.

Выходное значение нейрона передаемся по связям в каждый нейрон следующего слоя, помножаясь на соответствующий вес связи.

Недостаток нейронных сетей

Одним из самых серьёзных недостатков нейронной сети служит объём вычислений. Для решения сложных задач или обработки больших объёмов данных размер сети может составлять более нескольких сотен (или даже тысяч!) нейронов.

Если решать эту задачу на ЦПУ, то это выйдет чрезвычайно медленно. Расчёт каждой нейронной сети может занимать от нескольких минут до часов, в зависимости от активационной функции нейрона и размера сети. На обучения такой сети могут уйти месяцы, что не приемлемо.

Для устранения этого недостатка нужно найти способ быстрых расчётов большого количества, но достаточно простых данных.

Принцип устройства ГПУ

Прародителями современных ГПУ были графические акселераторы Voodoo, которые были способны только на то, чтобы натягивать текстуры на полигоны. Со временем ГПУ развивались, и их спектр работы увеличивался: они стали обрабатывать вершины, шейдеры, расчёты над текстурами, даже обработка физики. Тем самым освобождая ЦПУ для других задач.

Но революционной точкой стало добавлением повышенной точности в вычислениях с плавающей запятой, с этого момента ГПУ стало под силу производить более точные расчёты.

Прежде разберёмся с устройством. Для программиста ГПУ состоит из сетки (Grid), каждая сетка содержит двухмерный массив блоков (Block) (рис. 3).

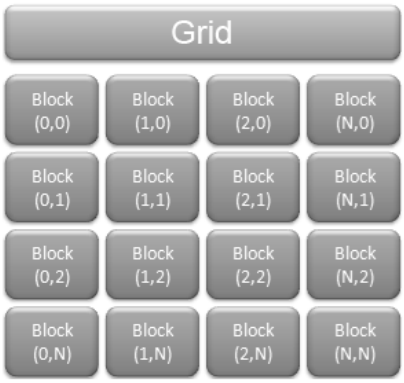


Рисунок 10 - сетка состоит из блоков.

Каждый блок в сою содержит в себе трёхмерный массив нитей (Tread) (рис. 4).

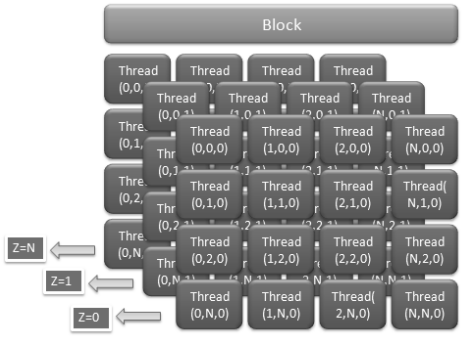


Рисунок 11 - блок состоит из нитей

Каждая нить может поддерживать по одному потоку, для каждого из которого выделяется своя память и свои переменные. Также есть особая память для блока, которую разделяют все нити данного блока и есть глобальная графическая память, к которой может обращаться любая нить-программа.

Преимущества ГПУ

Для оценки преимущества рассмотрим для примера видеокарту от nVidia GeForce 9600M GT. Данная видеокарта имеет решётку размерностью 65535 x 65535 x 1 блоков, а каждый блок имеет размерность 512 x 512 нитей, из которых может быть задействовано одновременно 512. Это означает, что при полной загрузке мы можем создать 65535 x 65535 x 1 x 512 нитей-потоков, которые будут загружаться на ядрах ГПУ.

Ядра ГПУ быстрее обрабатывают информацию, а так же быстрее переключаются с одной нити на другую, в то время как ядра ЦПУ на это тратят больше времени. Также на ГПУ ядер обычно гораздо больше, их количество может достигать нескольких сотен, в то время как ЦПУ до этого еще далеко. Но взамен ядра ЦПУ обладают меньшей гибкостью и разработка на них гораздо сложнее.

Таким образом, ГПУ выигрывает в скорости обработки простых дынных перед ЦПУ, что и нужно нам для решения нейронных сетей.

Принцип работы программы

Было принято решить задачу методом создания подпрограммы, чтобы ею могла пользоваться программа, не зависимо от языка разработки.

Программе необходимо указать схему нейронной сети и входные параметры для начального слоя. После чего программа автоматически произведёт настройку ГПУ, выделит необходимое количество блоков и нитей для расчетов и произведёт копирования информации из памяти компьютера в графическую область памяти. После этого будут производиться расчёты на ГПУ, и выведен результат, который уже должна обработать главная программа.

Стоит отметить, что скорость расчёта нейронных сетей повышается в 4-10 раз, в зависимости от мощности видеокарты и размера нейронной сети. Чем выше размерность сети, тем больше выигрыш в расчётах.

Заключение

В статье было дано краткое описание работы нейронных сетей и ГПУ, для более глубокого ознакомления и анализа можно посмотреть соответствующую информацию в интернете, так как для полного освещения каждой из тем можно написать несколько статей, которые выходили бы за рамки размеров данного сборника.

Программа, разработанная на основе синтеза сильных сторон каждой технологии, позволяет производить быстрые расчёты нейронной сети, что сильно сокращает время на её обучение и дальнейшее использование, тем самым позволяя не отставать от современного потока времени и производить более эффективные расчёты.

Литература:

1. официальный сайт разработчиков nVidia: developer.nvidia.com
2. примеры кодов Cuda SDK на английском: developer.nvidia.com/cuda-cc-sdk-code-samples
3. примеры кодов Cuda SDK на русском: www.nvidia.ru/object/cuda_sdks_1_ru1.html

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТИПА ТОКАМАК

Обходский А.В., Союменко А.А., Мезенцев А.А.
Научный руководитель: Павлов В.М., к.т.н., доцент.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: art707@tpu.ru

В настоящее время существенно изменился облик научного эксперимента, для исследования неизученных явлений в области физики элементарных частиц и многих других областях теоретических и экспериментальных знаний используются сложные, дорогостоящие электрофизические установки, для создания которых применяются последние, новейшие достижения в области науки и техники.

В качестве примера исследовательской электрофизической установки можно отметить проекты по созданию ускорителя заряженных частиц - LHC (Large Hadron Collider), научно-исследовательский центр CERN (запущен в 2008 г.), термоядерного реактора – ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), научно-исследовательский центр CEA Cadarache (запуск планируется в 2019 г.), мощного лазера на свободных электронах - XFEL (X-ray Free-Electron Laser), научно-исследовательский центр DESY (запуск намечен на 2016 г.).

Для проведения исследований на этих установках экспериментатору необходим гибкий и многофункциональный инструмент - информационно-измерительный комплекс, который позволит обрабатывать данные удаленно, используя весь ресурс научно-исследовательской центра, в том числе возможность привлечения молодых ученых и свободные (неиспользуемые) вычислительные ресурсы ЭВМ. Удаленный доступ к экспериментальным данным позволит повысить эффективность обработки результатов экспериментов путем распараллеливания процесса между научно-исследовательскими лабораториями и центрами разных стран для оперативного решения исследовательских задач. Необходимость удаленной обработки данных также обоснована с точки зрения возможности сравнения результатов экспериментов, получаемых на разных установках – в смежных областях экспериментальных исследований.

В работе представлены результаты разработки информационно-измерительного системы (ИИС) для установок типа токамак.

Основными элементами типовой ИИС токамака (рис. 1) являются подсистемы сбора данных с диагностик, сервер хранения данных и сервер обработки данных.

Диагностический комплекс современного токамака может насчитывать свыше 80-ти отдельных приборов для измерения физических параметров высокотемпературной плазмы. В процессе эксперимента подсистемы сбора данных осуществляют измерение сигналов с диагностик (первичных преобразователей), их первичную обработку и сохраняют данные в собственной оперативной памяти до завершения эксперимента.

Длительное хранение полученных экспериментальных данных осуществляется в сервере хранения данных.

На сервере обработки данных функционирует система управления базой экспериментальных данных, которая обрабатывает запросы, поступающие от пользователей, находящихся как на территории где непосредственно расположена установка, так и удаленных от нее.

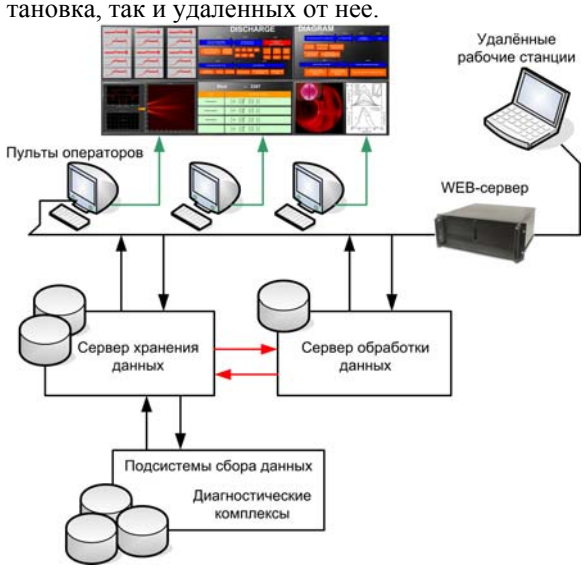


Рис. 1. Обобщенная структура информационно-измерительного системы установки токамак

Серверы хранения и обработки данных функционируют под управлением операционной системы Linux. Обработка запросов от удаленных пользователей к базе экспериментальных данных осуществляется с помощью системы управления базой данных PostgreeSQL [1].

Опыт эксплуатации экспериментальных комплексов показывает, что локальную обработку данных (на стороне клиента) можно проводить только в случае малого объёма загружаемых данных, в противном случае, необходимо расширять канал передачи данных. В нашем случае используется модель удалённой обработки данных с активным сервером, так как реализовать широкий канал передачи данных между сервером хранения данных и сервером обработки данных значительно легче (рис. 2). При этом программа, функционирующая на стороне клиента, передает утилиты обработки данных на сервер, после чего они встраиваются в программный комплекс обработки данных и запускаются командой на сервере с удаленного терминала клиентской ЭВМ. После завершения процедуры обработки данных программе-клиенту передается результат обработки. По-

добная модель реализована в GRID LHC, однако в состав ПО GRID уже встроены функции обработки данных, так как используется распределённая система серверов и программное обеспечение серверов должно быть идентичным. Уникальные алгоритмы обработки данных при таком подходе реализуются только на собственной локальной машине клиента.

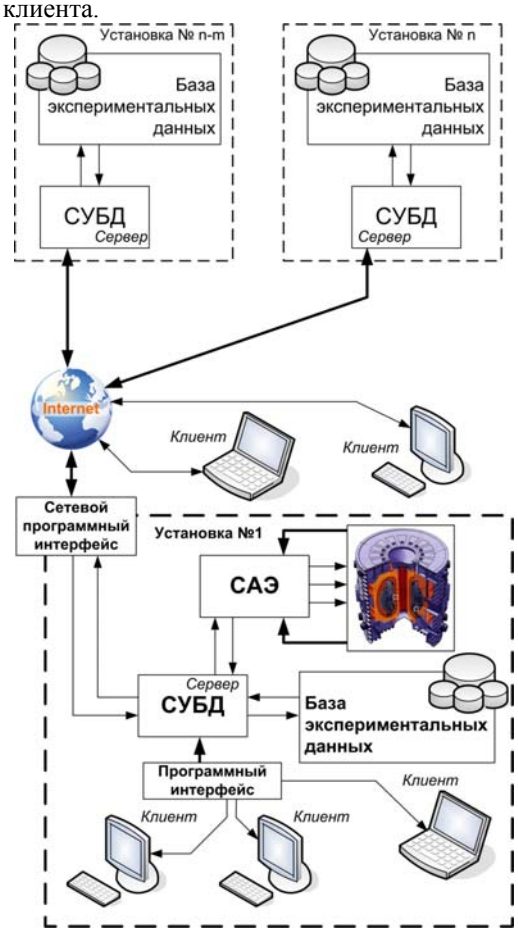


Рис. 2. Схема удаленного доступа к экспериментальным данным установок токамак

Несмотря на наличие мощных механизмов хранения экспериментальных данных на исследовательских электрофизических установках, существуют проблемы в интерпретации собранных данных при обмене ими между научными центрами, в каждом из которых могут поддерживаться собственные механизмы наименования и размещения информационных массивов. С этой точки зрения важным является обеспечение унификации системы кодирования и обозначения сигналов в базах данных различных установок, для упрощения поиска и их однозначной идентификации.

Для отображения данных на стороне клиента в информационно-измерительной системе токамака используются принципы, заложенные в jScope, при этом механизм управления областями отображения графиков был существенно модифицирован. Графический интерфейс программы визуализации экспериментальных данных DAQViewer представлен на рис. 3. Количество и конфигурация областей отображения графиков настраивается флагами в правом верхнем углу окна программы. Габариты областей отображения, в зависимости от их количества, автоматически масштабируется в рамках рабочей области окна программы. Выбор пакета экспериментальных данных выполняется в списке, в правой части окна программы. При визуальной диагностике и обработке данных применяются функции свободной трансформации пакета MATLAB, которые позволяют группировать графики в одних координатных осях, изменять цвет и тип линий. Соосное расположение графиков позволяет синхронизировать начало событий и оценить их временные характеристики.

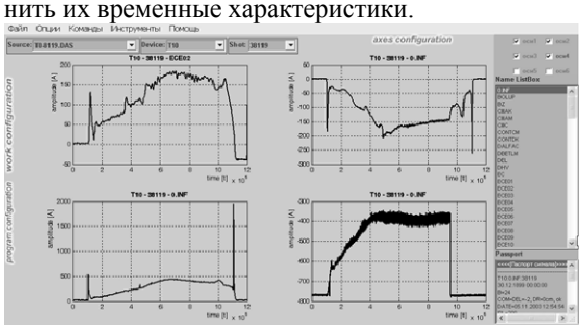


Рис. 3. Графический интерфейс программы DAQViewer

Для транспортировки данных внутри информационно-измерительной системы и заполнения полей базы данных электрофизической установки был разработан унифицированный транспортный X-файл включающий область метаданных. X-файл позволяет отслеживать происхождение информационных объектов не только от момента их получения, за счет включения информации об установке, о схеме получения измерительной информации и конфигурации измерительных каналов, но и об этапах прохождения многоуровневой обработки, за счет включения сведений об используемых алгоритмах обработки в виде формул, фрагментов программ обработки и текстового описания [2].

Список литературы:

1. Baystrukov K.I., Pavlov V.M. and oth., Control and data acquisition system of Tokamak KTM // Proc. of the 17-th Conf. Plasma and fusion science. IAEA Technical Meeting on Research Using Small Fusion Devices. – Lisbon, Portugal, 2008. – V. 996. – P. 297 –306.

2. Овчинников А.В., Павлов В.М., и др. Структура программного обеспечения подсистем сбора данных токамака КТМ // Приборы и системы. Управление. Контроль, диагностика. – 2010. – №1. – С. 33-36.

ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Ожогова О.В.
Научный руководитель: Чернышева Т.Ю., к.т.н., доцент
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета,
652055, г. Юрга, Кемеровская обл., ул. Ленинградская 26.
E-mail: rain16_91@mail.ru

Экспертные системы (ЭС) возникли как значительный практический результат в применении и развитии методов искусственного интеллекта (ИИ)- совокупности научных дисциплин, изучающих методы решения задач интеллектуального (творческого) характера с использованием ЭВМ [1].

ЭС - это набор программ, выполняющий функции эксперта при решении задач из некоторой предметной области. ЭС выдают советы, проводят анализ, дают консультации, ставят диагноз. Практическое применение ЭС на предприятиях способствует эффективности работы и повышению квалификации специалистов.

Главным достоинством экспертных систем является возможность накопления знаний и сохранение их длительное время. В отличии от человека к любой информации экспертные системы подходят объективно, что улучшает качество проводимой экспертизы. При решении задач, требующих обработки большого объема знаний, возможность возникновения ошибки при переборе очень мала.

Области применения систем, основанных на знаниях, могут быть сгруппированы в несколько основных классов:

а) Медицинская диагностика.

Диагностические системы используются для установления связи между нарушениями деятельности организма и их возможными причинами.

б) Прогнозирование.

Прогнозирующие системы предсказывают возможные результаты или события на основе данных о текущем состоянии объекта.

в) Планирование.

Планирующие системы предназначены для достижения конкретных целей при решении задач с большим числом переменных. Компания Boeing применяет ЭС для проектирования космических станций, а также для выявления причин отказов самолетных двигателей и ремонта вертолетов.

г) Интерпретация.

Интерпретирующие системы обладают способностью получать определенные заключения на основе результатов наблюдения.

д) Контроль и управление.

Системы, основанные на знаниях, могут применятся в качестве интеллектуальных систем контроля и принимать решения, анализируя данные, поступающие от нескольких источников. Такие системы уже работают на атомных электростанциях, управляют воздушным движением и осуществляют медицинский контроль. Они могут быть также полезны при регулировании финансовой деятельности предприятия и оказании помощи при выработке решений в критических ситуациях.

е) Диагностика неисправностей в механических и электрических устройствах.

В этой сфере системы, основанные на знаниях, незаменимы как при ремонте механических и электрических машин (автомобилей, дизельных локомотивов и т.д.), так и при устранении неисправностей и ошибок в аппаратном и программном обеспечении компьютеров.

ж) Обучение.

Системы, основанные на знаниях, могут входить составной частью в компьютерные системы обучения. Система получает информацию о деятельности некоторого объекта (например, студента) и анализирует его поведение. База знаний изменяется в соответствии с поведением объекта.

Большинство ЭС включают знания, по содержанию которых их можно отнести одновременно к нескольким типам. Например, обучающая система может также обладать знаниями, позволяющими выполнять диагностику и планирование. Она определяет способности обучаемого по основным направлениям курса, а затем с учетом полученных данных составляет учебный план.

Экспертные системы предназначены для так называемых неформализованных задач, т.е. не отвергают и не заменяют традиционного подхода к разработке программ, ориентированного на решение формализованных задач, которые обладают одной или несколькими из следующих характеристик:

1. задачи не могут быть заданы в числовой форме;
2. цели не могут быть выражены в терминах точно определенной целевой функции;
3. не существует алгоритмического решения задач;

Неформализованные задачи обычно обладают:

1. ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью исходных данных;
2. ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью знаний о проблемной области и решаемой задаче;
3. большой размерностью пространства решения, т.е. перебор при поиске решения весьма велик;
4. динамически изменяющимися данными и знаниями.

Даже лучшие из существующих ЭС, имеют определенные ограничения по сравнению с человеком-экспертом [2]:

1) большинство ЭС не вполне пригодны для применения конечным пользователем. Если вы не

имеете некоторого опыта работы с такими системами, то у вас могут возникнуть серьезные трудности. Многие системы оказываются доступными только тем экспертам, которые создавали из базы знаний;

2) вопросно-ответный режим, обычно принятый в таких системах, замедляет получение решений. Например, без системы MYCIN врач может (а часто и должен) принять решение значительно быстрее, чем с ее помощью;

3) навыки системы не возрастают после сеанса экспертизы;

4) все еще остается проблемой приведение знаний, полученных от эксперта, к виду, обеспечивающему их эффективную машинную реализацию;

5) ЭС не способны обучаться, не обладают здравым смыслом.

6) ЭС неприменимы в больших предметных областях. Их использование ограничивается предметными областями, в которых эксперт может принять решение за время от нескольких минут до нескольких часов;

7) в тех областях, где отсутствуют эксперты (например, в астрологии), применение ЭС оказывается невозможным;

8) имеет смысл привлекать ЭС только для решения когнитивных задач. Теннис, езда на велосипеде не могут являться предметной областью для ЭС, однако такие системы можно использовать при формировании футбольных команд;

9) человек-эксперт при решении задач обычно обращается к своей интуиции или здравому смыслу, если отсутствуют формальные методы решения или аналоги таких задач.

Системы, основанные на знаниях, оказываются неэффективными при необходимости проведения скрупулезного анализа, когда число “решений” зависит от тысяч различных возможностей и многих переменных, которые изменяются во времени. В таких случаях лучше использовать базы данных с интерфейсом на естественном языке.

ЭС имеют определенные преимущества перед человеком-экспертом:

1. у них нет предубеждений;
2. они не делают поспешных выводов;
3. эти системы работают систематизировано, рассматривая все детали, часто выбирая наилучшую альтернативу из всех возможных;
4. база знаний может быть очень и очень большой. Будучи введены в машину один раз, знания сохраняются навсегда. Человек же имеет ограниченную базу знаний, и если данные долгое время не используются, то они забываются и навсегда теряются;
5. эти системы не заменяют специалиста, а являются инструментом в его руках.

В настоящее время экспертные системы используются для решения различных типов задач в самых разнообразных проблемных областях, таких, как финансы, нефтяная и газовая промышленность, энергетика, транспорт, фармацевтическое производство, космос, химия, образование, телекоммуникации и связь и др.

Например, в военном деле - экспертная система ACES выполняет картографические работы по нанесению обстановки на карты. Система получает в качестве исходных данных карту без обстановки и информацию, описывающую расположение объектов на местности. Система выдает карту, содержащую все желаемые условные обозначения и подписи, размещенные без взаимного наложения. Система разработана компанией ESL и доведена до уровня исследовательского прототипа [3].

Экспертная система ACE определяет неисправности в телефонной сети и дает рекомендации по необходимому ремонту и восстановительным мероприятиям. Система работает без вмешательства пользователя, анализируя сводки-отчеты о состоянии, получаемые ежедневно с помощью CRAS, программы, следящей за ходом ремонтных работ в кабельной сети. ACE обнаруживает неисправные телефонные кабели и затем решает, нуждаются ли они в планово-предупредительном ремонте, и выбирает, какой тип ремонтных работ вероятнее всего будет эффективным. Она разработана в Bell Laboratories. ACE прошла опытную эксплуатацию и доведена до уровня коммерческой экспертной системы.

Список литературы:

1. Портал искусственного интеллекта: [Режим доступа]. (http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/examples-expsys.html) Дата доступа 17.02.2012

2. История компьютера: [Режим доступа]. (http://chernykh.net/content/view/790/870/) Дата доступа 17.02.2012

3. Языки программирования: [Режим доступа]. (http://life-prog.ru/view_ekspertnie_systemi.php?id=1) Дата доступа 17.02.2012

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Панов С.А., Ганджа Т.В.
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: spytech3000@gmail.com

Введение

В зависимости от отрасли науки, результатом научно-исследовательской деятельности может быть, например, новый метод, алгоритм или подход к изучению какого-либо явления, процесса. При этом очень важное место здесь занимает документирование и сохранение полученных в результате этой деятельности научных данных, имеющих практическую (или теоретическую) ценность. Автоматизация этого процесса позволит существенно снизить затраты времени, которое можно потратить на более важные задачи. Таким образом, можно сказать, что автоматизация – это следующий (и неизбежный) шаг в совершенствовании процесса документирования. При этом под автоматизацией документирования нужно понимать, прежде всего, переход к использованию автоматизированных систем документооборота и специализированных генераторов научно-исследовательских отчетов.

Генераторы отчетов делятся на два типа:

1. По способу создания отчетов:

-генераторы отчетов, осуществляющие генерацию документа только по заранее заданному шаблону;
-генераторы отчетов, которые имеют, помимо прочего, функции для создания, просмотра и редактирования шаблонов отчетов.

2. По способу привязки к программам-источникам входных данных:

-встроенные в программы-источники данных (т.е. представляют собой подпрограммы);
-стационарные программы (выполнены в форме отдельного приложения).

Для целей компьютерного моделирования на кафедре ТОЭ ТУСУР разработана среда многоуровневого моделирования (СММ МАРС) [1], предназначенная для моделирования сложных технических устройств и систем. Для документирования ее результатов возникла необходимость создания собственного генератора отчетов [2], выполненного в виде модуля к СММ МАРС.

Описание разрабатываемого генератора

Как было уже отмечено выше, разрабатываемый генератор отчетов выполнен в виде подпрограммы (модуля) к СММ МАРС. Для того чтобы лучше понимать работу генератора отчетов, необходимо для начала ознакомиться со структурной схемой СММ МАРС [1]. Она состоит из следующих блоков:

Библиотеки моделей компонентов (содержит модели различных физических объектов: электрических, механических, электромеханических);
-Многослойного редактора (состоит из трех слоев: объектного, алгоритмического и визуального);
- Универсального вычислительного ядра, реализующего методы математического моделирования технических объектов;

Универсального алгоритмического ядра, реализующего методы имитационного моделирования алгоритмов исследования, основанных на многократном моделировании технических объектов.

До разработки генератора отчетов результаты вычислительного эксперимента оформлялись в отчет вручную. Отчет представляет собой текстовый документ формата Microsoft Office Word (расширение «*.doc» или «*.docx»). Он имеет достаточно простую структуру и содержит статическую и динамическую части. Статическая часть отчета - это те данные, которые не нуждаются в изменении и остаются постоянными при изменении параметров исследуемого объекта и внешних воздействий на него. Динамическая часть представляет собой данные, которые могут изменяться в процессе эксперимента. Для того, чтобы каждый раз не формировать или редактировать отчеты вручную, в генераторе отчетов предусмотрено использование шаблонов отчетов, которые представляют собой смесь статических данных и специальных меток, называемых «тегами». Теги представляют собой осмысленные имена, отражающие суть вставляемых данных и заключенные в угловые скобки. Примеры тегов: <ток_цепи>, <дата_экзамена>, <фио_разработчика>, <название_дисциплины>. Таким образом, при использовании генератора отчетов, отпадает необходимость формировать отчеты вручную.

Алгоритм работы генератора

Алгоритм работы разрабатываемого генератора отчетов (рис. 1) можно представить в виде последовательности шагов.

1. Формирование шаблона или загрузка уже существующего шаблона;
2. Получение данных от компонентов-источников данных или сигналов;
3. Автоматическая генерация готового отчета путем замены тегов на полученные данные;
4. Сохранение или экспорт отчета.

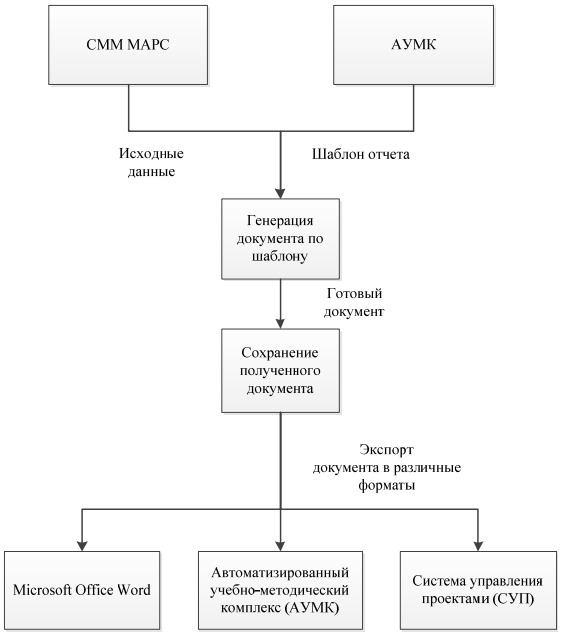


Рис.1. Алгоритм работы разрабатываемого генератора отчетов

Порядок выполнения вычислительного эксперимента и создания отчета в СММ МАРС с использованием генератора отчетов состоит из шести шагов:

1. На объектном слое из компонентов в БМК формируем схему исследуемого объекта и задаем параметры компонентов;
2. На алгоритмическом слое из компонентов БМК формируем шаблон отчета [3], для каждого компонента задаем параметры; также здесь задаются варианты сохранения готового отчета:
   - Сохранить в формате документа MS Office Word.
   - Отправить в автоматизированный учебно-методический комплекс (АУМК) - программный комплекс для обучения школьников (или студентов) техническим дисциплинам, содержащий все основные дидактические единицы (лекции, практические занятия, экзаменатор и т.д.) [4].
   - Отправить в систему управления проектами (СУП) - веб-приложение для удобного и быстрого доступа к научно-исследовательским работам студентов (в том числе различным типам отчетов) [5].
3. Запускаем анализ сформированной схемы (вычислительный эксперимент);
4. На визуальном слое выполняется слежение (с помощью измерительных приборов) и управление (с помощью различных органов управления: рычагов, переключателей, кнопок и т.д.) ходом эксперимента, а также отображаются его результаты (в виде графиков и диаграмм);
5. Запускаем процесс формирования отчета;
6. Полученный отчет сохраняется в зависимости от варианта, заданного на шаге 2.

Заключение

В перспективе, планируется разработка универсального генератора отчетов, с помощью которого можно будет: создавать шаблоны практически любого документа, будь то отчет по лабораторной работе или, например, бизнес-план; а также генерировать любой тип документов.

Такой генератор планируется выполнить в форме веб-приложения (с использованием облачных технологий).

Предложенный в данном докладе алгоритм работы и структура генератора отчетов может помочь разработчикам программ компьютерного моделирования и систем автоматизированного проектирования (САПР) создать свой собственный генератор отчетов.

Литература:

1. Дмитриев В.М. Среда моделирования МАРС / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа, А.Н. Кураколов // В-Спектр, 2009. – 299 с.
2. Ганджа Т.В. Задачи и архитектура подсистемы документирования исследований в среде многоуровневого моделирования МАРС / Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – С. 334.
3. Ганджа Т.В. Принцип интерактивного документирования лабораторных работ в среде моделирования МАРС / Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Современное образование: проблемы качества подготовки специалистов в условиях перехода к многоуровневой системе высшего образования: материалы международной науч.-метод. конф., 2-3 февраля 2012 г., Россия, Томск. –Томск: Томск. Гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – С. 48
4. Дмитриев В.М. Принципы построения и реализации автоматизированного учебно-методического комплекса по техническим дисциплинам / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, В.В. Ганджа // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – № 2 (22). – 2010. – с. 266.
5. Панов С.А. Основные этапы разработки и внедрения системы управления проектами // Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 11 - 13 мая 2011 г., ч.2. Томск: Изд-во СПБ Графикс. – с. 214.

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Пантюхин А.Р, Александрова Т.В.
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: sanyapantyukhin@gmail.com

Постановка задачи

Под техническим зрением в робототехнике понимают процесс восприятия роботом окружающих объектов при помощи датчиков оптической информации, оценки местоположения объектов и их распознавания на основе полученных видеоданных. Системы технического зрения (СТЗ) состоят из датчиков оптической информации (ДОИ) и органов обработки и анализа полученных изображений. В настоящее время в мире налажен процесс выпуска СТЗ для самых различных нужд. Техническое зрение применяется в таких отраслях как: микроэлектроника, радиоэлектроника, машиностроение, автомобилестроение, деревообработка, медицина, геодезия, информатика. Основные требования предъявляемые к СТЗ: робастность, точность, вычислительная реализуемость.

Цель работы

Оснастить мобильную платформу ПРОФИ – 2 системой технического зрения с использованием камеры National Instruments NI1742 (рис.1)

Рис.2 NI1742

Данная камера оснащена процессором 533 MHz PowerPC и 128 MB оперативной памяти. Камера обладает разрешением 640X480, максимальное число кадров в секунду – 60.

Решение

Мы воспользуемся лабораторной установкой компании National Instruments Demo Kit 2010 (рис.2).

Рис.2 Лабораторная установка

Установка состоит из нескольких элементов: Крепежа, камеры NI1742, освещения компании Advanced Illumination, вычислительного блока National Instruments, с расположенными на нем индикаторами работы установки. Освещение требуется для получения равномерно освещённого изображения, которое будет исследовано на персональном компьютере (ПК). Вычислительный блок обрабатывает информацию с камеры и формирует изображение, которое будет передано на ПК. Для обработки изображений используется программное обеспечение (ПО) NI VISION BUILDER 2010 компании National Instruments. ПО интуитивно понятно, но в комплекте поставляется диск с обучающей документацией. Требуется установить ПО и подключить установку к ПК по средствам интерфейса 8p8c (интернет кабель), программа автоматически обнаружит устройство и произведет частичную настройку. Для окончательной настройки, требуется запустить программу. От пользователя требуют настроить ширину кадра и фокус, при помощи регуляторов расположенных на камере.

Установка использовалась для определения качества коннекторов. На диск были помещены 3 коннектора: 2 из них были хорошего качества, а 1 один с браком (рис.3).

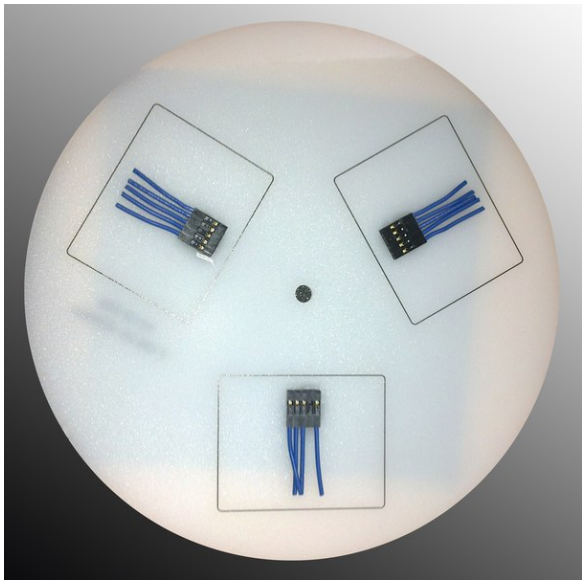


Рис.3

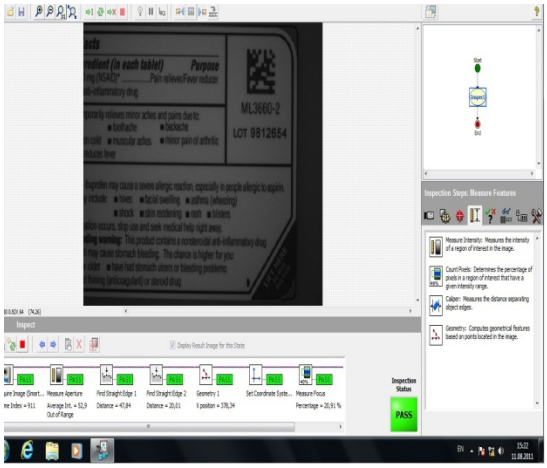


Рис.4 Рабочая зона программы

Установка фотографировала коннекторы каждый раз, как они попадали в поле зрения камеры. Далее информация передавалась в ПО и происходил анализ. Длительность получения и анализа информации составляет мене 1 секунды.

Система имеет ряд несомненных плюсов и может применяться в различных отраслях промышленности. Высокая точность выполнения алгоритма позволяет исключить человека из процесса выполнения задачи. СТЗ снижают стоимость производимой продукции и быстро окупаются. Однако, при работе с системами технического зрения следует обратить внимание на следующие аспекты. Помехи и шум – появляются из-за несовершенства аппаратуры, недостаток освещения и другие. Сложный текстурированный фон на котором происходит определение предметов, может препятствовать получению информации. Различные эффекты, такие как: эффект заслонения и эффект смены освещения, к ним относятся: расфокусировка, ракурсные искажения, блики, тени -

не позволяют системе должным образом выполнять поставленную задачу.

Поэтому следует обеспечить равномерное освещение рабочей зоны СТЗ. Состояние объектов для идентификации является одним из самых важных аспектов, так как переменная структура образцов, дефекты, временные изменения формы не позволяют должным образом исследовать объекты. Последний, но не менее важным фактором является – эффекты изменения среды. К ним можно отнести: туманы, пыль, атмосферные осадки, искусственные помехи.

Выводы: Целью моей работы является оснащение мобильной платформы системой технического зрения. Работая с лабораторной установкой я получил необходимые данные и навыки, которые пригодятся мне в будущем, но они не достаточны для выполнения моего основного задания. Требуется некоторое количество времени для освоения всего материала в целом.

Литература:

1. Официальный сайт компании National Instruments в Европе [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.ni.com.
2. В.Мошкин ,А.Петров ,В.Титов Техническое зрение = Техническое зрение роботов — 1-е изд — М.: «Машиностроение», 1990.
3. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржин А.В. Аспекты = Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW — 1-е изд. — М.: ДМК Пресс, 2007.

РАСЧЁТ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ КРАТЧАЙШЕГО ПО ВРЕМЕНИ ПУТИ

Пекарская С.С., Шестаков Н.А.
Научный руководитель: Шестаков Н. А., к.т.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Claire-Marie@rambler.ru

Введение

Развитие технологий позиционирования приводит к широкому распространению систем и сервисов, использующих информацию о местоположении объектов. Сегодня появляется всё больше доступных цифровых карт, сравнительно недорогое навигационное оборудование, возможность получить более точные данные, развитие инфраструктуры даёт новые возможности, и повышает актуальность практически интересных задач, связанных с обработкой данных о мобильных объектах (МО). Одной из таких задач является расчёт кратчайшего по времени пути между заданными пунктами в дорожной сети.

На сегодняшний день существует множество решений, представленных интернет сервисами и программами для мобильных устройств, большинство которых производят расчёт времени на основании данных о максимально допустимой скорости движения, о расстоянии и об актуальной дорожной ситуации [1]. В то же время, системы и устройства позиционирования позволяют фиксировать и сохранять позиции МО в дорожной сети – создавать пользовательские треки. Такого рода данные, собранные за достаточно длительный период, могут быть использованы для решения задачи расчёта кратчайшего по времени пути.

Модель дорожной сети

С точки зрения топологии дорожная сеть может быть представлена в виде направленного мультиграфа, в котором узлы представляют пересечения дорог на одном уровне, а рёбра — сегменты дорог между пересечениями [2], хотя, в зависимости от специфики решаемых задач, модели дорожной сети могут быть различны. Алгоритм расчёта кратчайшего пути может работать непосредственно на имеющейся универсальной модели дорожной сети, либо на специально построенном по этой модели маршрутном графе (последнее особенно актуально для сложных алгоритмов, работающих с дорожными сетями большого размера [3, 4]). В любом случае, при нахождении пути, кратчайшего по времени, понадобится оценить время проезда отдельных сегментов (рёбер графа). В данной работе исследована проблема расчёта среднего времени проезда сегментов дорожной сети на основе имеющихся GPS-треков, которое можно использовать в качестве такой оценки в алгоритмах поиска кратчайших по времени маршрутов.

Источники данных

В настоящее время можно найти много источников картографических данных, как открытых, так и коммерческих. В данном исследовании используются данные, предоставленные открытым сервисом OpenStreetMap [5] (OSM). Многие сервисы, работающие на основе данных OSM, также открыты, и позволяют добавлять новые данные, в том числе и пользовательские треки [5, 6], что делает задачу расчёта кратчайшего пути на основании статистических данных достаточно актуальной. Нами были использованы треки из проекта «Spar paa farten»[7].

Алгоритм расчёта времени проезда сегмента

Для расчёта среднего времени проезда по сегменту на первом этапе определяется принадлежность точки-позиции из GPS-трека тому или иному сегменту дорожной сети, в процессе позиционирования МО [2]. Зная точки, пройденные по определённому сегменту, а так же время, в которое они были пройдены, можно рассчитать время, затраченное на проезд по сегменту. В основном точки-позиции располагаются внутри сегмента, а для корректного расчёта времени нужно знать время в узловых точках. Для чего был разработан алгоритм, учитывающий прямо пропорциональную зависимость времени от пройденного расстояния. Рассчитывается интерполирующая функция, в качестве аргументов используются расстояния, пройденные по сегменту от последней точки-позиции предыдущего сегмента до каждой последующей вплоть до первой точки следующего сегмента, в качестве значений – время в соответствующих точках-позициях, полученная функция позволяет рассчитать время в интересующих точках, используя в качестве аргументов соответствующие расстояния.

Разбиение суток на интервалы и оптимальный размер интервалов

При решении данной задачи на основе статистических данных важно учитывать дорожную ситуацию в разное время суток. Поскольку скорость движения в часы пик гораздо ниже, чем, например, ночью, целесообразно разбивать сутки на интервалы, и рассчитывать время проезда сегментов, усреднённое по этим интервалам, а не по суткам в целом. Вопрос в том, какими должны быть выбраны эти интервалы. В рамках данного исследования сутки были разбиты на интервалы по шесть часов и по два часа.

Разбиение на шестичасовые интервалы позволяет рассчитывать время проезда с учётом нагрузки в ночные, утренние, дневные и вечерние часы. Такое разбиение даёт возможность получить достаточно данных для расчёта, но при таком делении в расчёт включается время, полученное при нарастании дорожной нагрузки, в пиковые часы, и при её спаде.

Разбиение на интервалы по два часа позволяет локализовать утренние и вечерние часы пик в соответствующих интервалах. Результаты проведённого исследования показали, что время, рассчитанное по двухчасовым интервалам, более точно отражает дорожную ситуацию (Рис. 1), и, соответственно, позволяет более точно определять кратчайший по времени путь. Важно, что при таком делении среднее значение времени в подавляющем большинстве случаев пропорционально соответствует интенсивности нагрузки на данный сегмент в данное время суток и позволяет достаточно достоверно рассчитывать время, затрачиваемое на проезд по тому или иному сегменту дорожной сети. Так же такое деление позволяет представить, каким образом изменяется нагрузка на данный участок дороги в течение дня. С учётом того, что исходные данные собраны за достаточно длительный период, становится возможным отслеживать, как меняется нагрузка в зависимости от дня недели, как изменяется время проезда в будни и выходные или же праздничные дни.

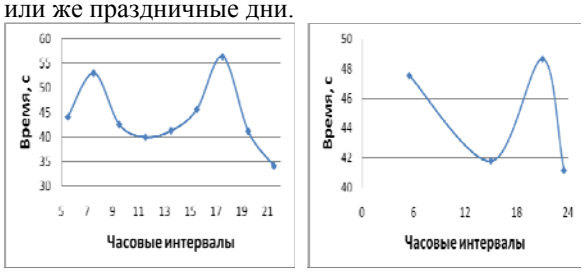


Рис. 1. Время, полученное на основании данных 2-часовых (слева) и 6-часовых (справа) интервалов

Таблица 1. Среднее время проезда в секундах по одному из сегментов

2-часовой интервал	6-часовой интервал	Интервал в сутках
54	48	5:00 -7:00 / 5:00-11:00
43	48	9:00-11:00 /5:00-11:00
40	42	11:00-13:00 /11:00-17:00
41	42	13:00-15:00 /11:00-17:00
45	42	15:00-17:00 /11:00-17:00
56	49	17:00-19:00 /17:00-23:00

Сложностью деления на двухчасовые интервалы является получение достаточного числа данных для исследования, так как в двухчасовой интервал попадает меньше данных о проезде того или иного сегмента дорожной сети, нежели в шестичасовой интервал, и гораздо меньше чем в сутки. Для пользователей не имеет практического смысла собирать такого рода статистические данные лично для себя, размещая их на соответствующих ресурсах, организованных по принципу совместного создания контента, в итоге можно получить достаточное количество данных для такого рода расчётов за достаточно малый промежуток времени, в том числе и для расчётов по двухчасовым интервалам.

На основании полученных результатов нами сделан вывод, что деление на интервалы менее или более двух часов не целесообразно, так как двухчасовой интервал позволяет достаточно точно учитывать часы пик. Интервалы, большие по времени, «смажут» максимумы пиковых нагрузок, а меньшие интервалы будут дробить данные, полученные при определённой дорожной ситуации, и потребуют значительно увеличить количество исходных данных.

Заключение

Разработан алгоритм расчёта среднего времени проезда сегментов дорожной сети в некотором интервале суток.

Проведено экспериментальное исследование этого алгоритма на различных значениях диапазонов этих интервалов.

По результатам численных экспериментов сделан вывод о том, что оптимальным является разбиение на двухчасовые интервалы.

Литература

1.Расчет расстояний и прокладка маршрута по Европе и всему миру: картографические сервисы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.paths.ru/faq/459.html, свободный

2.Н.А. Шестаков Алгоритмическое и программное обеспеченье геоинформационной системы для мониторинга мобильных объектов в дорожной сети. – Диссертация на соиск. уч. степ. к.т.н., – ТПУ, Томск, 2010. – 176 с.

3.Gerhart Ertl. Shortest Path Calculation in Large Road Networks //OR Spectrum, №20, 1998

4.Goldberg, Kaplan, Werneck. Reach for A*: Efficient Point-to-Point Shortest Path Algorithms // Proceedings of the 8th Workshop on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX'06), Miami, Florida, 2006. – С. 129-144.

5.OpenStreetMap Wiki. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page, свободный

6.Шестаков Н.А. Использование открытых источников геоданных на примере сервиса OpenStreetMap.//Сборник докладов 7-й Всероссийской научно–практической конференции «Молодежь и современные информационные технологии», Томск, 2009.

7.Jensen C.S., Tradisauskas N., Juhl J., Lahrmann H. Map Matching for Intelligent Speed Adaptation //IEEE Journal of Intelligent Transport Systems. — IEEE, 2009.—Т. 3.—№1.— С.57–66.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННОГО ПОЛЯ

Першин Е.А., Волков В.Ф, Горбунов В.М.
Научные руководители: Волков В.Ф*., к.т.н., с.н.с.; Горбунов В.М., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет. Институт кибернетики.
634050, Россия, г. Томск, пр-т. Ленина, 30
*Институт неразрушающего контроля Томского политехнического университета
E-mail: pershinevgen@sibmail.com

Введение. С момента открытия радиоактивности исследователи, занимающиеся изучением этого явления, отмечали его специфическое воздействие на природные материалы и биологические ткани. Необходимо помнить, что и открыто явление было благодаря фотографическому воздействию излучения. В 1899 году П. и М. Кюри обнаружили способность излучения от солей радия преобразовывать кислород в озон, вызывать потемнение и появление мелких трещин в стекле, изменять цвет кристаллов платиносинеродистого и хлористого бария. Поэтому изучение влияния радиоактивности на человека и приборы в настоящее время является актуальной задачей [1, 2].

В данной работе рассматривается метод измерения построчного сканирования датчиком (малогабаритной ионизационной камерой) сечения пучка излучения с целью ускорения процесса определения размера и формы радиационного поля в сечении пучка излучения, ограниченного заданным уровнем неравномерности и оперативной обработки результатов измерений.

При облучении изделий ионизирующим излучением существует вполне законное стремление поместить как можно больше изделий в плоскость поперечного сечения пучка излучения. Это с точки зрения экономии места, где облучается изделие. Для этого необходимо знать характеристики пучка излучения по однородности в сечении пучка и значения мощности дозы, которая при перпендикулярном сечении всегда больше в центре пучка. Перед установкой под излучение изделия знакомятся с его сопровождающим документом, где оговаривается, какую дозу должен набрать под излучением данное изделие. И так в каждой ячейке всего радиационного поля. Изделие может быть установлено заведомо в центре пучка или на периферии. Обычно в ТУ (технических условиях) на изделие устанавливается степень неоднородности поля, разрешённые при облучении изделия.

Сначала изделие должно находиться в области поля не превышающем 10% от неравномерных краевых его точек и центральной. Однако размер этого допустимого поля неизвестен, его необходимо определить. Вот тогда возникает необходимость измерять радиационное поле различными способами и различными детекторами [1, 2].

Для малых радиационных полей существует рентгеновская плёнка, люминесцентных экранов которые разрешены к применению ГОСТом. Для полей больших размеров 1 м^2 и более можно применять малогабаритные детекторы в совокупности с прибором (дозиметром), которые с высокой точностью позволяют измерить дозу, мощность дозы в единицы площади менее 1 см^2. Если такой датчик сканировать по сечению пучка излучения, то можно составить картину радиационного поля большой площади.

Как было сказано выше для определения 10% зоны требуется вычислить максимальную дозу излучения. По умолчанию максимум будем считать в центре панели, где его и измеряем. Следует отметить, что в результате случайных и не случайных факторов будет смещение истинного значения максимума от центра. Например, в нашем случае, источник смещён влево (см. рис. 1). Сканирование сечения пучка излучения происходит построчно с шагом по вертикали h и с шагом по горизонтали Δ (см. рис. 1).

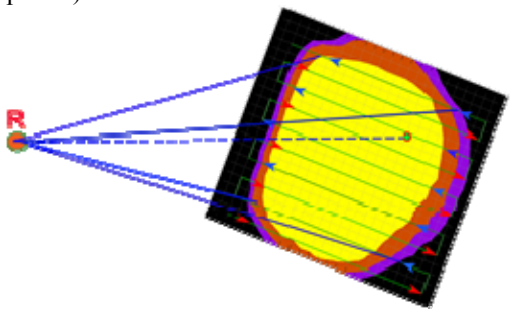


Рис.1. Проекция траектории движения датчика

Отметим сразу, что измерение во всех точках сечения потребует большое количество замеров. Например, при размере панели 2.5 м на 2.5 м и h=Δ =10 см. число измерений равно 625, а уже при h=Δ=5 см число измерений равно 2500. Поэтому кроме измерения 10% зоны предложен способ измерения, который позволяет уменьшить количество измерений. Он основан на предположении, что 10% зона однородна, т.е. не имеет включений отличающихся от значений 10% диапазона.

Алгоритм решения задачи.

Исходные данные: максимальное значение излучения, которое измеряется в центре панели. Координаты центра, для определения радиусов левой и правой стороны 10% зоны. Они нужны для определения формы фигуры 10% зоны;

Шаг 1. Проходим (измеряем) 1-ю строку для определения левой и правой границ 10% зоны и по ним находим длину хорды d_1. Результаты измерения излучения сохраняем в массиве и вместе с координатами границ 10% зоны выводим на экран.

Заходим на вторую строку и определяем правую границу зоны и "выстреливаем" на расстояние d_1, заполняя пропущенные точки измерения значением, полученным при входе в 10% зону, и начинаем измерения. Если полученное значение лежит в 10% зоне, то продолжаем дальнейшее измерение до левой границы. Если же значение меньше 10% значения, то возвращаемся назад, например, на шаг равный $d_1/2$ (при реальной реализации возвращение может делать оператор по предварительным данным и рисунку, которые выводятся на экран (см. рис. 2) Фиксируем левую границу 10% зоны (координаты точки). Определяем длину хорды d_2. Заходим на третью строку находим координаты левой границы. "Выстреливаем" на расстояние d_2, заполняя пропущенные точки измерения значением, полученным при входе в 10% зону и т.д.

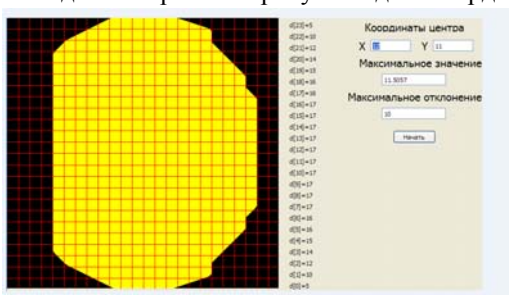


Рис. 2. Правая часть рисунка – ввод исходных данных; левая часть – вывод 10% зоны и длины строк d

Во время работы программы на экран выводятся результаты измерения и длины строк 10% зоны (см. рис. 2). 10% зона окрашивается в жёлтый цвет. После работы программы оператор задаёт в 10% зоне область для размещения изделий.

Исследователя всегда интересует погрешность измерений. В нашем случае можно выделить три вида погрешностей:

1.Погрешность, связанная со смещением источника излучения.

2.Дискретизация измерений.

3.Статистичность источника излучения

Ниже будут использованы экспериментальные данные, полученные в результате измерения радиационного поля с сеткой 24 на 24. Смещение источника излучения приведёт к тому, что значение дозы излучения, сделанное в центре панели, будет не максимальным. Следовательно, 10% интервал будет ниже истинного. Оценим погрешность смещения σ_1. Она равна $6.82*10^{-5}$ или 0.07% от ширины интервала 10% зоны [3].

Погрешность дискретизации σ_2 и будет равна половине шага, т.е. равной $\Delta/2$.

И наконец, третья погрешность - статистическая. Для определения этой погрешности выберем значения из 10% зоны и найдем среднеквадратическое отклонение σ_3. Оно равно 0.000262 или 2.78% от ширины интервала 10% зоны.

Для оценки погрешности, обусловленной смещением источника излучения и статистичностью источника излучения, будем использовать метод наихудшего случая (предусматривающий анализ самого неблагоприятного варианта условий) [4]. Таким образом, погрешность обусловленная смещением и источником излучения равна $\sigma_{об}= \sigma_1+ \sigma_3$=0.07% +2.78%=2.85%. Следовательно, мы от 10% зоны должны перейти 7.15% зоне. Ошибку, связанную с дискретизацией можно учитывать при определении площадки, где будут находиться изделия, уменьшив границы 10% зоны слева, справа, снизу и сверху на половину шага дискретизации.

Программа реализована на языке программирования C++ с использованием кросс-платформенных библиотек QT.

Выводы. Предложен метод ускорения процесса определения параметров радиационного поля. Разработана программа реализации данного метода. Данный метод позволяет сократить число измерений, определить размер и форму радиационного поля. Например, в нашем случае мы имеем сетку 24 на 24 (576 измерений). Согласно измерениям на 10% зону падает 334 измерения (49.4%). Будем считать, что первую и последнюю строки измеряем полностью (10 измерений) и по два измерения в каждой строке (одно при входе и одно при выходе из 10% зоны). Получается, что мы должны дополнительно измерить 54 раза. Выигрыш 280 измерений или 48.6% в идеальном случае. Проведена оценка погрешностей при измерении радиационного поля.

Литература:

1.Л.П. Рихванов. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. – Томск, ТПУ, ИГНД, ГэГх – 2004.

2.Матвеев В.В. Приборы для измерения ионизирующих излучений. – М.: Машиностроение, 1992.

3.Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.:, Высшая школа, 1979.

4.Системы автоматизированного проектирования: В 9-ти кн. Кн. 5. Автоматизация функционального проектирования: Учеб. Пособие для втузов/ П.К. Кузьмик, В.Б. Маничев; Под ред. И.П. Норенкова. – М.: Высшая школа, 1986. – 144 с.

КОНЦЕПЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТА СИНХРОНИЗАЦИИ МЕТАДАННЫХ В ЛИУС «ХИМИК-АНАЛИТИК»

Пилипак А.Р., Щелканов С.В.
Научный руководитель: Терещенко А.Г., к.т.н
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: alina.pilipak@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается вопрос синхронизации баз данных информационных систем класса ЛИУС и подход к его решению. Представлен прототип программного средства, позволяющий решить задачу синхронизации с учетом требований, предъявляемых к метаданным ЛИУС «Химик-аналитик».

Ключевые слова: Синхронизация, метаданные, база данных, ЛИУС «Химик-аналитик», LIMS.

Введение

Проблемы синхронизации (ликвидации различий) баз данных (БД) с корпоративной информацией встают перед компаниями довольно часто. Такая задача может встать при автоматизации деятельности компании, имеющей территориально удаленные филиалы, офисы или клиентов. Научные работы по синхронизации данных появились еще в 80-х годах (Thomas R.H. “A Majority Consensus Approach to Concurrency Control for Multiple Copy Databases”, June, 1979). Несмотря на то, что за все время существования проблемы сформировались общие подходы синхронизации и на рынке IT существует множество программных продуктов синхронизации БД и их структур, найти подходящий продукт достаточно сложно [1].

Постановка задачи

В лаборатории № 7 ИФВТ разработан и продуктивно используется ЛИУС "Химик-аналитик" – программно-алгоритмический комплекс, предназначенный для автоматизации и документального сопровождения деятельности аналитических лабораторий и химических служб отечественных предприятий различной отраслевой направленности [2]. По современным данным ЛИУС «Химик-аналитик» используется более чем в 250 лабораториях различного назначения. Количество БД, которые необходимо сопровождать, постоянно увеличивается и приближается к отметке 130. Причем поддерживаются БД на MS Access, MS SQL и Oracle.

Кроме того, ЛИУС «Химик-аналитик» не стоит на месте, постоянно развивается и совершенствуется. Соответствующим образом должны обновляться БД заказчиков для успешного включения всех новых возможностей системы. На данный момент обновление БД и приведение метаданных (описания структуры хранящихся в системе данных для формирования электронных документов) к эталонному виду происходит формированием SQL-кода вручную. Разработчику, при формировании SQL-кода для каждой БД, необходимо учитывать тип БД, их версии, особенности предприятий и др. Данная работа является трудоемкой и занимает у разработчиков ЛИУС «Химик-аналитик» существенное время. В связи с этим возникла необходимость автоматизировать данный процесс путем внедрения средства синхронизации метаданных.

Пути решения

Существует несколько путей решения данной задачи.

1. Использовать уже готовые программные продукты синхронизации метаданных.
2. Разработать собственное программное средство синхронизации метаданных,

позволяющее не только автоматизировать процесс синхронизации, но и предоставляющее удобный интерфейс пользователя для внесения изменений в метаданные выбранных БД.

Обзор и анализ существующих программных средств синхронизации БД показал, что на данный момент универсального программного решения задачи практически нет (в каждом решении есть различные ограничения и ни одно решение не позволяет модернизировать метаданные с учетом логической структуры ЛИУС «Химик-аналитик»).

Поскольку программный продукт, удовлетворяющий всем требованиям, не был обнаружен, было принято решение разработать собственное программное средство, лишенное указанных выше недостатков. Эффективность данного пути решения объясняется тем, что разрабатываемое средство, помимо выполнения синхронизации БД, сможет учесть особенности предметной области.

Требования к программному продукту

Требования, предъявляемые к программному продукту.

1. Данное программное средство должно являться самостоятельным продуктом и не оказывать влияние на работу ЛИУС «Химик-аналитик».
2. Программное средство должно предоставлять возможность изменения структуры метаданных ЛИУС «Химик-аналитик» с помощью пользовательского интерфейса и учитывать специфику использования метаданных системой (ограничение на наименование данных, ограничение на список физических таблиц БД и др.).
3. Программное средство должно работать со следующими типами БД: MS Access, MS SQL, ORACLE.
4. Программное средство должно генерировать SQL-код изменений в структуре метаданных ЛИУС «Химик-аналитик».

Цели и задачи

Базируясь на вышесказанном, была сформулирована цель работы – спроектировать и разработать средство синхронизации метаданных ЛИУС «Химик-аналитик», отвечающее всем необходимым требованиям. Разработка программного средства проводится в два этапа. Задачи по каждому этапу.

Этап 1: разработка пользовательского интерфейса и реализация автоматической генерации SQL-кода.

Этап 2: реализация серверной синхронизации БД.

Новизна и практическое значение

Несомненно, средства синхронизации существуют, и на данный момент создание средства синхронизации метаданных не является новинкой в IT сфере. Но применительно к сфере информационных систем класса ЛИУС (LIMS) данная разработка обладает научной новизной.

Практическая значимость работы заключается в автоматизации работы с метаданными ЛИУС «Химик-аналитик» и положительном практическом опыте, полезном для последующих детальных разработок других функциональных блоков ЛИУС «Химик-аналитик».

Используемые технологии

В разработке данного программного средства использовался объектно-ориентированный подход с применением современных средств: MS Visual Studio 2010, MS Access, MS SQL, ORACLE и технологии ADO.NET. Модульное разделение обеспечивает гибкость данному программному средству. Язык программирования – c#.

Достигнутые результаты

На данный момент закончен первый этап. Разработано программное средство по изменению метаданных. Главное окно разработанного средства представлено на рисунке 1.

Использование данного средства позволяет вносить изменения в структуру дерева ЛИУС «Химик-аналитик» и создавать SQL-код, который соответствует логу изменений. Несмотря на то, что второй этап еще не завершен, получены следующие предварительные результаты.

— Визуализация средства позволила свободно и качественно редактировать БД.

— Автоматизация генерации SQL-кода привела к ускорению процесса.

Заключение

Результатом проделанной работы является готовое работающее средство синхронизации метаданных. В настоящее время ведется работа по 2 этапу: реализации серверной синхронизации метаданных ЛИУС «Химик-аналитик» и проходят тестовые испытания проекта.

Перспективность данной разработки заключается в том, что она позволит синхронизировать объемные и удаленные БД без существенных трудозатрат как со стороны разработчиков, так и со стороны заказчиков.

Список литературы

[1] Рябков Н.С. Аналитический обзор методов репликации и синхронизации баз данных // Информационные технологии в менеджменте качества и инновационном менеджменте. – 2006. – №4. – с. 56-63.

[2] Сафьянов А.С., Терещенко В.А., Щелканов С.В., Юнак А.Л., Янин А.М. ЛИУС «Химик-аналитик» в облаках всемирной паутины // Всероссийская школа-семинар. «Лабораторные информационные системы: их роль в обеспечении требований стандартов и контроля качества измерений»: сборник трудов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, – 2008. – с. 161-165

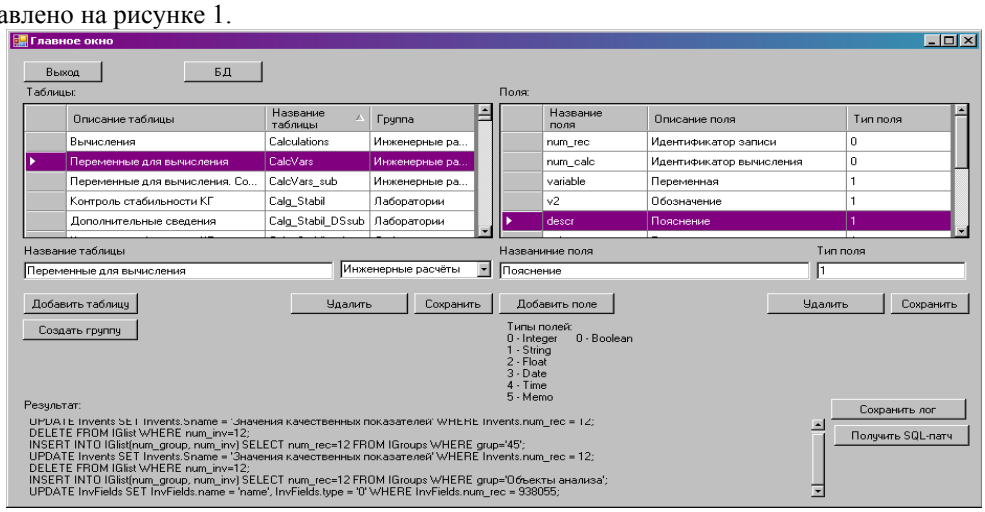


Рис.1. Главное окно прототипа программного средства, позволяющего решить задачу синхронизации с учетом требований, предъявляемых к метаданным ЛИУС «Химик-аналитик».

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ДЛЯ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Подгорный С.А.
Научный руководитель: Марчуков А.В., зав. лаб.
Национальный исследовательский томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: withoutcrew@tpu.ru

Введение

Производительность вычислительных узлов увеличивается с каждым годом. В результате возрастают требования к линиям передачи данных. Волоконно-оптические кабели становятся наиболее подходящими для их использования в телекоммуникациях в качестве магистральных линий.

Характеристики оптических кабелей меняются со временем после изготовления кабелей. Кабель подвержен износу, связанному с естественным старением, усталостью (вследствие натяжения), малым радиусом изгиба кабеля, такими внешними воздействиями, как высокая или низкая температура. Поэтому очень важно иметь возможность предсказывать эти изменения.

В дополнение, имеют место различные чрезвычайные ситуации, например, повреждение кабеля. В этом случае владельцу кабеля требуется обнаружить место повреждения.

Традиционно, оператор тестирует канал вручную. Но в связи с возросшим количеством передающих линий, эти тесты требуют автоматизации.

1. Методы измерения

Затухания сигнала в оптическом кабеле являются основной характеристикой оптической линии. Выделяют два основных метода для измерения затуханий:

1) Использование оптических тестеров. Этот метод позволяет измерять затухания между двумя тестерами (активным и пассивным), расположенными на противоположных концах линии.

2) Использования импульсных оптических рефлектометров (Optical Time Domain Reflectometer – OTDR). Рефлектометр посылает оптические импульсы в волокно и получает на этом же конце кабеля свет, который отражается от неровностей на протяжении кабеля. После этого полученные импульсы совмещаются с временной функцией, масштабируемой в зависимости от длины оптической линии. Этот метод позволяет вычислять затухание, позволяет найти место повреждения или другие дефекты с использованием оператора.

Поэтому требуется разработка такой системы, которая смогла бы автоматически измерять затухания, создавать рефлектограммы (в результате измерения OTDR) и сохранять полученные результаты в базе данных. Экстраполяция полученных результатов позволит предсказывать отклонения за допустимые пределы.

2. Функции разрабатываемой системы

Тестирующая система должна поддерживать следующие функции:

1) Поиск дефектов оптической трассы.
2) Тестировать трассу между конечными узлами.
3) Тестировать как активные, так и неактивные трассы без прерывания передачи данных по ним.
4) Собирать и сохранять результаты тестов.
5) Аппроксимировать и экстраполировать результаты тестов для прогнозирования состояния трассы в будущем.
6) Иметь возможность связи с геоинформационными системами для указания географического расположения кабельной трассы..

3. Системы с оптическими каналами

Системы, которые используют оптоволоконные каналы, могут быть разделены на две группы.

Первая группа использует активное оборудование. Различные типы маршрутизаторов и коммутаторов не могут передавать сигнал без их цифровой обработки внутри себя. Топология этой группы также называется «активной топологией».

Вторая группа использует, в основном, пассивные устройства. Они передают сигнал и не изменяют его и его тип [1]. Наиболее распространенная пассивная система называется PON (Passive Optical Network – пассивная оптическая есть). PON использует топологию пассивного дерева. Активные устройства OLT (Optical Line Terminal) располагаются в центральной части топологии и соединяются с пассивными абонентскими устройствами ONT – Optical Network Terminal посредством оптических каналов. К пассивным устройствам относят как абонентские устройства ONT, являющиеся основным устройством на стороне обонента, так и сплиттеры, которые распределяют канал между абонентами.

PON проще для измерения благодаря своим пассивным устройствам. В активной системе затухание может быть измерено только между каждой парой соединенных устройств. В пассивной оптической сети затухание можно измерить на всей длине линии между OLT и ONT. Сплиттеры и другие соединительные устройства увеличивают затухание сигнала, что позволяет обнаруживать их на рефлектограмме.

4. Проблемы неавтоматизированного тестирования

В большинстве случаев достаточно измерить затухание между OLT и ONT для предсказания дефектов передающего канала. Для этого рефлектометр должен быть использован на стороне OLT.

При традиционных методах измерения существуют следующие проблемы:

1) рефлектометры используются операторами, которые переключают его между оптическими линиями в коммутационном центре;

2) линии тестируются на длинах волн 1550, 1490 или 1310 нм, требуя прерывания передачи данных, т.к. эти длины волн используются для передачи данных.

3) линии от сплиттера до абонентских устройств накладываются друг на друга на рефлектограмме, что затрудняет поиск этих линий на рефлектограмме оператором.

4) приемник абонентского устройства может быть выжжен из-за высокой мощности лазера рефлектометра.

5. Основы архитектуры

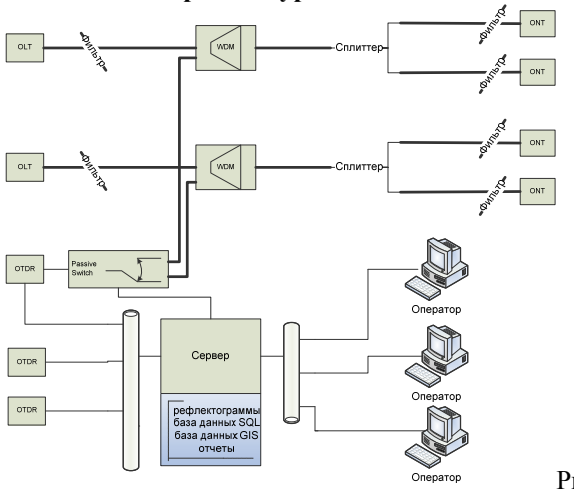


Рис.1. Архитектура системы тестирования и прогнозирования с применением пассивного свитча и фильтров

Для борьбы с перечисленными недостатками можно принять следующие меры:

Чтобы сохранить приемники абонентских устройств от мощного тестирующего лазера, можно применять фильтры, которые пропускают длины волн приема/передачи данных, но отражают длину волны измерения. В соответствии с рекомендацией ITU-T G984.4 для тестирования следует использовать длину волны от 1625 до 1679 нм [2]. Использование этих длин волн позволит тестировать волокна без прерывания передачи данных. Такой фильтр должен быть установлен на стороне ONT перед его приемником. Благодаря отражателю фильтра, устройство ONT будет видно на рефлектограмме.

Оптический свитч, показанный на рис.1 должен быть пассивным и физически соединять рефлектометр с линией, позволяя освободить оператора.

Полученная в результате этих нововведений тестирующая система показана на рис.1. Рефлектометр этой системы сохраняет рефлектограммы на сервер, который вычисляет затухания, сохраняет результат в базу данных и экстраполирует результат во времени. При выходе полученных экстраполированных результатов за допустимые пределы система должна информировать оператора, функции которого сводятся к диспетчерским.

Система должна тестировать волокна по заданному расписанию и иметь возможность смены расписания оператором (например, для поиска места аварии), а также просмотра предупреждающих уведомлений.

Заключение

Применение описанной архитектуры позволит заменить множество операторов одной автоматизированной системой. К недостаткам этого решения можно отнести возросшую стоимость, увеличение числа используемых устройств и затраты времени на инсталляцию системы. Но такая система позволит провайдеру иметь актуальные данные о состоянии коммуникаций, а значит, предотвращать аварийные ситуации и своевременно устранять их причины.

Список использованных источников:

1. Семенов Ю.А. Пассивные оптические сети (PON/EPON/GEPON) // book.itep.ru. URL: http://book.itep.ru/4/41/pon.htm (дата обращения 20.04.2011)
2. G.984.4 : Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): ONT management and control interface specification // ITU-T. URL: http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4/en (дата обращения 15.05.2011)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАБОТЫ С ТРЕБОВАНИЯМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЦЕПЦИИ ССП

Пустовалова Н.В., Авдеенко Т.В.
Научный руководитель: Авдеенко Т.В., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
E-mail: Natalja.ru@gmail.com

1. Введение

Проблема разработки программного обеспечения (ПО), соответствующего спецификациям и удовлетворяющего нуждам заказчика, по-прежнему актуальна. В современной инженерии требований для решения названных задач используются подходы, подразумевающие разного рода оценку процесса разработки, например, Value-Based Software Engineering [1]. Современная научная практика предполагает интеграцию различных идей и использование инструментария одних областей для решения проблем в других сферах. В статье кратко упоминается о ранее разработанной методике работы с требованиями на базе фреймов. Для ее улучшения предлагается использовать идеи, лежащие в основе системы сбалансированных показателей (ССП), для процесса работы с требованиями: оценки качества их описания, проверки, управления, контроля реализации и выполнения.

2. Описание методики и перспектив применения ССП для работы с требованиями

В ходе создания методики работы с требованиями к ПО был проведен анализ разнообразных средств, имеющихся в арсенале разработчиков, а также теоретической базы данной предметной области. На основании результатов анализа была выдвинута концепция, предполагающая описание системы требований проекта в виде дерева фреймов [2], или, иначе говоря, объектов. (С точки зрения реализации в программе предполагается, что фрейм задается как объект, а его слоты как свойства объекта). Его узлами являются требования разных уровней, между которыми могут быть установлены отношения предопределенных типов: родитель-потомок, дублирование, противоречие. В слотах требования хранятся атрибуты, всесторонне характеризующие его. В качестве атрибутов могут быть ссылки на другие фреймы (объекты), на разнообразные документы проекта, а также конкретные значения показателей. Такая модель описания системы требований имеет следующие преимущества:

1. Предопределенная структура позволяет, ничего не упустив, охарактеризовать требование во всех необходимых аспектах (описание, управление, контроль реализации и качества исполнения).
2. Слоты можно заполнять постепенно, по мере поступления данных.
3. Модель позволяет широко использовать процедуры для преобразования данных в слотах и создания срезов, ориентированных на работу конкретных специалистов. Так, например, из системы требований, описанной в виде дерева фреймов, можно генерировать проектную документацию заданного вида, соотнеся в процедуре место в шаблоне и содержимое слотов.

Для решения комплекса проблем, связанных с обеспечением качества требований и управления ими [3], методика предполагает применение идеи, лежащей в основе ССП [4]. Каждое требование имеет перечень определенных свойств, которые тем или иным образом могут быть оценены. Оценки не всегда могут принимать вид четко выразимых величин, таких как стоимость и срок. Необходимо учитывать также и такие свойства требований, которые относятся к оценке их качества, уровня реализации и удовлетворенности пользователя, то есть, проводя параллель с ССП, относятся к сфере нефинансовых показателей. Например, согласно методике, в структуре описания предусмотрен слот, содержащий цель реализации конкретного требования и показатель ее достижения. Очевидно, что такие показатели будут иметь нефинансовый характер. При этом один из стандартных запроектированных срезов данных, предоставляемых программой, — дерево целей и дерево показателей их достижения. В этом случае, используя идею «светофора», также заимствованную в концепции ССП, предполагается отслеживать уровень показателя реализации цели каждого конкретного требования. Заранее определив такой показатель, формулу его расчета, допустимые границы изменения и связь с другими показателями, согласно дереву требований, можно получить достаточно удобный инструмент управления процессом работы с требованиями.

В ходе разработки методики были выделены следующие группы показателей:

1. показатели времени;
2. денежные показатели;
3. показатели удовлетворенности клиента;
4. показатели соответствия описания требования и его реализации.

Для реализации методики разрабатывается программное средство. В качестве языка реализации выбран CLIPS, так как он ориентирован на разработку экспертных систем. Такая специфика среды разработки подходит для реализации методики по следующим причинам:

-Описание требования задается в виде фрейма – в среде CLIPS есть структуры, предназначенные для описания фреймов;

-CLIPS поддерживает как объектно-ориентированный подход к разработке, так и

структурный – это позволяет реализовать требования в виде фреймов, или объектов со свойствами, а также задать процедуры обработки данных.
-На CLIPS можно формировать сложные правила – это позволит задавать как процедуры обработки данных в слотах фреймов, так и процедуры обработки отдельных требований. В частности, для реализации идей ССП в структуре описания предусмотрены слоты, хранящие алгоритм расчета, значение показателя и пороговые значения для контроля, который реализуется через правила.

Таким образом, возможности выбранного языка разработки позволяют реализовать главные отличительные аспекты методики: формировать разностороннее описание требования и реализовывать специальные методы проверки.

Рассмотрим пример. Необходимо создать программу для формирования списка команд, участвующих в интеллектуальной игре «Quiz», путем жеребьевки. Команды оставляют заявки на сайте, могут их редактировать до установленного срока проведения жеребьевки. Число игроков в команде от 4 до 8. Администратор клуба устанавливает срок проведения жеребьевки и вводит ограничения по плану рассадки игроков. Программа проводит жеребьевку и выдает оптимальный план заполнения зала с учетом ограничений. Срез данных для анализа показателей качества, определяющих степень реализации цели программы и целей конкретных требований, приведен на рисунке 1. На этом примере видно, что методология выделяет требования разных уровней. Это соответствует базовой идее ССП об увязке показателей: от уровня стратегического планирования до оперативного управления.

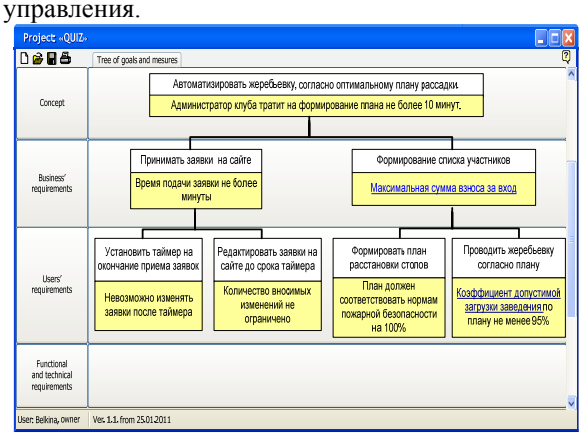


Рисунок 12. Дерево показателей достижения целей.

Все показатели проекта, характеризующие конкретные требования, в итоге должны быть увязаны в единое дерево посредством интегральных показателей. Такое дерево позволяет не только отслеживать ход реализации проекта и контролировать его качество, но и за счет определения взаимосвязей отслеживать фактическое и потенциальное влияние требований друг на друга. То есть здесь открываются дополнительные возможности для анализа и трассировки требований.

3. Заключение

В рамках процесса работы с требованиями, организованного на базе фреймов и реализованного в рамках объектно-ориентированного подхода, применение концепции ССП является перспективным по следующим причинам:

1. Появляется дополнительный инструмент для управления проектом и контроля качества реализации ПО. Это осуществляется за счет деревьев целей и показателей их достижения, связывающих цель разработки системы с конкретными реализуемыми функциями.
2. Контроль качества описания и реализации требований происходит за счет определения параметров их оценки. Кроме очевидных показателей, характеризующих затраты времени и труда определенных специалистов, требования имеют много других свойств, которые возможно записать с помощью нефинансовых показателей, и в дальнейшем осуществлять контроль над их значениями, или отклонениями этих значений от плановых.

Работа поддержана грантом Минобрнауки по проекту ТП-8.536.2011 "Разработка интеллектуальных технологий, средств компьютерного моделирования и эффективных методов оптимизации, как функционального наполнения нформационно-аналитических систем поддержки принятия решений.

Литература:

1. Value-Based Software Engineering: Overview and Agenda. Режим доступа: [http://sunset.usc.edu/csse/TECHRPTS/2005/usccse2005-504/usccse2005-504.pdf]
2. M. Minsky. A framework for representing knowledge. In The Psychology of Computer Vision. McGraw-Hill: P. Winston, 1975.
3. E. Hull, K. Jackson, J. Dick. Requirements Engineering. SpringerVerlag, 2004.
4. Д.Нортон, Р.Каплан. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию — М.: Олимп-Бизнес, 2010. — 320 с.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЛИНЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА САУ НА ОСНОВЕ ДОСТАТОЧНЫХ УСЛОВИЙ МАКСИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ И КОЛЕБАТЕЛЬНОСТИ

Пушкарев М.И.
Научный руководитель: Гайворонский С.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: pushkarev@tpu.ru

Одним из наиболее часто предъявляемых к САУ требований является обеспечение максимальной степени устойчивости (МСУ). Разработке методов синтеза систем с МСУ посвящены работы [1, 2, 3]. Однако очевиден тот факт, что неучет колебательности при синтезе САУ влечет появление нежелательных колебательных составляющих в переходных процессах. Поэтому наряду с обеспечением в САУ максимальной степени устойчивости необходимо также гарантировать и требуемую колебательность.

Данная работа посвящена решению задачи выбора двух параметров ПИ-регулятора, обеспечивающих МСУ и заданную колебательность САУ произвольного порядка на основе коэффициентных оценок показателей качества [4]. Они позволяют получить простые соотношения, связывающие заданные показатели качества и искомые параметры САУ.

Рассмотрим линейную стационарную САУ с характеристическим полиномом

$$A(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \ldots + a_0, \; a_n > 0. \qquad (1)$$

В соответствии с [4] введем вспомогательные параметры λ_i, называемые показателями устойчивости:

$$\lambda_i = \frac{a_{i-1}a_{i+2}}{(a_i a_{i+1})}, \; i = \overline{1, n-2}, \qquad (2)$$

а также параметры δ_i, называемые показателями колебательности:

$$\delta_i = \frac{a_i^{\,2}}{a_{i-1}a_{i+1}}, \; i = \overline{1, n-1} \qquad (3)$$

На основе (2) и (3) в [4] разработаны простые достаточные условия устойчивости и колебательности стационарной системы [2]:

$$\lambda_i < \lambda^* \approx 0{,}465 \;\forall\; i = \overline{1, n-2}. \qquad (4)$$

$$\delta_i \geq \delta^* \;\; \forall \; i = \overline{1, n-1}, \qquad (5)$$

где δ^* - табличное значение, определенное для расположения корней в заданном секторе.

В случае необходимости обеспечения в системе не только устойчивости по условию (2), но и заданного быстродействия следует применять разработанное в [4] достаточное условие заданной степени устойчивости η: чтобы все корни (1) лежали левее вертикальной прямой, проходящей через точку $(-\eta, j0)$, $0 < \eta < \infty$, достаточно выполнения условий

$$\begin{cases} \dfrac{a_{i-1}a_{i+2}}{\left[a_i - a_{i+1}(n-i-1)\eta\right]\left[a_{i+1} - a_{i+2}(n-i-2)\eta\right]} < \lambda^*, \\ i = \overline{1, n-2}; \\ a_l - a_{l+1}(n-l-1)\eta \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; \\ a_0 - a_1\eta + \dfrac{2a_2\eta^2}{3} \geq 0. \end{cases}$$

Обозначим

$$\lambda_i(\eta) = \frac{a_{i-1}a_{i+2}}{\left[a_i - a_{i+1}(n-i-1)\eta\right]\left[a_{i+1} - a_{i+2}(n-i-2)\eta\right]},$$
$$k = \overline{1, n-2};$$

$$f_l(\eta) = a_l - a_{l+1}(n-l-1)\eta, \; l = \overline{1, n-1};$$

$$g(\eta) = a_0 - a_1\eta + \frac{2a_2\eta^2}{3},$$

Введем в рассмотрение понятие максимальной степени устойчивости по показателю λ_i, $i = \overline{1, n-2}$. Обозначим ее через η_i.

Для определения η_i достаточно найти решение следующей системы

$$\begin{cases} \lambda_i(\eta) = \lambda^*, \quad i \in \overline{1, n-2}; & (6) \\ \lambda_j(\eta) < \lambda^*, \; j = \overline{1, n-2}; \; j \neq i & (7) \\ f_l(\eta) \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; & (8) \\ g(\eta) \geq 0 & (9) \end{cases}$$

Очевидно, что МСУ системы определяется максимальным значением η_i.

Таким образом, для определения нижней границы МСУ достаточно $(n-2)$ раз решить систему (6)-(9), находя на каждом шаге максимальное значение η_i, и после этого выбрать из них максимальное. То есть, определить

$$\eta^* = \max \eta_i, \quad i = \overline{1, n-2}.$$

В результате все действительные части корней синтезированной САУ будут лежать левее вертикальной прямой проведенной через точку $(-\eta, j0)$. То есть $\eta_{реальная} > \eta^*$

Однако наряду с обеспечением МСУ необходимо также гарантировать и требуемую колебательность САУ в соответствии с (5). Для этого предлагается из (3) выразить одни из коэффициентов ПИ-регулятора и свести решение задачи синтеза САУ к определению его второго параметра.

Обозначим вектор настроечных параметров ПИ-регулятора через $\bar{k}$. Очевидно, что они ли-

нейно входят в коэффициенты характеристического полинома замкнутой системы $a_n\left(\bar{k}\right)$.

Таким образом, система неравенств (6)-(9) для определения параметров ПИ-регулятора дополнится условием (5) и примет вид

$$\begin{cases} \lambda_i\left(\bar{k},\eta\right)=\lambda^*, \quad i=\overline{1,\ n-2}; & (10)\\ \lambda_j\left(\bar{k},\eta\right)<\lambda^*, \quad j=\overline{1,\ n-2};\ j\neq i & (11)\\ f_l\left(\bar{k},\eta\right)\geq 0, \quad l=\overline{1,\ n-1}; & (12)\\ g\left(\bar{k},\eta\right)\geq 0. & (13)\\ \delta_i\left(\bar{k},\eta\right)\geq \delta^*,\ i=\overline{1,\ n-1}. & (14) \end{cases}$$

Рассмотрим применение предложенной методики на следующем примере. Пусть задан объекта управления с передаточной функцией

$$W_{OY}\left(s\right)=\frac{b_0}{d_3s^3+d_2s^2+d_1s^1+d_0}, \qquad (15)$$

где $b_0=1, d_0=1, d_1=0,61, d_2=0,056, d_3=0,005$

Необходимо выбрать параметры регулятора

$$W_p\left(s\right)=\frac{k_1s+k_0}{s}, \qquad (16)$$

обеспечивающего системе максимальную степень устойчивости и заданную колебательность (расположить корни системы в секторе $\pi\pm\varphi\leq 60^\circ$).

С учетом (15) и (16) характеристическое уравнение системы будет иметь вид

$$d_3s^4+d_2s^3+d_1s^2+\left(b_0k_1+d_0\right)s+b_0k_0=0. \quad (17)$$

На основании (5) составим набор δ_i, из которого выразим первый коэффициент регулятора, который имеет вид

$$k_0\left(k_1\right)=0,82k_1^{\ 2}+1,639k_1+0,82. \qquad (18)$$

Подставляя это выражение и численные значения коэффициентов передаточной функции объекта управления в (17), получим следующие коэффициенты характеристического полинома САУ $a_0\left(k\right)=0,82k_1^{\ 2}+1,64k_1+0,82$, $a_1\left(k\right)=k_1+1$, $a_2=0,61, a_3=0,056$, $a_4=0,005$.

Сформируем выражения для показателей устойчивости $\lambda_i\left(\bar{k},\eta\right)$

$$\lambda_1\left(\bar{k},\eta\right)=\frac{0,056\left(0,82k_1^{\ 2}+1,64k_1+0,82\right)}{\left[\left(k_1+1\right)-1,22\eta\right]\left[0,61-0,056\eta\right]},$$

$$\lambda_2\left(\bar{k},\eta\right)=\frac{\left(k_1+1\right)\cdot 0,005}{\left[0,61-0,056\eta\right]0,056},$$

где обозначим $\left(k_1+1\right)-1,22\eta=f_1\left(\bar{k},\eta\right)$,

$0,61-0,056\eta=f_2\left(\bar{k},\eta\right)$,

$0,82k_1^{\ 2}+1,64k_1+0,82-\left(k_1+1\right)\eta+0,407\eta^2=g\left(\bar{k},\eta\right)$.

Согласно (10)-(14), для рассматриваемой задачи запишем систему

$$\begin{cases} \lambda_1\left(\bar{k},\eta\right)=0,465\\ \lambda_2\left(\bar{k},\eta\right)<0,465\\ f_1\left(\bar{k},\eta\right)\geq 0\\ f_2\left(\bar{k},\eta\right)\geq 0\\ g\left(\bar{k},\eta\right)\geq 0\\ \delta_1\left(\bar{k},\eta\right)\geq 2\\ \delta_2\left(\bar{k},\eta\right)\geq 2\\ \delta_3\left(\bar{k},\eta\right)\geq 2 \end{cases}$$

Решая данную систему, получаем максимальное значение $\eta_1=1,13$. При условии $\lambda_2\left(\bar{k},\eta\right)=0,465$ установлено, что система решений не имеет. Таким образом, далее определяем соответствующее η_1 значение параметра $k_1=1,587$ и путем подстановки данного значения в (18) находим параметр $k_0=5,486$, Найденные параметры ПИ-регулятора гарантируют системе МСУ и заданную колебательность.

Литература:

1.Шубладзе А.М. Способы синтеза систем управления максимальной степени устойчивости // АиТ. 1980. №1.

2.Волков А.Н., Загашвили Ю.В. Метод синтеза систем автоматического управления с максимальной степенью устойчивости при наличии ограничений// Изв. АН. Теория и системы управления 1997, №3 с. 12-19.

3.Татаринов А.В., Цирлин А.М. Задачи математического программирования, содержащие комплексные переменные, и предельная степень устойчивости линейных динамических систем. // Теория и системы управления. 1995. №1.

4.Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза/ Б.Н. Петров, Н.И. Соколов, А.В. Липатов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.: ил.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЛИНЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО МАКСИМАЛЬНУЮ СТЕПЕНЬ УСТОЙЧИВОВСТИ И ЗАДАННУЮ ТОЧНОСТЬ САУ

Пушкарев М.И.
Научный руководитель: Гайворонский С.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: pushkarev@tpu.ru

К настоящему времени разработано большое число методов синтеза систем автоматического управления (САУ), позволяющих осуществлять обоснованный выбор структуры и параметров системы, удовлетворяющей заранее заданным требованиям. Одним из предъявляемых к САУ требований является обеспечение максимальной степени устойчивости (МСУ) [1, 2, 3]. Однако наряду с обеспечением в САУ МСУ необходимо также гарантировать и требуемую точность управления.

Данная работа посвящена решению задачи выбора параметров ПИ-регулятора, обеспечивающих МСУ и требуемую точность управления САУ произвольного порядка, на основе коэффициентных оценок показателей качества САУ.

Разработка простых зависимостей между теми или иными показателями качества и ее искомыми параметрамимогут быть легко установлены только для систем низкого порядка, для систем высокого порядка такие зависимости получить практически нельзя.

В связи с этим появляется потребность в простых соотношениях, позволяющих связать заданные показатели качества и искомые параметры системы. Это является одной из причин разработки простых коэффициентных методов оценки устойчивости и качества динамических систем.

Рассмотрим линейную стационарную непрерывную системы с характеристическим полиномом

$$A(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \ldots + a_0,\ a_n > 0. \qquad (1)$$

Для решения данной задачи предлагается применить коэффициентный метод [4], основанный на использовании коэффициентов характеристического полинома.

Введем вспомогательные параметры λ_i, называемые показателями устойчивости:

$$\lambda_i = \frac{a_{i-1}a_{i+2}}{(a_i a_{i+1})}\ i = \overline{1, n-2}. \qquad (2)$$

На основе (2) разработано простое достаточное условие устойчивости стационарной системы [2]:

$$\lambda_i < \lambda^* \approx 0{,}465\ \forall\ i = \overline{1, n-1}. \qquad (3)$$

В случае необходимости обеспечения в системе не только устойчивости по условию (3), но и заданного быстродействия следует применять разработанное в [4] достаточное условие заданной степени устойчивости η: чтобы все корни (1) лежали левее вертикальной прямой, проходящей через точку $(-\eta, j0)$, $0 < \eta < \infty$, достаточно выполнения следующих условий

$$\begin{cases} \dfrac{a_{i-1}a_{i+2}}{\left[a_i - a_{i+1}(n-i-1)\eta\right]\left[a_{i+1} - a_{i+2}(n-i-2)\eta\right]} < \lambda^*, & (4) \\ i = \overline{1, n-2}; \\ a_l - a_{l+1}(n-l-1)\eta \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; & (5) \\ a_0 - a_1\eta + \dfrac{2a_2\eta^2}{3} \geq 0. & (6) \end{cases}$$

О

бозначим

$$\lambda_i(\eta) = \frac{a_{i-1}a_{i+2}}{\left[a_i - a_{i+1}(n-i-1)\eta\right]\left[a_{i+1} - a_{i+2}(n-i-2)\eta\right]},$$
$$k = \overline{1, n-2};$$

$$f_l(\eta) = a_l - a_{l+1}(n-l-1)\eta,\ l = \overline{1, n-1};$$

$$g(\eta) = a_0 - a_1\eta + \frac{2a_2\eta^2}{3}.$$

Введем в рассмотрение понятие максимальной степени устойчивости по показателю λ_i, $i = \overline{1, n-2}$. Обозначим ее через η_i.

Для определения η_i достаточно найти решение следующей системы

$$\begin{cases} \lambda_i(\eta) = \lambda^*, \quad i \in \overline{1, n-2}; & (7) \\ \lambda_j(\eta) < \lambda^*, \quad j = \overline{1, n-2};\ j \neq i & (8) \\ f_l(\eta) \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; & (9) \\ g(\eta) \geq 0. & (10) \end{cases}$$

Очевидно, что МСУ системы определяется максимальным значением η_i.

Таким образом, для определения нижней границы МСУ достаточно $(n-2)$ раз решить систему (7)-(10), находя на каждом шаге максимальное значение η_i, и после этого выбрать из них максимальное. То есть $\max \max \eta_i$.

Таким образом МСУ определяется следующим выражением

$$\eta^* = \max \eta_i, \quad i = \overline{1, n-2}.$$

И все действительные части корней синтезированной системы всегда будут лежать левее вертикальной прямой проведенной через точку $(-\eta, j0)$. То есть

$$\eta_{реальная} > \eta^*$$

Однако наряду с обеспечением в САУ МСУ необходимо также гарантировать и требуемую

точность управления. Для этого при синтезе регулятора следует учитывать задаваемую величину добротности системы или другими словами максимальный коэффициент усиления системы, который определяется из ряда коэффициентов ошибок системы, в зависимости от того, какого типа ошибку необходимо минимизировать. Таким образом, для устранения в системе ошибки по скорости выражение принимает следующий вид:

$$k_0 b_0 = D a_0 \Rightarrow k_0 = \frac{D a_0}{b_0} \qquad (11)$$

Это выражение однозначно определяет первый коэффициент регулятора.

Обозначим вектор настроечных параметров ПИ-регулятора через $\bar{k}$. Очевидно, что они линейно входят в состав коэффициентов передаточной функции замкнутой системы $a_n\left(\bar{k}\right)$.

Таким образом, система неравенств (7)-(10) для определения параметров регулятора, обеспечивающих МСУ системы, примет вид

$$\begin{cases} \lambda_i\left(\bar{k},\eta\right) = \lambda^*, \quad i = \overline{1,\, n-2}; & (12) \\ \lambda_j\left(\bar{k},\eta\right) < \lambda^*, \quad j = \overline{1,\, n-2}; \;\; j \neq i & (13) \\ f_l\left(\bar{k},\eta\right) \geq 0, \quad l = \overline{1,\, n-1}; & (14) \\ g\left(\bar{k},\eta\right) \geq 0. & (15) \end{cases}$$

Рассмотрим применение предложенной методики на следующем примере. Пусть задан объекта управления с передаточной функцией

$$W_{OY}(s) = \frac{b_0}{d_3 s^3 + d_2 s^2 + d_1 s^1 + d_0}, \qquad (16)$$

где $b_0 = 1$, $d_0 = 1$, $d_1 = 0,61$, $d_2 = 0,056$, $d_3 = 0,005$

Необходимо выбрать параметры регулятора

$$W_p(s) = \frac{k_1 s + k_0}{s}, \qquad (17)$$

обеспечивающего системе МСУ и заданную точность.

Согласно требованиям к точности необходимо обеспечить в системе добротность $D = 10$.

На основании (16) и (17) характеристическое уравнение системы будет иметь вид

$$d_3 s^4 + d_2 s^3 + d_1 s^2 + \left(b_0 k_1 + d_0\right) s + b_0 k_0 = 0. \qquad (18)$$

Из (11) определим первый коэффициент ПИ-регулятора $k_0 = 10$ и, подставляя в (19) численные значения коэффициентов передаточной функции объекта управления, получим следующие коэффициенты характеристического полинома САУ

$$a_1\left(k\right) = k_1 + 1, \; a_2 = 0,61, \; a_3 = 0,056, \; a_4 = 0,005.$$

Сформируем выражения для показателей устойчивости $\lambda_i\left(\bar{k},\eta\right)$

$$\lambda_1\left(\bar{k},\eta\right) = \frac{0,56}{\left[\left(k_1+1\right) - 1,22\eta\right]\left[0,61 - 0,056\eta\right]},$$

$$\lambda_2\left(\bar{k},\eta\right) = \frac{\left(k_1+1\right)\cdot 0,005}{\left[0,61 - 0,056\eta\right]0,056},$$

где обозначим $\left(k_1+1\right) - 1,22\eta = f_1\left(\bar{k},\eta\right)$,

$0,61 - 0,056\eta = f_2\left(\bar{k},\eta\right)$,

$10 - \left(k_1+1\right)\eta + 0,407\eta^2 = g\left(\bar{k},\eta\right)$.

Согласно (12)-(15), для рассматриваемой задачи, запишем систему неравенств

$$\begin{cases} \lambda_1\left(\bar{k},\eta\right) = 0,465 & (20) \\ \lambda_2\left(\bar{k},\eta\right) < 0,465 & (21) \\ f_1\left(\bar{k},\eta\right) \geq 0 & (22) \\ f_2\left(\bar{k},\eta\right) \geq 0 & (23) \\ g\left(\bar{k},\eta\right) \geq 0 & (24) \end{cases}$$

Решая систему получаем $\eta_1 = 2,29$.

Аналогично из условия $\lambda_2\left(\bar{k},\eta\right) = 0,465$ находим $\eta_2 = 0,325$.

Выбирая максимальное значение η, определяем соответствующее ему значение второго параметра регулятора $k_1 = 4,294$, гарантирующего системе МСУ и требуемую точность.

Литература:

1.Шубладзе А.М. Способы синтеза систем управления максимальной степени устойчивости // АиТ. 1980. №1.

2.Волков А.Н., Загашвили Ю.В. Метод синтеза систем автоматического управления с максимальной степенью устойчивости при наличии ограничений// Изв. АН. Теория и системы управления 1997, №3 с. 12-19.

3.Татаринов А.В., Цирлин А.М. Задачи математического программирования, содержащие комплексные переменные, и предельная степень устойчивости линейных динамических систем. // Теория и системы управления. 1995. №1.

4.Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза/ Б.Н. Петров, Н.И. Соколов, А.В. Липатов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.: ил.

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ИНСТИТУТА ПАТЕНТОВАНИЯ И ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Раевская Е.А., Дороганова А.С.
Научный руководитель: Целуйко С.Ф.
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: helenara@mail.ru

Для Кемеровской области одной из задач государственной политики по социально-экономическому развитию на долгосрочную перспективу становится повышение конкурентоспособности региона.

Интеллектуальная собственность (ИС) является главным стратегическим ресурсом обеспечивающим повышение конкурентоспособности. Среди основных направлений использования ИС: применение в собственном производстве; передача права пользования; переуступка прав; вклад в уставный капитал.

На всех этапах для использования ИС необходимы специальные знания в сфере ИС, включая и знания в таких смежных областях, как право, оценка, маркетинг, экономика и финансы. Специалистов, обладающих знаниями в сфере ИС, в Кемеровской области, не хватает.

Так, например, по сравнению с Томской (более 30 специалистов) и Новосибирской (более 40 специалистов) областями, которые занимают лидирующее положение в Сибирском федеральном округе, Кемеровская область значительно уступает по количеству специалистов в сфере ИС (около 10 специалистов).

Согласно статистическим данным за период с 1993 по 2010 гг., представленным на сайте Федерального института промышленной собственности (ФИПС), в Сибирском федеральном округе количество патентных поверенных составляет 37 человек из них только 3 из Кемеровской области, лидирующее положение занимают Томская область – 12 и Новосибирская область – 8.

Согласно статистическим данным ФИПС по итогам за 2010 г. среди регионов Российской Федерации в 2010 г. Кемеровская область находилась по заявкам:

- на изобретение на 22-м месте (2009 г. – 23-е место);
- на полезную модель на 21-м месте (2009 г. – 24-25-е место);
- на товарный знак на 39-м месте (2009 г. – 45-е место).

Кемеровская область в рейтинге регионов Сибирского федерального округа занимала по заявкам:

- на изобретение – 4-е место;
- на полезную модель – 5-е место;
- на товарный знак – 7-е место.

Для решения кадрового вопроса в сфере интеллектуальной собственности каждой отрасли экономики требуются руководители и специалисты, обладающие особой подготовкой и владеющие специфическими знаниями, умениями и навыками, обеспечивающими эффективность использования объектов интеллектуальной собственности (ОИС) в соответствующей предметной области.

В связи с этим, в Кемеровской области на базе КузГТУ совместно с Кузбасским Технопарком планируется создание *электронного Института патентования и защиты интеллектуальной собственности (ИПЗИС)*, состоящего из нескольких модулей для обеспечения автоматизированного и более эффективного функционирования реального института, деятельностью которого будет являться обучение основам создания, охраны, использования и коммерциализации объектов интеллектуальной собственности; расширение помощи промышленным предприятиям Кемеровской области, малым и средним фирмам, в области охраны и коммерциализации интеллектуальной собственности (обеспечение патентной охраны техническим решениям, обеспечение доступа к патентной информации, содействие передаче технологий) в целях усиления инновационного потенциала и конкурентоспособности промышленности Кемеровской области.

Целью ИПЗИС является создание автоматизированной комплексной системы по учету информации об ОИС; услугах, предоставляемых ИПЗИС; предприятиях-потребителях, нуждающихся в подобных услугах, а также автоматическому получению на них заявок. Данная система позволит наладить партнерские отношения между специалистами в области патентования и другими организациями, результатом чего станет повышение эффективности использования ОИС, создание инновационно-привлекательной среды для предприятий и организаций Кемеровской области, активизация пропаганды и популяризации инновационной деятельности.

Среди основных задач электронного ИПЗИС можно выделить следующие:

1. Создание подсистемы автоматической регистрации и учета заявок на получение услуг по обучению основам создания, охраны, использования и коммерциализации объектов интеллектуальной собственности с последующим непосредственным обучением, подготовкой, переподготовкой и повышением квалификации руководителей предприятий, патентоведов, специалистов, инженерно-технических работников основам интеллектуальной собственности и, как следствие, формированием кадрового потенциала для эффективного функционирования инновационной инфраструктуры, динамичного развития инновационной дея-

тельности в регионе, вывода наукоёмкой инновационной продукции на новые рынки;

2. Создание подсистемы автоматической регистрации и учета заявок на получение комплексных профессиональных услуг в сфере интеллектуальной собственности предприятиям и организациям Кемеровской области;

3. Создание подсистемы учета возможных потребителей зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности для осуществления взаимодействия и сотрудничества с промышленными предприятиями Кемеровской области, средним и малым бизнесом в процессе создания и внедрения новых, модернизации существующих техники и технологий;

4. Создание информационного web-сайта для предоставления подробной информации о предоставляемых услугах, который будет включать сведения, необходимые для правового регулирования отношений по созданию, охране и использованию объектов интеллектуальной собственности, тем самым будет оказываться информационная поддержка региональной инновационной системы.

Среди планируемых оказываемых услуг, спектр которых с подробным описанием будет храниться в базе данных, можно выделить следующие:

-патентно-информационное обеспечение исследований и разработок;

-проведение патентных исследований;

-оформление заявок на выдачу охранного документа на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, знаки обслуживания, указания и наименования мест происхождения товаров;

-оценка стоимости объектов интеллектуальной собственности;

-осуществление международных и внутренних лицензионных операций;

-разработка инвестиционных проектов и бизнес-планов с использованием объектов интеллектуальной собственности;

-оценка патентоспособности научно-технических достижений;

-экспертиза объектов техники на патентную чистоту;

-защита интересов юридических и физических лиц от нарушения их прав на ОИС;

-осуществление процедуры зарубежного патентования;

-ведение переговоров с отечественными и зарубежными фирмами по вопросам передачи прав на ОИС и другие результаты творческой деятельности, и заключение лицензионных и авторских договоров.

На данном этапе разрабатываются структуры и схемы подсистем и модулей комплексной информационной системы института. Выполнен проект по разработке структурной модели, проведены переговоры с рядом предприятий, осуществляется обработка анкет.

Основными потребителями автоматизированной информационной системы будут являться крупные предприятия Кемеровской области (в частности, предприятия, относящиеся к таким отраслям как электроэнергетика, строительные материалы, деревообработка, пищевая промышленность, легкая промышленность, строительные организации, транспорт и связь, сельское хозяйство), а также банки, инновационные фонды, научно-исследовательские, конструкторские организации, фирмы наукоемких технологий, предприятия малого и среднего инновационного бизнеса, технопарки, технополисы, инкубаторы технологий, консалтинговые фирмы, фирмы по оценке стоимости объектов интеллектуальной собственности, юридические консультации, аудиторские фирмы, вузы, авторские общества, союзы изобретателей и рационализаторов и т.п.

На сегодняшний день в различных предприятиях области существуют отдельные разработки по учету объектов интеллектуальной собственности, однако комплексной информационной системы, которая включала бы всестороннюю информацию по данной сфере деятельности, принимала заявки на получение услуг по оформлению охранных документов или услуг образовательного характера, а кроме того еще и учитывала бы возможных потребителей конечной продукции, которые заинтересованы в ее получении, пока не существует. В силу вышеописанных причин, на данный момент проект разработки подобной системы является уникальным.

РАЗРАБОТКА UI ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ ОС ANDROID

Русинов И.Г.
Научный руководитель: Соколова В.В.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: RusinovIG@gmail.com

В настоящее время наблюдается стремительный рост популярности различных мобильных устройств, таких как смартфоны, коммуникаторы, планшеты и др. Одной из самых перспективных операционных систем для таких устройств является Google Android [1].

Android – это программный стек для мобильных устройств, который включает операционную систему, программное обеспечение промежуточного уровня (middleware), а также базовые пользовательские приложения (e-mail-клиент, календарь, карты, браузер, контакты и др.). Популярность платформы обусловлена большим числом приложений, как развлекательных, так и различных бизнес-приложений.

Актуальной сферой применения мобильных устройств на платформе Android может быть разработка мобильного приложения для планирования путешествий. Использование мобильного устройства для хранения всей необходимой информации о какой-либо поездке обеспечивает её доступность, а служба оповещения о событиях позволит не пропустить важные мероприятия.

Android предоставляет множество элементов для создания графического интерфейса, от простых кнопок до виджетов, что позволяет легко разрабатывать удобные пользовательские интерфейсы.

В Android графический интерфейс пользователя формируется с использованием объектов View и ViewGroup. Класс View является базовым классом для ViewGroup.

Объекты View – основные модули отображения интерфейса пользователя на платформе Android. Класс View служит ядром для подклассов, называемых виджетами, которые предлагают полностью реализованные объекты пользовательского интерфейса, такие как текстовые поля, кнопки и т.д.

Класс ViewGroup служит ядром для подклассов, называемых разметками (layouts), которые формируют расположение пользовательского интерфейса на форме.

Android поддерживает следующие виды ViewGroup:

-LinearLayout – элементы интерфейса, которые располагаются в один столбец или строку.

-AbsoluteLayout – позволяет указывать точное положение дочерних элементов. Положение элементов задаётся атрибутами android:layout_x и android:layout_y.

-TableLayout – группирует элементы в строки и столбцы. Для создания строки таблицы используется элемент TableRow. Каждая строка может содержать несколько элементов View, которые формируют ячейки таблицы.

-RelativeLayout – позволяет указывать, как дочерние элементы располагаются относительно друг друга.

-FrameLayout – используется для отображения одного элемента View. Элементы добавленные в FrameLayout всегда располагаются в левом верхнем углу этого элемента.

-ScrollView – специальный тип разметки, который позволяет пользователю прокручивать список элементов, которые имеют больший размер, чем размер экрана. ScrollView может содержать только один элемент View или ViewGroup, обычно это – LinearLayout.

В приложении можно комбинировать различные типы разметок для создания требуемого графического интерфейса.

К базовым элементам интерфейса Android-приложений относят следующие [2]:

-TextView – базовый элемент, используемый для отображения текста.

-EditText – подкласс класса TextView, позволяет пользователю редактировать текст.

-Button – представляет собой кнопку.

-ImageButton – то же, что и Button, но позволяет так же показывать какое-либо изображение.

-CheckBox – особый тип кнопки, имеющий 2 состояния: checked и unchecked.

-ToggleButton – отображает состояние checked/unchecked с помощью светового индикатора.

-RadioButton – имеет 2 состояния: checked и unchecked. Если элемент переходит в состояние checked, выбор не может быть отменен.

Установка даты и времени – одно из самых часто используемых действий в мобильных приложениях. Android поддерживает эту функциональность с помощью элементов TimePicker и DatePicker.

TimePicker позволяет пользователю указывать время дня в 24-часовом или 12-часовом формате. Внешний вид элемента представлен на рис. 1.

Рис. 1. Внешний вид элемента TimePicker

DatePicker аналогичен элементу TimePicker и позволяет пользователю указать конкретную дату. Внешний вид элемента представлен на рис. 2.

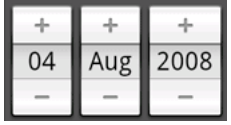


Рис. 2. Внешний вид элемента DatePicker

Элементы списков позволяют отображать большие массивы элементов. В Android имеется 2 вида списков: ListView и SpinnerView.

ListView отображает большой массив элементов в виде вертикального прокручиваемого списка.

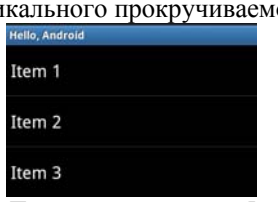


Рис. 3. Пример использования ListView

Если требуется отобразить большой список элементов, но нет достаточного места для расположения такого элемента как ListView, можно использовать элемент SpinnerView. Он отображает один элемент списка и позволяет пользователю выбирать между ними.

Рис. 4. Пример использования SpinnerView

В примере представлен xml-код с примерами основных элементов интерфейса:

```
<TextView // Текстовое поле
android:layout_width="fill_parent"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Text of element" />

<EditText // Элемент для редактирования текста
android:layout_width="fill_parent"
android:layout_height="wrap_content" />

<Button // Кнопка
android:layout_width="fill_parent"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Button text" />

<CheckBox // Кнопка с 2 состояниями
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Check it out" />

<RadioButton // Кнопка с 2 состояниями без отмены выбора
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Button 1" />

<ToggleButton // Кнопка-переключатель
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:textOn="Text on"
android:textOff="Text off" />

<DatePicker // Элемент выбора даты
android:startYear="1900"
android:endYear="2100"
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content" />

<TimePicker // Элемент выбора времени
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content" />

<ListView // Список
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content" />

<Spinner // Выпадающий список
android:layout_width="fill_parent"
android:layout_height="wrap_content" />
```

В данной статье рассмотрены возможности мобильной платформы Android по созданию графического интерфейса пользователя. Популярность и быстрый рост числа пользователей платформы Android обусловлен ее открытостью, удобством разработки приложений, в том числе богатыми возможностями по созданию интерфейса. Google Android поддерживает множество готовых для использования элементов, таких как текстовые поля, кнопки, списки и т.д.

В связи с этим Android был выбран в качестве платформы для разработки мобильного приложения для планирования путешествий. Данное приложение позволит сохранить в мобильном устройстве всю необходимую информацию о путешествии, настроить оповещения для напоминания о приближающихся событиях путешествия, а также поделиться информацией о путешествии с помощью электронной почты или социальных сетей.

Список литературы:

1.Sara Yin. Android Continues to Dominate, Gain Mobile U.S. Market Share // PCmag.com. 2011. URL: http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2395804,00.asp#fbid=aiSbSOUKBZp (дата обращения: 10.11.2011).

2.Wei-Meng Lee. Beginning Android Application Development. – M.: Wiley Publishing Inc, 2011

3.Paul Golding. Next Generation Wireless Applications. – M.: Wiley-Blackwell, 2008

4.Hello, Views // Android Developers. 2011. URL: http://developer.android.com/resources/tutorials/views/index.html (дата обращения: 10.11.2011).

ИНТЕГРАЦИЯ PLM- И EDA-СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Савенко И. И., Гаврилов Д. В., Аметова Э. С.
Научные руководители: Цапко С. Г., к.т.н., доцент, Вичугов В.Н., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: igsavenko@sibmail.com

Развитие ракетно-космической промышленности обеспечивает национальный технологический прогресс. В связи с этим главными управленческими задачами на ракетно-космических предприятиях становятся эффективное управление производственными процессами, грамотное и экономичное использование ресурсов, в том числе временных и человеческих, накопление знаний и опыта.

Для решения перечисленных задач используются CALS-технологии. CALS (от англ. Continuous Acquisition and Life cycle Support) — совокупность базовых принципов, управленческих и информационных технологий, обеспечивающая поддержку жизненного цикла изделий (ЖЦИ) на всех его стадиях. CALS базируется на использовании единого информационного пространства (ЕИП), в котором посредством электронного обмена данными реализуется взаимодействие всех участников ЖЦИ.

Интеграция различных систем автоматизации производства в ЕИП является составной задачей внедрения CALS-технологий. Эта задача становится особенно актуальной для космического приборостроения, учитывая современные тенденции к постоянному усложнению технических проектов, инженерных расчетов и увеличению количества элементов.

Бортовая радиоэлектронная аппаратура (РЭА)– это сложное наукоемкое изделие, включающее в себя как электрическую, так и механическую части. Для автоматизации проектирования используются соответственно EDA-системы (от англ. Electronic Design Automation – автоматизация проектирования электронных приборов) и CAD-системы (от англ. Computer-Aided Design – система автоматизированного проектирования). Объединить все данные об изделии и автоматизировать производственные процессы позволяет PLM система (от англ. Product Lifecycle Management – система управления жизненным циклом изделия). От эффективности функционирования и взаимодействия этих систем зависит эффективность и качество проектирования изделия. Связывание систем в единое целое, то есть их интеграция, позволяет сократить цикл проектирования, исключить ручной перевод данных из одной системы в другую, тем самым сократить количество ошибок, и обеспечить актуальность и целостность данных. Таким образом, разработка интеграций становится важной и актуальной задачей.

В данной статье рассматривается подход к реализации интеграции между EDA-системой Altium Designer (далее по тексту Altium Designer) и PLM-системой Enovia SmarTeam (далее по тексту SmarTeam) и автоматической генерации некоторых конструкторских документов в рамках внедрения ЕИП в приборостроительном направлении ОАО «Информационные спутниковые системы им. академика М. Решетнева».

Одними из основных суперклассов SmarTeam являются Электронная структура изделия (Items) и Документы (Documents). Электронная структура изделия описывает иерархические связи внутри изделия и содержит ассоциативные ссылки на данные, описывающие изделия, то есть ссылки на классы Документы, Материалы и др. Суперкласс Документы содержит как непосредственно конструкторские документы (в doc, pdf и других форматах), так и информационные модели изделия (результаты проектирования в различных CAD-, EDA- системах, программные модули). Следовательно, файлы, полученные в процессе проектирования Altium Designer, должны быть помещены в суперкласс Документы, а ассоциативные ссылки на них должны быть созданы в классе Электронная структура изделия. Здесь следует отметить, что прибор состоит из сборочных единиц более низкого уровня, которые и описываются проектами Altium Designer.

Одна из особенностей проектирования бортовой РЭА – наличие ограничительного перечня электрорадиоизделий (ЭРИ), которые могут быть использованы при проектировании электрической схемы. Это дает возможность создания справочника ЭРИ внутри SmarTeam. Так как Smarteam позволяет связывать ассоциативными ссылками объекты не только внутри одного проекта, но и для разных проектов, то было предложено создать проект, содержащий полный перечень–справочник элементов. И при помещении проекта Altium Designer в SmarTeam должны создаваться ассоциативные ссылки между элементами суперкласса Электронная структура изделия и элементами проекта справочника.

В ОАО «ИСС» была создана и поддерживается справочная база данных (БД) ЭРИ в системе управления БД (СУБД) MySQL. Эта база содержит полное описание всех элементов. Исходя из вышесказанного был предложен подход к реализации интеграции между EDA- и PLM-системой. Предлагаемый подход к реализации интеграции включает в себя решение нескольких задач.

1 Организация справочника ЭРИ в Smarteam, то есть репликация БД MySQL.

2 Заполнение параметров в свойствах элементов в Altium Designer. Эта задача была решена с

помощью Altium Designer API (от англ. англ. Application Programming Interface).

3 Реализация односторонней интеграции между системами Обмен данными между SmarTeam и Altium Designer, а именно выгрузка данных обо всех ЭРИ и файлах, входящих в состав проекта Altium Designer, был реализован через передачу данных в JSON формате. JSON (от англ. JavaScript Object Notation).

Решение задач 1-3 графически проиллюстрировано на рис. 1.

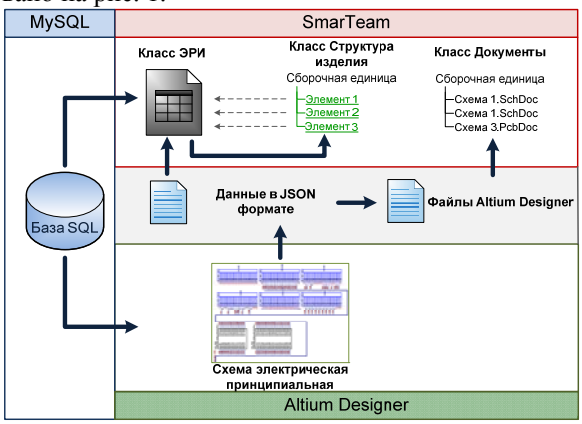


Рис. 1. Схема взаимодействия SmarTeam и Altium Designer

Благодаря тому, что при помещении проекта Altium Designer в SmarTeam сохраняется целостность проекта и происходит построение электронной структуры появилась возможность автоматичсекого формирования некоторых конструкторских документов. Так как файл JSON содержит полное описание всех элементов изделия сборочной единицы, то он может быть использован для формирования конструкторской документации: ведомости покупных изделий (ВП) и перечень элементов схемы электрической принципиальной (ПЭ3).

Для обработки файла JSON было решено применять объектно-ориентированный язык программирования C#.

Основные этапы формирования конструкторского документа:

- *Преобразование JSON файла в объектную модель, содержащую коллекцию из ЭРИ и их характеристик.* Часть атрибутов не нужны для формирования документа, поэтому данные полученные из файла JSON, обрабатываются в объект, который непосредственно используется при генерации документа.
- *Описание метода класса.* Первый шаг работы алгоритма – обработка входных данных, выделение необходимых свойств данных и приведение их в более удобный для обработки вид. Второй шаг – группировка и сортировка элементов.
- *Формирование документа.* Документ формируется в формате pdf с использованием бесплатной библиотеки. Данная библиотека позволила заполнять шаблон основной надписи чертежа.

Генерация документов происходит по запросу пользователя. ВП формируется на прибор в целом, ПЭ3 на сборочные единицы и прибор.

Для генерации документов в корректной форме были учтены требования ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи», ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы», 2.701-2008 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению», ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные», а также стандарты предприятия.

Таким образом, в данной работе был рассмотрен подход к интеграции EDA-системы Altium Designer и PLM-системы SmarTeam.

Достоинства предложенного подхода:

– благодаря использованию справочника ЭРИ есть возможность просмотра всех проектов, где был использован элемент справочника;

– так как в дереве Электронная структура изделия появляются лишь ссылки на справочник, а не копии элементов, это предотвращает увеличение объема БД;

– в SmarTeam хранятся не только логические файлы (схемы), но и сгенерированные файлы (отчеты), что обеспечивает целостность проекта;

– есть возможность отслеживания изменений в различных версиях проекта.

Предложенная концепция интеграции между PLM- и EDA- системами позволит сократить временные издержки, уменьшить количество ошибок на этапе электрического проектирования, а также будет способствовать накоплению знаний и опыта. Это приведет к улучшению качества выпускаемой продукции и повышению конкурентоспособности предприятия.

Литература:

1 Введение в JSON. URL: http://www.json.org/json-ru.html.

2 Гайсарян С.С. Объектно-ориентированные технологии проектирования прикладных программных систем. Центр информационных технологий. URL: http://www.citforum.ru/ programming/oop_rsis/.

3 Ершова Т.Б. Организационные аспекты создания единого информационного пространства предприятия // Москва, Транспортное дело России №2, 2009, с. 62-65.

ОБРАБОТКА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ НА МОБИЛЬНОМ ТЕРМИНАЛЕ, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕМ В СОСТАВЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЕДИНИЦЫ ТАКСОПАРКА

Ф.В. Саврасов
Научный руководитель: Сонькин М.А., д.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: savrasov@tpu.ru

За последние 5-6 лет всё больше и больше автомобилей служб таксопарка (а также частных предпринимателей) оборудуются мобильными устройствами, позволяющими обеспечивать оперативное взаимодействие автомобилей с диспетчерским центром.

Как правило, эти устройства предназначены для выдачи координат и других навигационных параметров (с помощью приёмников, осуществляющих получение данных от различных спутниковых систем позиционирования); также возможны реализации, включающие в себя сбор сигналов с внешних датчиков (топлива, давления в шинах, сигнализации, и т.п.). Получаемая информация незамедлительно (либо через определённый интервал времени) отправляется по имеющемуся каналу связи в диспетчерский центр (ДЦ), где происходит дальнейшая обработка накопленных данных.

Кроме того, мобильный терминал (МТ) может осуществлять и прикладные функции, такие как подсчёт стоимости проезда и провоза багажа, работу «по счётчику», печать кассовых чеков, и т.д.

Рис. 1. Устройство в процессе отладки и тестирования.

Естественно, что во время рабочего процесса поездки (а также на стадии тестирования) МТ не всегда способен функционировать стабильно, что обуславливается различного рода обстоятельствами (технические неполадки, «человеческий фактор», и т.п.).

Ниже приводится описание последовательности действий, осуществляемых при возникновении стандартных внештатных ситуаций на типовом мобильном устройстве автомобиля такси в процессе его эксплуатации.

Общий метод обработки аварийных ситуаций, возникающих на терминале

Обработка любой аварийной ситуации включает в себя следующие обязательные пункты:

1. Регистрация аварийной ситуации в ДЦ, с указанием источника и времени возникновения ошибки;
2. регистрация ситуации в лог-файле на МТ.
3. перевод в систему в аварийный режим работы (без устройства, вызвавшего ошибку);
4. периодические опросы состояния аварийного устройства и восстановление нормального режима системы при возможности осуществления этого;
5. информирование ДЦ о восстановлении нормального режима функционирования;
6. запись в системный лог-файл о переходе в штатный режим работы.

Нажатие кнопки тревоги и кнопки срочного вызова диспетчера

Режим нажатия кнопки тревоги возникает, если водитель удерживал в нажатом состоянии соответствующую кнопку (либо комбинации кнопок) более 3 секунд. МТ посылает в ДЦ сообщение с параметрами:

- Код датчика тревожной кнопки;
- время нажатия кнопки.

После отправки этого сообщения, программное обеспечение (ПО) терминала включает видеозапись салона. Диспетчер принимает решение о необходимых действиях. Возможно, таким действием будет отправка команды выключения зажигания. Если при попытке установить связь с водителем диспетчер выяснил, что кнопка нажата ошибочно, то из ДЦ отправляется команда, выключающая видеозапись. Водитель может самостоятельно отключить видеозапись, повторно нажав кнопку тревоги на время более 5 секунд.

При нажатии кнопки вызова диспетчера, МТ посылает в ДЦ соответствующее сообщение. Предполагается, что получив это сообщение, диспетчер ДЦ выйдет на голосовую связь с водителем и разберется в ситуации. Программное обеспечение МТ никаких самостоятельных действий не предпринимает.

Аварийные показания датчиков МТ

Обнаружив ситуацию разряда аккумулятора, ПО устройства переходит на аварийное электропитание и посылает в ДЦ сообщение с параметрами:

- Коды датчиков вольтметров бортовой сети и аварийного источника питания;
- значения этих датчиков в сотых долях вольта;
- время снятия показаний.

При восстановлении электропитания от бортовой сети, устройство переходит в стандартный режим питания и отправляет сообщение с новым значением бортового напряжения.

Обнаружив ситуацию аварийных показаний любого другого датчика (температура двигателя, давление масла, скорость автомобиля, и т.д.), ПО МТ посылает в центр сообщение с параметрами:

- Код датчика;
- значения этого датчика;
- время снятия показаний.

При восстановлении нормальных показаний датчика, устройство отправляет сообщение с новым значением датчика.

Выход из строя периферийных устройств терминала

Блок дисплейно-клавиатурного модуля (ДКМ) периодически опрашивается ПО МТ. При отсутствии готовности в течение времени, превышающего порог ожидания, в ДЦ отправляется сообщение с указанием кода модуля и времени обнаружения аварийной ситуации.

Далее ПО переходит в режим работы без ДКМ и периодически опрашивает его готовность. После восстановления работоспособности модуля, ПО переходит в штатный режим работы с отправкой сообщения, содержащего код ДКМ и время устранения неисправности.

Состояние кард-ридера периодически опрашивается блоком ДКМ. При обнаружении аварийной ситуации, ДКМ информирует об этом центральный процессор путем посылки специального набора команд. Обнаружив эту ситуацию, ПО МТ отправляет сообщение в ДЦ с указанием кода кард-ридера и времени обнаружения аварийной ситуации.

Эта информация передается диспетчеру ДЦ. Он может принять решение о запрещении или разрешении продолжения работы МТ в ограниченном режиме. В этом случае, ДЦ передает на МТ команду с указанием кода устройства кард-ридера и признака разрешения (да/нет).

Сбой в работе GPS-навигатора может возникнуть при выходе из строя самого устройства, или при отсутствия спутников, или при отсутствии информации, поступающей с них. Кроме стандартных действий по информированию центра (МТ отправляет сообщение в ДЦ с указанием кода GPS и времени обнаружения аварийной ситуации), ПО информирует водителя о том, что расчет по показаниям таксометра становится невозможен.

После информирования центра, дальнейшая последовательность действий аналогична вышеописанному случаю с кард-ридером, а ПО переходит в режим работы без таксометра.

При выходе из строя принтера, кроме стандартных действий, ПО МТ предупреждает водителя о невозможности печати чеков. Далее всё происходит аналогично рассмотренному выше, а ПО МТ переходит в режим работы без печати.

Выявление ошибок в ПО МТ

Если система обнаруживает ошибки программного обеспечения, делается запись об этой ошибке в лог-файл, и копия текста сообщения отправляется в ДЦ. Если за одну минуту возникает более 3 сообщений об ошибках, то дальнейшая передача сообщений прекращается на 30 минут.

Отсутствие карты водителя более 5 секунд

Если карта водителя была извлечена из устройства чтения карт в любой момент, кроме замены карточек при безналичном расчете, в ДЦ отправляется соответствующее сообщение. Диспетчер должен принять решение о дальнейших действиях.

Выход из зоны действия GPRS-связи

Эта ситуация может возникнуть в случае ослабления сигнала, полной потери связи или отсутствии денег на счете. ПО МТ делает запись о ситуации в лог-файле. После этого происходит попытка установить связь с ДЦ по радиоканалу. Если связь установлена, то ПО информирует водителя о переходе на радиоканал. В противном случае возникает ситуация полной потери связи с ДЦ (с соответсвующей записью в лог-файле и информированием водителя о случившемся). Предполагается, что водитель предпримет попытку связаться с ДЦ по другим каналам связи.

Описанные исследования проводились в рамках государственного задания «Наука»

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА НАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА

Сидорова А.А.
Научный руководитель: Малышенко А.М., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: sidorova@tpu.ru

В данной статье будет рассмотрен и проанализирован модифицированный метод настройки промышленного ПИД-регуляторов. С помощью данного метода вычислим настройки параметров регулятора и сравним полученные результаты с результатами настройки регулятора по методу Циглера-Никольса, на основании анализа заявленных показателей качества. Улучшенный метод коэффициента усиления является простым экспериментальным методом настройки регуляторов, не требующий каких-либо глубоких знаний о контролируемом технологическом процессе на производстве.

На мой взгляд, существует противоречие между существующими научными разработками в области настройки регуляторов и их практическим использованием. Несмотря на тот факт, что в настоящее время разработано большое количество различных методов настройки ПИД-регуляторов, все они являются теоретическими методами, используемыми при моделировании систем управления, а на практике зачастую до сих при настройке регуляторов пользуются методом Циглера-Никольса или ослаблением настроек регулятора.

Метод Циглера-Никольса имеет два основных недостатка: первый из которых заключается в выведении системы управления в режим автоколебаний (далеко не для всех систем может быть приемлемо) и второй недостаток – неудовлетворительные показатели качества (перерегулирование порядка 40-60 %), что также является не приемлемым для большого класса промышленных систем управления. Достоинством данного метода является простота настройки. Таким образом, если модифицированный метод учитывает названные выше недостатки метода Циглера-Никольса, то появился новый метод для качественной настройки регуляторов [1-2].

При проектировании системы управления необходимым условием является составление технического задания, в котором описываются предъявленные требования к данной системе, а именно, задаются показатели динамического качества системы – быстродействие и степень устойчивости. Наилучшим вариантом спроектированной системой будет система, в которой одновременно оба, рассмотренных выше показателя качества, будут принимать оптимальные значения, т.е. система будет обладать высоким быстродействием и хорошей устойчивостью. На практике в силу определенных причин для большинства технологических процессов, которыми управляет регуляторы, эти два показателя качества не могут быть получены одновременно. Т.е. быстрая реакция системы управления на изменение уставки сопровождается высоким перерегулированием, и система обладает лучшей устойчивостью при медленном быстродействии. Для большинства систем управления наиболее важным является показатель хорошей устойчивости, чем быстрая реакция [3].

Улучшенный метод коэффициента усиления направлен на получение приемлемой устойчивости (среднее соотношение между оптимальным быстродействием и перерегулированием). Это достаточно простой метод дающий хорошие результаты. В качестве объекта управления выберем руку робота с передаточной функцией [4]:

$$W_{oy}(s) = \frac{75(s+1)}{s(s+20)(s+5)}.$$

Этапы настройки ПИД-регулятора улучшенным методом коэффициента усиления [5] схожи с настройкой методом Циглера-Никольса, поэтому данный метод можно назвать модификацией.

Переводим систему управления в ручной режим работы и обеспечим работу регулятора только в режиме П-регулирования. Увеличим k_p до тех пор, пока контур управления не обеспечит подходящий вид переходного процесса (с некоторым перерегулированием). Это значение коэффициента усиления обозначим k_{pg}.

Установим постоянную времени интегрирования T_i равную:

$$T_i = 1.5T_{ou},$$

где T_{ou} – время между выходом переходного процесса выше и ниже относительно уставки.

Из-за введения И-составляющей система управления с ПИ-регулятором в действии будет иметь несколько лучшее качество переходного процесса по сравнению с системой управления только с П-регулятором. В этом случае значение k_p необходимо незначительно уменьшить (в пределах 80 % от первоначального значения) – $k_p = 0.8k_{pg}$.

Для того, чтобы настроить ПИД-регулятор необходимо включить Д-составляющую, которая вычисляется следующим образом:

$$T_d = \frac{T_i}{4}.$$

Однако необходимо помнить о недостатках Д-составляющей в системах с ПИД-регулятором, а именно, наличие шумов в канале измерения приводит к значительным случайным колебаниям управляющего сигнала, что увеличивает дисперсию ошибки регулирования и износ исполнительных механизмов. Таким образом, ПИД-регулятор

следует выбирать для систем регулирования с относительно малым уровнем шумов.

Необходимо проверить качество переходного процесса системы управления с ПИД-регулятором, применяя изменение шага уставки. В случае неудовлетворительного вида переходного процесса на выходе системы управления, попытаться незначительно уменьшить коэффициент усиления, возможно в комбинации с увеличение интегральной времени.

При настройке ПИД-регулятора в системе управления рукой робота модифицированным методом настройки были получены следующие коэффициенты регулятора:

$$k_p = 8, k_i = 4.44, k_d = 0.36.$$

Расчет настроек ПИД-регулятора методом Циглера-Никольса дал следующие коэффициенты регулятора:

$$k_p = 360, k_i = 24000, k_d = 1.44.$$

На рисунке 1 представлены переходные процессы на выходе системы управления рукой робота после настройки ПИД-регулятора методом Циглера-Никольса и модифицированным методом

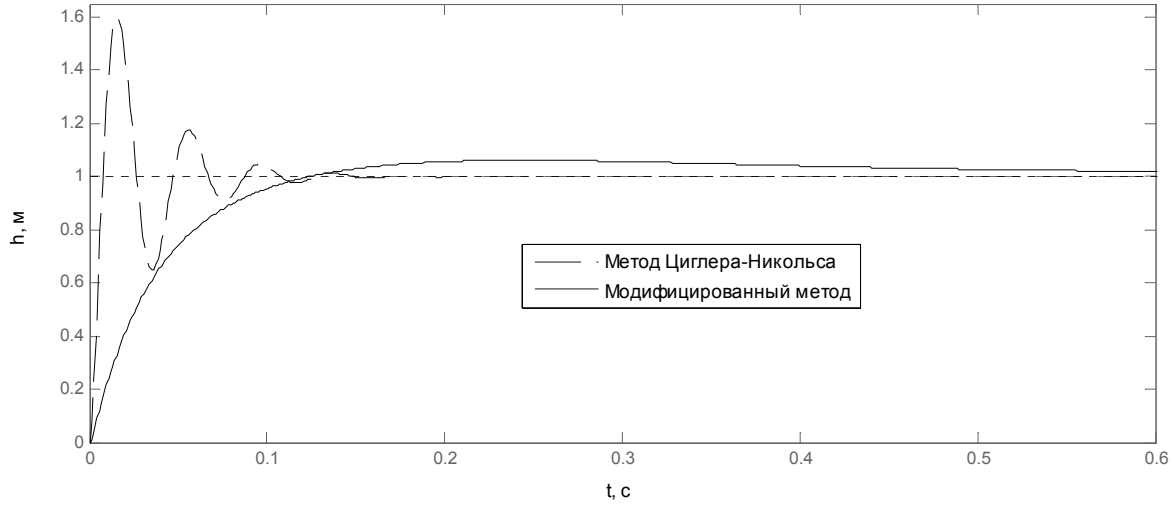


Рис. 1 – Переходные процессы в системе с ПИД-регулятором

Несмотря на известный факт о том, что настройка ПИД-регулятора по методу Циглера-Никольса обеспечивает довольно посредственные показатели качества системы, при исследовании системы управления рукой робота были получены следующие показатели качества: $\sigma = 60\%$ и $t = 0.12$ с. Настройка ПИД-регулятора по модифицированному методу обеспечила перемещение руки робота без перерегулирования, однако за большее количество времени $t = 0.59$ с.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что настройка ПИД-регулятора по методу Циглера-Никольса обеспечивает неудовлетвори-тельные показатели качества, что еще раз подтверждает ограниченность применения данного метода. Модифицированный метод настройки ПИД-регулятора обладает явным преимуществом, поскольку не требует выведения системы управления в режим автоколебаний и обеспечивает высокую точность перемещения исполнительного органа системы управления с несколько затянувшимся переходным процессом.

Список литературы:

1. Елисеева А.А., Малышенко А.М. Анализ методов настройки параметров ПИД-регулятора // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: СПБ Графиск, 2009. – Т. 2, С. 30–31.

2. Zigler J.C., Nichols N.B. Optimum settings for automatic controllers. – USA: Research Triangle Park, 1992. – 759 p.

3. Штейнберг Ш.Е., Сережин Л.П., Залуцкий И.Е. Проблемы создания и эксплуатации эффективных систем регулирования // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – № 7. – С. 1–7.

4. Richard C. Dorf. Modern control system. – USA: Pearson Education, 2008. – 1020 p.

5. Douglas J. Cooper. Practical process control. – Hoboken, USA: Control station, 2004. – 290 p.

ПРОГРАММА РЕДАКТИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Сорокина Ю.П.
Научный руководитель: Цапко И.В., к.т.н.
Национальный Исследовательский Томский политехнический университет
sorokina_jp@mail.ru

Введение

Трехмерное сканирование относится к современным компьютерным технологиям, позволяющим решать различные задачи по обработке объектов со сложными геометрическими параметрами. Трехмерный сканер представляет собой устройство, анализирующее реальный объект и создающее на основе полученных данных его трехмерную модель. Трехмерный сканер считывает информацию с физического объекта и преобразует ее в электронную трехмерную модель.

Трехмерный сканер используется преимущественно тогда, когда построение объемной модели в графическом редакторе слишком затруднительно. Предмет может иметь столь сложную форму, что построение его трехмерной модели без сканирования может занять очень много времени и сил. Одного сканирования для построения трехмерной модели недостаточно. Сканирование является лишь первой стадией при построении трехмерных моделей. После сканирования нужно обработать полученное электронное изображение с помощью компьютера, где происходит уже соединение разобщенных сканированных частей изображения, а так же устранение шумов и дефектов[1].

Полученное изображение в первоначальном виде далеко от действительного объекта, т.к. имеет некоторые шумы, дефекты, неровности и так далее. Для того чтобы изображение было максимально близко к исходному отсканированному объекту, все вышеперечисленные недостатки следует устранить. Существует ряд специальных программ, позволяющих редактировать трехмерные изображения, однако, следует отметить, что они остаются далеки от идеала, в то время как пользователь нуждается в более качественной обработке.

Одной из основных проблем являются «пустоты» - отверстия в трехмерных моделях, которые появляются в труднодоступных для сканирования местах. Для получения качественного изображения следует устранить эти отверстия. Для выполнения этой задачи необходимо рассмотреть возможные пути решения этой проблемы, а также найти и проанализировать существующие алгоритмы, выявить достоинства и недостатки каждого из алгоритмов и впоследствии выбрать оптимальный алгоритм.

Формат STL

Формат STL был разработан для нужд стереолитографии и предназначен для представления трёхмерных моделей. Он включает в себя описание треугольников из которых состоит поверхность объекта. Это объясняется следующими причинами:

-треугольник является простейшим полигоном, вершины которого однозначно задают грань;
-любую область можно гарантировано разбить на треугольники;
-вычислительная сложность алгоритмов разбиения на треугольники существенно меньше, чем при использовании других полигонов;
-реализация процедур рендеринга наиболее проста для области, ограниченной треугольником;
-для треугольника легко определить три его ближайших соседа, имеющих с ним общие грани.

Редактирование такого изображения можно разбить на несколько этапов:
-Выделение сегмента с отверстием;
-Заделка этого отверстия.

Учитывая тот факт, что поверхность объекта в формате STL состоит из треугольников, задача заделки отверстия сводится к задаче триангуляции.

Триангуляцией называется процесс разбиения полигональной области со сложной конфигурацией в набор треугольников. При анализе или синтезе сложных поверхностей их аппроксимируют сеткой треугольников, и впоследствии оперируют с простейшими полигональными областями, т.е. с каждым из треугольников [2].

Алгоритмы

В разработанной программе заделка отверстий в трехмерном изображении делится на два этапа:
-анализ изображения на наличие отверстий;
-восстановление сегментов с отверстием.

При анализе изображения используется следующий алгоритм: у каждого треугольника для каждой стороны ищется соседняя грань. Треугольники, у которых одна сторона не имеет соседа, помечается как ошибочные и координатыего вершин заносятся в отдельный массив. На рис. 1 ребра AB и BC имеют соседей, а вот у ребра CA сосед отсутствует, следовательно, это ребро будет являться ошибочным и координаты всего треугольника будут занесены во вспомогательный массив.

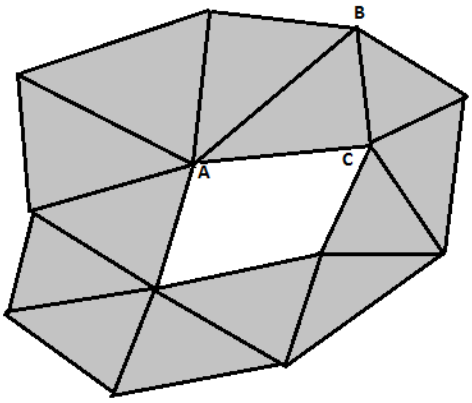


Рис. 4. Пример треугольника, ребро (AC) которого не имеет «соседа»

Для восстановления сегмента с отверстием был проведен анализ существующих алгоритмов и выбран наиболее подходящий – «жадный алгоритм триангуляции Делоне».

Основная идея алгоритма восстановления состоит в последовательном добавлении треугольников к исходному файлу, путем поиска соседей для сторон треугольника в порядке возрастания их длин.

Результаты работы программы

Разработанная программа позволяет извлекать данные из бинарного STL-файла, при этом все данные о треугольниках выводятся на экран построчно (в каждой строке первые 3 столбца показывают координаты вектора нормали треугольника, следующие 9 столбцов – координаты вершин треугольника, последний столбец показывает 2 служебных байта), (рис. 2). После этого происходит анализ считанных данных, в отдельном окне происходит вывод на экран информации об обработанных треугольниках, ошибочные треугольники помечаются (рис. 3). Далее все ошибочные треугольники заносятся в отдельный массив, после чего происходит их восстановление. На рис. 4 изображено исходное трехмерное изображение с отверстием. После обработки этого изображения в созданной программе отверстие успешно заделывается. Результат восстановления сегмента с отверстием показан на рис.5. Для большей наглядности воспользуемся программой просмотра трехмерных изображений MiniMagics 2.0, которая позволяет накладывать изображения друг на друга, при этом выделяя несовпадающие сегменты (рис. 6).

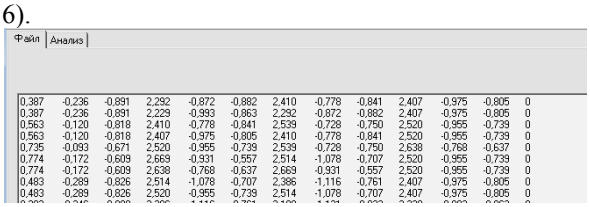


Рис. 5. Вывод на экран данных о треугольниках, из которых состоит изображение

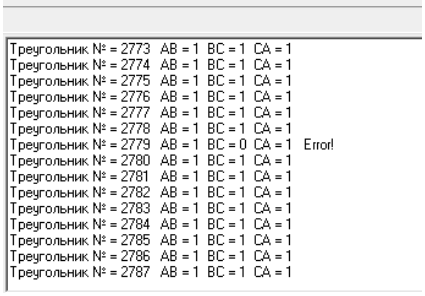


Рис. 6. Информация о треугольниках после анализа

Рис. 7. Зазор в увеличенном масштабе

Рис. 8. Результат

Рис. 9. Наложение исходного и обработанного изображений

Заключение

В ходе работы реализована программа для заделки отверстий. Данная программа позволяет считывать данные из бинарного STL-файла, анализировать данные файла на наличие отверстий, заделывать отверстия, используя жадный алгоритм триангуляции, а так же записывать результаты восстановления в бинарный STL-файл.

Литература:

1. Широкие возможности 3D сканеров URL: http://www.portal-uslugi.ru/index/glavnoe_/poleznaja/shirokie_/at_article/388/index.htm
2. Формат STL URL:http://prografix.narod.ru/rus_file_stl.html

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ СХЕМ ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ СВЧ МИС С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Степачева А.В.
Научный руководитель: Добуш И.М., ассистент
Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: amaya_89@sibmail.com

Введение. В настоящий период наблюдается динамичное развитие СВЧ монолитных интегральных схем (МИС) и средств для их разработки. Точность моделирования СВЧ МИС определяется качеством моделей активных и пассивных компонентов, находящихся в распоряжении разработчика.

Для описания электрических характеристик элементов СВЧ МИС могут применяться различные виды математических моделей, в том числе представленные в виде эквивалентных схем (ЭС). Такие модели являются достаточно быстродействующими, а также легко интегрируются в современные системы автоматизированного проектирования (САПР) СВЧ устройств.

В данной статье рассматривается вопрос построения ЭС-моделей пассивных СВЧ компонентов. Одним из распространенных подходов получения таких моделей является метод прямой экстракции. Суть задачи экстракции состоит в поиске значений элементов ЭС таким образом, чтобы в заданной полосе частотного диапазона воспроизвести требуемые электрические характеристики СВЧ компонента (например, измеренные параметры рассеяния (*S*-параметры)). К сожалению, решаемая задача в вычислительном отношении относится к классу некорректных задач, т.е. малые возмущения в исходных данных могут быть причиной больших изменений результатов.

Таким образом, методика прямой экстракции чувствительна к значениям измеренных *S*-параметров компонента – небольшое их изменение (например, вследствие погрешности измерений) может приводить к значительным изменениям получаемых значений элементов ЭС, в том числе физически нереализуемых (получение ЭС с отрицательными значениями элементов).

В настоящей работе, для оценки влияния погрешности измерений *S*-параметров на точность определения элементов ЭС использовался метод статистических испытаний Монте-Карло [2]. Суть метода заключается в получении параметров рассеяния на основе результатов измерений пассивного компонента с добавлением некоторой величины, случайно сгенерированной с заданным законом распределения в диапазоне типовой абсолютной погрешности измерительного прибора.

С целью автоматизации решения указанной задачи был разработан программный модуль Extraction-P, обеспечивающий построение ЭС пассивных компонентов СВЧ МИС по измеренным *S*-параметрам с учетом влияния инструментальной погрешности. Модуль включен в состав системы автоматизации СВЧ измерений INDESYS-MS (Intelligent Design System - Measurement Suite) [1].

Программный модуль Extraction-P. В качестве входных данных программы используется файл с измеренными параметрами рассеяния пассивного СВЧ компонента на ряде фиксированных частотных точек в заданном диапазоне. В результате работы программы рассчитываются значения элементов ЭС компонента, структура которой выбирается пользователем из списка моделей.

В настоящее время в программе Extraction-P реализованы алгоритмы экстракции для нескольких вариантов моделей, которых в большинстве случаев достаточно, чтобы с необходимой точностью в широком диапазоне частот описать характеристики сосредоточенных элементов СВЧ МИС: резисторов, МДМ-конденсаторов, квадратных и круглых спиральных катушек индуктивности [3].

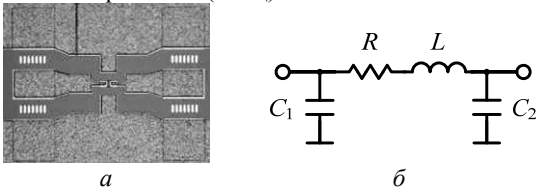
Рассмотрим основные этапы работы программного модуля для построения модели:

1. выбор варианта ЭС компонента и загрузка файлов измеренных *S*-параметров;
2. расчет и вывод на каждой частоте значений элементов ЭС;
3. задание настроек статистического анализа влияния погрешностей: погрешность прибора в виде xml-файла, закон распределения случайных величин, количество итераций;
4. запуск статистического анализа и вывод на графики частотных зависимостей рассчитанных значений элементов ЭС;
5. анализ результатов статистических испытаний, выбор оптимальной области экстракции;
6. усреднение значений элементов ЭС в заданном (на основе пункта 5) диапазоне частот.

Выходными данными модуля является модель измеренного компонента в виде выбранной ЭС с рассчитанными значениями элементов.

Ниже представлен пример построения и анализа модели монолитного GaAs-резистора с использованием разработанного модуля.

Пример использования программного модуля. Опишем процесс экстракции параметров ЭС (рис. 1) монолитного GaAs-резистора в диапазоне частот до 40 ГГц с учетом влияния погрешности векторного анализатора цепей (ВАЦ).



а *б*

Рис. 1. Копланарный резистор в активном слое GaAs (а) и его эквивалентная схема (б)

При построении модели учитывались следующие пределы типовой абсолютной погрешности измере-

ний векторного анализатора цепей:$|S_{11}|$, $|S_{22}|$ = ±0.4 дБ; $\varphi(S_{11})$, $\varphi(S_{22})$ = ±3°; $|S_{12}|$, $|S_{21}|$ = ±0.1 дБ; $\varphi(S_{12})$, $\varphi(S_{21})$ = ±1°.

На рис. 2 показаны результаты статистических испытаний параметров ЭС копланарного GaAs-резистора (рис. 1 б), пунктиром выделены результаты без учета погрешности, сплошной линией моделирование методом Монте-Карло (100 опытов).

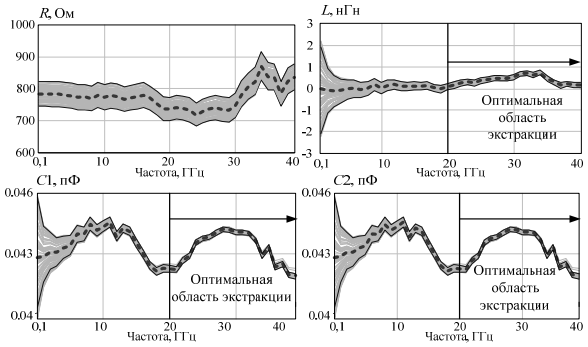


Рис. 2. Частотные зависимости значений элементов с учетом влияния погрешности измерений

Из приведенных результатов статистических испытаний (рис. 2) видно, что для паразитных реактивных элементов исследуемой ЭС копланарного GaAs-резистора (рис. 1 б), погрешность измерений в области нижних частот оказывает существенное влияние. В частности, номинал паразитной индуктивности L принимает отрицательные значения. Таким образом, проводя подобный анализ можно выявить оптимальную область измеренных данных, в которой погрешность измерений оказывает наименьшее влияние на точность экстракции параметров ЭС СВЧ-компонента.

В данном примере оптимальная область экстракции выбрана в диапазоне частот 20 – 40 ГГц. Полученные значения элементов после усреднения в данном диапазоне представлены в табл. 1.

Таблица 1. Значения элементов ЭС резистора, рассчитанные после усреднения в диапазоне 20 – 40 ГГц

R, Ом	L, нГн	C_1, пФ	C_2, пФ
751.9	0.22	0.0431	0.0432

В табл. 2 приведены значения относительных и абсолютных ошибок исходных параметров рассеяния GaAs-резистора и рассчитанных по модели.

Полученные значения погрешностей модели и измеренного резистора (табл. 2) свидетельствуют о высокой точности экстракции параметров ЭС. Анализ частотных зависимостей элементов ЭС, рассчитанных с учетом влияния погрешности прибора, позволяет получить физически реализуемую модель компонента СВЧ МИС.

Таблица 2. Погрешности параметров рассеяния измеренного резистора и построенной модели

	Абсолютная погрешность			Относительная погрешность, %		
	1 ГГц	20 ГГц	40 ГГц	1 ГГц	20 ГГц	40 ГГц
$\|S_{11}\|$	0.003	0.02	0.05	0.39	2.38	5.73
$\varphi(S_{11})$	2e-5	0.01	0.024	0.36	2.13	2.497
$\|S_{12}\|$	0.004	0.0003	0.012	3.732	0.28	14.9
$\varphi(S_{12})$	0.002	0.03	0.09	8.12	6.62	9.27
$\|S_{21}\|$	0.004	0.0002	0.012	3.9	0.21	14.23
$\varphi(S_{21})$	0.0035	0.04	0.11	7.79	6.83	8.28
$\|S_{22}\|$	0.003	0.023	0.05	0.35	2.73	6.21
$\varphi(S_{22})$	0.0003	0.003	0.04	0.69	0.17	4.26
max	0.004	0.04	0.11	8.12	6.83	14.9

Таким образом, можно сделать следующие выводы: разработанный программный модуль Extraction-P в составе системы INDESYS-MS позволяет выполнить экстракцию параметров ЭС пассивных компонентов СВЧ МИС с учетом влияния погрешности измерительных приборов для одного или нескольких конструктивных состояний, основываясь на результатах измерений параметров рассеяния. Его использование дает возможность значительно сократить время и трудозатраты при построении моделей пассивных компонентов СВЧ МИС, изготавливаемых по различным технологиям.

Работа выполнялась в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы по направлениям «Создание электронной компонентной базы» (14.740.11.1261), «Микроэлектроника» (П669, П499, 16.740.11.0092, 14.740.11.1136) и «Проведение исследований коллективами НОЦ по направлению «Микроэлектроника» (14.740.11.0135).

Список литературы:

1. Автоматизация зондовых измерений параметров рассеяния и вольтамперных характеристик транзисторов с использованием программной среды Indesys-MS / А.С. Сальников, И.М. Добуш, С.Е. Кошевой, Ф.И. Шеерман // Доклады ТУСУР. 2010. № 2 (22). С. 140–144.

2. Соболь И. М. Метод Монте-Карло «Популярные лекции по математике». – вып. 46 – М.: «Наука», 1968. – 64с.

3. Разработка методов, алгоритмов и интеллектуального программного обеспечения для синтеза микроэлектронных СВЧ устройств с использованием точных моделей интегральных элементов: Отчет о НИР №П669 (3 этап) / ТУСУР; Руководитель А.Н. Сычев. 2010. – 247 с.

ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМАЛЬНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ МОДУЛЕЙ СИСТЕМНОГО ОБМЕНА МИКРОПРОЦЕССОРОВ

Стотланд И.А., Васильев А.Г.
Научный руководитель: Деменкова Т.А., к.т.н., доцент
МГТУ МИРЭА, 119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78
E-mail: irastot@gmail.com

Верификация предполагает проверку соответствия системы требованиям ее спецификации на каждом уровне детализации. Согласно статистике, 70% цикла разработки микропроцессора занимает верификация [1]. Одним из подходов к решению задачи сокращения сроков проектирования микропроцессоров заключается в применении методов *автономной верификации* отдельных функциональных блоков микропроцессоров на самых ранних стадиях разработки.

В настоящее время не существует единой универсальной методологии автономной верификации, учитывающей специфику верифицируемых RTL-моделей (Register Transfer Level). В работе описан подход к формальной верификации модулей системного обмена микропроцессоров, как самостоятельного класса функциональных блоков, входящих в состав современных микропроцессорных систем. *Модули системного обмена* — это системы, обеспечивающие взаимодействие между другими подмодулями микропроцессорной системы, между микропроцессором и памятью, а также между микропроцессорами в многопроцессорных и многокластерных системах.

К основным особенностям модулей системного обмена с точки зрения их функциональной верификации относятся:

- непрерывное функционирование;
- параметром функции преобразования является только формат представления данных, сами данные остаются неизменными;
- осуществляют коммутацию данных;
- маркированность данных (каждая из транзакции является «окрашенной»);
- параллельная обработка нескольких транзакций;
- отсутствие конвейера и, как правило, четких временных характеристик обработки транзакций (в такта);
- асинхронность входных и выходных данных.

Существует два основных подхода к автономной верификации функциональных блоков микропроцессоров: формальная верификация и динамическая верификация, основанная на имитационном тестировании. Одним из ключевых преимуществ методов формальной верификации является их исчерпывающий характер. Наиболее эффективным методом формальной верификации является метод проверки на модели в темпоральной логике, предложенный Э. Кларком [2]. Однако при использовании методов формальной верификации при проверке сложных систем возникает проблема возможного «комбинаторного взрыва» в пространстве состояний.

В работе предлагается подход к редукции верифицируемой модели путем абстракции. *Абстракция* задается отображением множества реальных данных системы в подмножество абстрактных значений данных. Распространяя это отображение на состояния и переходы, можно построить абстрактный вариант рассматриваемой системы.

Перед проведением верификации необходимо сформулировать свойства, которыми должна обладать разрабатываемая система. Можно выделить три основных вида спецификаций: неформальную, полуформальную и формальную. Неформальное текстуальное описание представляет краткую характеристику модели. В *формальной спецификации* используется математическая нотация, а методом демонстрации соответствия служит формальное доказательство. *Полуформальная спецификация* является промежуточным вариантом [3].

Для того чтобы сформулировать требования, предъявляемые к методу описания спецификации модулей аппаратуры необходимо определить формальную обобщенную модель верифицируемой системы. Определим формально модуль системного обмена как восьмерку

$$< S, s_0, I, O, D_i, D_o, G, T >,$$

Где

S — конечное множество состояний системы;

s_0 — элемент из S, начальное состоянием системы;

I — конечное множество входных воздействий;

O — конечное множество реакций;

D_i — формат входных данных;

D_o — формат выходных данных;

G — функцию преобразования входного формата данных в выходной: $G : D_i \to D_o$;

T — множество переходов системы: $T : S \times I \to S \times O$.

Модуль системного обмена, как и любая другая цифровая аппаратная система, — это параллельная система с конечным числом состояний. Однако представление модулей системного обмена как классических конечных автоматов не всегда оправдано, так как для сложных систем построение системы переходов автомата является достаточно трудоемкой задачей, а количество состояний автомата может значительно превышать допустимое системой автоматизации тестирования. Поэтому для формального представления моделей аппаратных систем целесообразно использовать расши-

ренные иерархические конечные автоматы. *Расширенным конечным автоматом* называется модель автомата, расширенная контекстными переменными, параметрами входных воздействий и функциями переходов, определенными над ними.

Таким образом, можно выделить следующие основные требования, предъявляемые к способу спецификации модулей системного обмена микропроцессорных систем:

- наличие средств описания темпоральных характеристик;
- возможность иерархического описания системы;
- наличие средств описания поведения параллельных систем;
- наличие средств описания расширенных конечных автоматов.

Построение спецификации на основе формальных языков является длительным и трудоемким процессом. Поэтому в работе предлагается использовать методы полуформальной спецификации. Среди языков полуформальной спецификации программных систем наиболее распространенным является UML (Unified Modeling Language — унифицированный язык моделирования). UML представляет собой набор графических нотаций для моделирования программных систем [4]. Хотя UML изначально был разработан и сейчас широко применяется как язык спецификации программного обеспечения, язык удовлетворяет всем сформулированным выше требованиям. Иерархические расширенные автоматы с дополнительной возможностью определения параллельных подсостояний – это диаграммы состояний (Statecharts) в рамках UML.

Одна из проблем применения языка UML для спецификации модулей системного обмена микропроцессоров состоит в трудности проверки разработанных UML-моделей. Объясняется это неформальностью синтаксиса и семантики языка UML и неточностью в сравнении с формальными языками. Один из подходов к решению этой проблемы заключается в автоматической трансляции из UML-модели формального описания структуры Крипке на входном языке SMV-верификатора (Simbolic Model Verifier) – средства автоматизации метода проверки на модели [5]. Для этого были определены правила интерпретации элементов и структур диаграмм состояний UML, представленных в виде XML-описания, во входной язык системы SMV. Для инструментальной поддержки представленного метода был разработан транслятор диаграмм состояний UML во входной язык SMV-верификатора, автоматизирующий перевод полуформальной спецификации в формальную структуру Крипке. Схема транслятора представлена на рис.1. Лексический анализатор XML-описания диаграмм состояний UML формирует промежуточную Java-модель системы (MS-модель), на основе которой далее генерируется результирующий SMV-код.

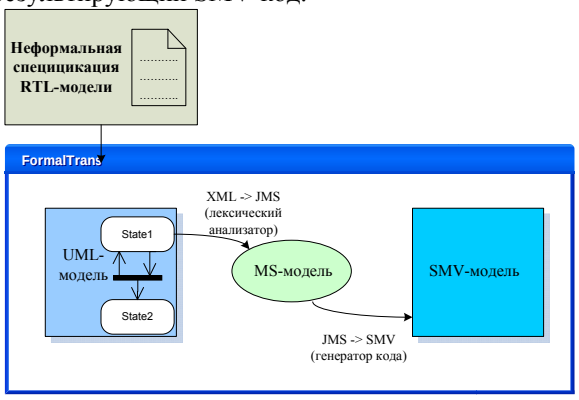


Рис.1. Схема транслятора диаграмм состояний UML во входной язык SMV-верификатора.

Описанный в работе подход позволяет применять автоматизированные методы формальной верификации уже на стадии разработки спецификации, что существенно сокращает сроки верификации микропроцессоров, а также повышает качество проверки.

Список литературы:

1. Bergeron Janick. Writing testbenches: functional verification of HDL models. — Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003. — 479p.

2. Clarke E., Grumberg O., Peled D. Model checking // The MIT Press, 1999

3. Стотланд И.А. Метод автоматизации функционального тестирования моделей аппаратуры // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения // Материалы международной научно-технической конференции «INTERMATIC-2011», 14-17 ноября 2011 г., Москва // Под. ред. чл.-корр. РАН А.С. Сигова. – М.: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2011, часть 4. – С.83-86

4. OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure. Version 2.3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.omg.org (дата обращения 20.02.12)

5. The SMV System. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.cs.cmu.edu/~modelcheck/smv.html (дата обращения 20.02.12).

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM 2D/3D ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ СВОБОДНОЙ КОВКИ

Таупек И.М.
Научный руководитель: Алексеев П.Л., доц. к.т.н.
Электростальский политехнический институт, 144000, Россия, г. Электросталь, ул. Первомайская, 7
E-mail: wert8608@mail.ru

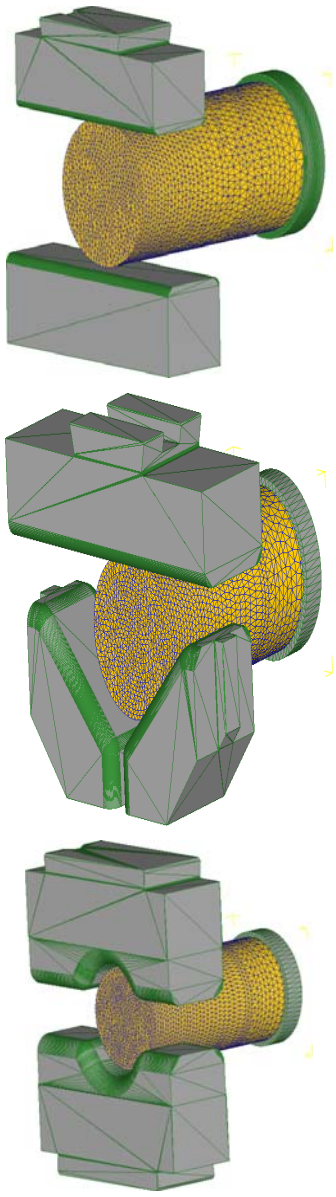
В настоящее время в исследованиях процессов ОМД большое внимание уделяется различным способам компьютерного моделирования, например, широкое распространение получил метод конечных элементов. Несмотря на относительно давнее изобретение и большие возможности, довольно долго применение данного метода было ограничено невысокой производительностью вычислительных машин. Для моделирования даже простых процессов ОМД требовалось длительное время. Однако быстрое развитие современных персональных компьютеров, произошедшее за последние 15 – 20 лет позволяет сегодня использовать программные комплексы, основанные на методе конечных элементов для исследований практически всего разнообразия процессов ОМД.

Как известно, ковка в различных типах бойков создаёт различные напряжённо-деформационные схемы [1]. Определить их для конкретных поковок с высокой точностью позволяет, например, метод полей линий скольжения. Однако для этого необходимо сначала отковать серию поковок, а потом, изучив полученные результаты сделать соответствующие выводы, например, о целесообразности применения различных типов бойков. Таким образом, на исследования может уйти длительное время и довольно много материальных средств, что в нынешних экономических условиях не всегда приемлемо. Альтернативой является первоначальное моделирование, позволяющее проверить множество теорий, с последующим воплощением наиболее подходящих уже в реальности.

В качестве примера возьмём моделирование в инженерном программном комплексе DEFORM 2D/3D. Выбор данного программного продукта обусловлен его широкими возможностями моделирования и анализа различных процессов ОМД, а также высокой точностью получаемых результатов.

Сначала в редакторе SolidWorks было создано три сборки моделей с использованием плоских, комбинированных и вырезных бойков, которые были совмещены в сборки моделей. Использование SolidWorks объясняется тем, что данный редактор позволяет напрямую сохранять результаты в понятный DEFORM формат STL. В принципе для создания моделей подходит любой трёхмерный редактор, необходима только последующая конвертация сборки моделей в вышеупомянутый формат STL.

Для облегчения дальнейшей обработки полученных данных использовалась одна и та же модель исходной заготовки. Далее сборки были импортированы в DEFORM, (рис. 1), где производилось разбитие заготовки на конечно-элементную сетку и задание реологической модели материала (в данном случае это сталь AISI-1060, аналог отечественной стали 60). После чего задавались граничные условия трения и теплообмена и производилось моделирование обжатия заготовки: путём перемещения верхнего бойка на заданное расстояние.



1) 2) 3)

1) – плоские бойки, 2) – комбинированные бойки, 3) – вырезные бойки

Рис. 1. Сборки моделей, после импортирования в DEFORM

Результаты моделирования в виде графического распределения главных напряжений представлены на рис. 2. Положительные значения соответствуют растягивающим напряжениям, отрицательные – сжимающим.

Для удобства отображения результатов был подобран соответствующий масштаб шкал значений и нанесены продольные и поперечные разрезы.

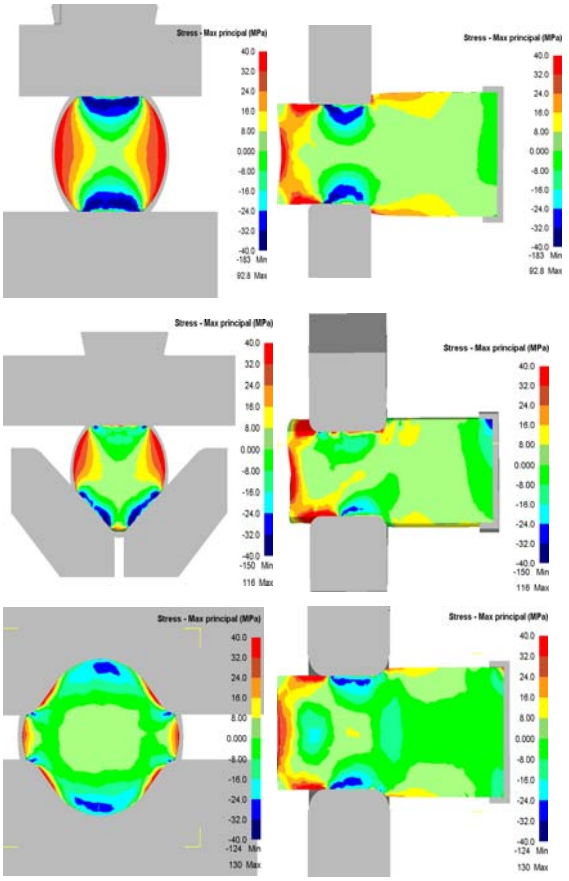


Рис. 2. Распределение главных напряжений

На основе результатов моделирования можно сделать вывод, что из трёх исследуемых типов бойков наиболее благоприятной схемой напряжённого состояния, содержащей наименьшее количество растягивающих напряжений, являются вырезные бойки. Это связано с тем, что вырезные бойки обеспечивают наибольший обхват заготовки при обжатии и тем самым равномерно распределяют усилия от обжатия. При использовании плоских бойков для ковки круглой заготовки в боковых и осевой частях возникают высокие (по сравнению с двумя остальными схемами) растягивающие напряжения, которые могут стать причиной образования дефектов. Полученные результаты полностью согласуются с литературными данными [1].

Как видно из данного примера комплекс DEFORM позволяет наглядно оценить различные параметры процессов ОМД, буквально заглянув внутрь процесса. Также следует отметить относительно небольшое время, затрачиваемое на моделирование большинства процессов, что позволяет произвести довольно большое количество исследований за сравнительно малый срок.

Библиографический список:

1. Технология кузнечно-штамповочного производства. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. Охрименко. Я.М. М., «Машиностроение», 1976, 560 с.
2. DEFORM 3D V. 10.1 System Documentation, Scientific Forming Technologies Corporation (SFTC), 2545 Farmers Drive Suite 200 Columbus, Ohio 43235.
3. Инжиниринговая компания ТЕСИС. DEFORM [Электронный ресурс] **http://www.tesis.com.ru/software/deform/** (дата обращения 25.01.2012).

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ FLASH В ВЕБ-ИНДУСТРИЮ

Терехин Д.Э., Наумова Е. А.
Научный руководитель: Пудалов М. Д.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: terdened@mail.ru

Введение:

Adobe Flash (ранее Macromedia Flash), или просто Flash (/flæʃ/, по-русски часто пишут флеш или флэш) — мультимедийная платформа компании Adobe для создания веб-приложений или мультимедийных презентаций. Flash позволяет создавать анимированные и интерактивные ролики, которые привлекают широкий спектр пользователей. В отличии от JavaScript, AJAX или jQuery, создание анимации во Flash, благодаря удобной среде разработки, происходит в считанные минуты. Flash активно используется при создании web приложений.

Виды применения:

- анимированные галереи;
- онлайн трансляции;
- аудио и видео проигрыватели;
- банеры;
- игры;
- 3D-панорамы;
- flash-сайты.

Добавление flash роликов на сайт – довольно частый пример использования flash в web- индустрии. Однако по настоящему поразительных результатов можно добиться, создавая flash-сайты. Имея мощный инструмент для создания сложной анимации и полное использование возможностей мультимедиа, они позволяют полностью погрузить пользователя в свою атмосферу. Так же большинство элементов дизайна у обычных сайтов выполнено с использованием растровых изображений, а во Flash существует возможность использовать векторные изображения, что существенно сокращает размер сайта.

Недостатки flash-сайтов:

Несмотря на все достоинства flash-сайтов, их доля во всемирной паутине очень мала. Это обусловлено рядом весомых недостатков. Первый из них – это высокая стоимость т.к. их создание очень трудоемко и для этого необходим опыт, как в программировании, так и в web-дизайне. Следующий недостаток это то, что flash является сторонним приложением. Для просмотра Flash требуется установка специального отдельного плагина. Многие компании не разрешают своим сотрудникам самостоятельно устанавливать приложения на свой компьютер, что автоматически отсекает огромную часть потенциальных клиентов у компаний, использующих Flash в своем сайте. Третьим недостатком flash-сайтов является плохая индексация поисковыми системами, что приводит к отсутствию хорошего рейтинга. Причиной этого является то, что когда вы создаете страницу целиком на flash, вы переводите все ваши ссылки и тексты в формат, не понимаемый поисковыми системами. Это все равно, что создать страницу, сделать её скриншот и поместить его вместо веб-страницы. Паук поисковой системы попросту не видит текст – он не поддается обработке. Конечно поисковые системы Google, имеют возможность индексировать flash-ролики, но они способны распознавать только заголовки.

Методы устранения недостатков:

Для устранения последней проблемы существуют различные методы. Первый метод – это создание двух версий сайта (одна во flash, вторая в html) и продвижение html-версии сайта. При этом html-версия должна полностью отображать flash-версию и иметь на нее ссылку (см. рис.1). Этот метод требует больших финансовых затрат, потому что создается два самостоятельных сайта.

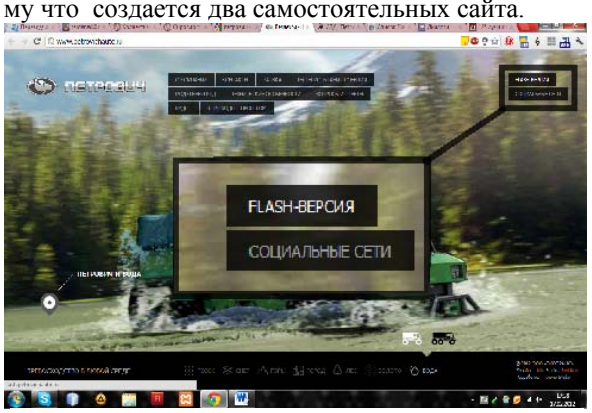


Рис.1Ссылка для перехода на flash-версию сайта.

Во втором методе предлагается разбить полный ролик всего сайта на отдельные страничные ролики. Создать все необходимые страницы и их адреса внести в ссылки внутри flash-роликов, чтобы получился сайт с меняющимися URL-адресами.

Теперь два варианта:

- Помимо роликов размещать и обычный текст в html и продвигать эти страницы (некрасиво, особенно если контент дублируется);
- Размещать две версии страницы по одному адресу. Если установлены cookie "по умолчанию", показывать html-версию. Если же пользователь сказал, что хочет видеть flash-версию, установить cookie, определяющие вывод только flash-версии.

Этот метод лишает flash сайта динамической загрузки контента. При этом пропадает возможность проигрывания анимации во время перехода на новую страницу сайта. Так же каждый раз полностью загружается ролик страницы, что значительно увеличивает время ожидания. По этой причине метод редко реализуется.

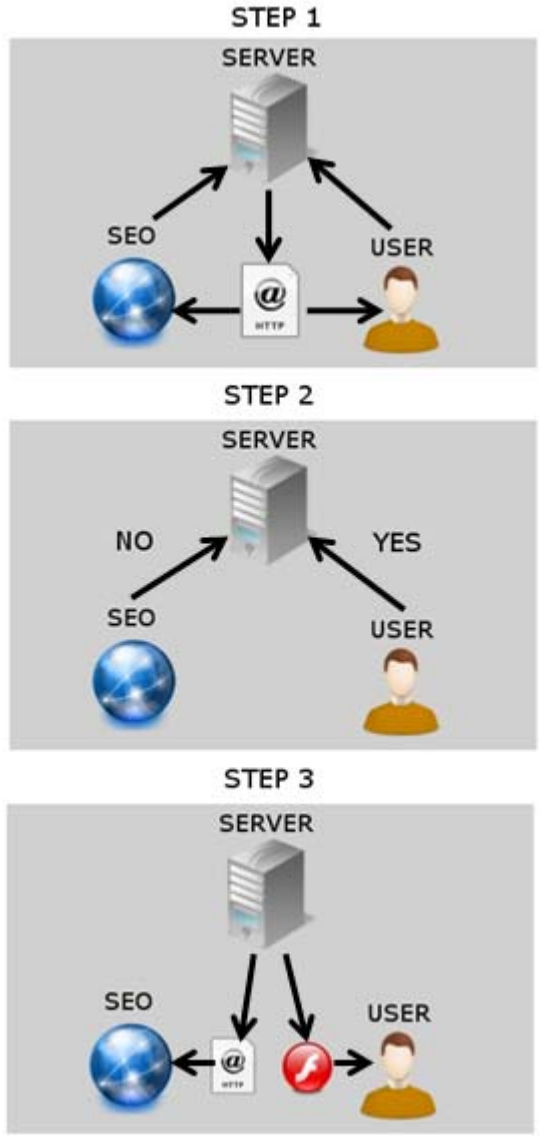


Рис. 2Проверка наличия flash-проигрывателя и возврат определённого представления.

В следующем методе, имеются два представления сайта. Одно flash другое html. Когда пользователь заходит на сайт, сервер присылает пользователю скрипт, который проверяет наличие flash-проигрывателя. Если он установлен, то клиент запрашивает flash-версию сайта, а если нет – то HTML-версию (см. рис.2). Так как в пауках поисковых систем не установлен Flash, им будет предоставлены HTML-страницы для индексации. Но стоит быть внимательными, контент flash-представления должен полностью соответствовать html-представлению, иначе существует риск быть «забаненым» или отмеченным как спам. Реализация этого метода до недавнего времени сталкивалась с проблемой динамического изменения адресной строки в браузере. Сайт не мог создать уникальный URL для каждой страницы. Это приводило к следующим проблемам:

- Отсутствие возможности поделится ссылками с другими пользователями;
- Отсутствие возможности добавить страницу сайта в закладки.

Однако с выходом пятой версии HTML эта проблема решилась. При использовании HTML5 API History, у программистов появилась возможность изменять значение адресной строки, а также управлять историей. На наш взгляд третий метод, полностью устраняет недостатки flash-сайтов и - предоставляет возможность создавать полноценные сайты с уникальным дизайном, без потери рейтинга в поисковых системах типа SEO/SEM.

Заключение:

На данный момент все проблемы, которые перечислены выше, являются актуальными. Проблема индексации решается: вице-президент компании FAST Тим Майер говорит: "Первоначальной целью создания поисковых машин было индексирование и работа с HTML-документами, но сейчас Интернет стал разнообразнее, и перед поисковиками встает важная задача - научиться работать с флэш и другими видами контента». Так же недавно Adobe Flash Player был интегрирован в Google Chrome, и теперь Flash Player является такой же естественной частью современного браузера, как HTML и Javascript. Конечно, это только начало большого пути, но этот путь открыт и предвещает новые перспективные возможности.

Список используемой литературы:

1. Flash Player теперь встроен в Google Chrome [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: http://actweb-ipartner.livejournal.com/
2. Как оптимизировать Flash-сайты [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: http://www.seo-study.ru/
3. Flash: преимущества и недостатки [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: http://dv-pro.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ВЕКТОРНЫХ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ

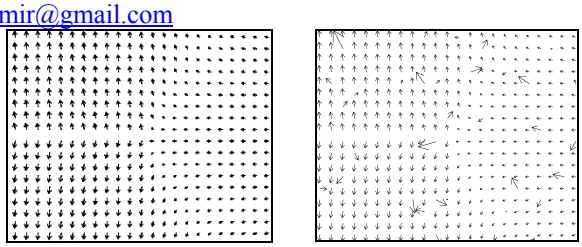
Титков В.В., Любутин П.С.
Научный руководитель: Панин С.В., д.т.н., доцент
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН,
634021, Россия, г. Томск, просп. Академический, 2/4
E-mail: titkov.vladimir@gmail.com

Оптико-телевизионный метод является одним из наиболее перспективных подходов для изучения процессов деформации и разрушения структурно-неоднородных материалов. В основе принципа его действия лежит построение векторов перемещений, основанное на определении оптического потока, с последующим расчетом компонент деформации, реализуемый с использованием процедуры численного дифференцирования [1, 2]. При обработке экспериментальных данных зачастую возникают ошибки в определении перемещении, связанные с наличием шумов на изображениях, низким качеством подготовки поверхности и т.п., что, в свою очередь, обуславливает появление ошибок в оценке деформации.

Решение указанной проблемы может быть получено несколькими способами, в частности, использование сложных алгоритмов построения векторных полей [1, 3], а также с привлечением методов их фильтрации. В данном направлении следует отметить работу [4], в которой проведено количественное сравнение нескольких алгоритмов фильтрации векторных полей.

В данной работе проводилось исследование нескольких методов фильтрации путем обработки модельных векторных полей с целью выявления фильтра, обеспечивающего максимальную ее эффективность. Численные эксперименты проводились при различных параметрах зашумления векторных полей, а оценка эффективности фильтрации проводилась путем анализа, как векторных полей, так и поле интенсивности деформаций сдвига (ИДС). Проведено испытание предложенного подхода путем фильтрации экспериментально полученных векторных полей с использованием параметров фильтрации, выявленных в процессе обработки модельных данных.

Одной из наиболее распространенных картин распределения деформации и разрушения при усталостных испытаниях является распространение трещины. Характер распределения векторов перемещений в процессе роста трещины является достаточно сложной для обработки, поскольку она характеризуется резким перепадом направления векторов в области трещины (рис. 1, а). В то же время, использование подобного векторного поля позволяет исследовать реакцию фильтров на разрыв в поле перемещении, а также плавное изменение направлений перемещений в остальных частях векторного поля. Использованная модель усталостной трещины описана в ранее опубликованной авторами работе [5].



а) б)

Рис 1. Примеры модельных векторных полей: а) исходное; б) зашумленное, $p_ш = 50\%$, $A_ш = 0.5$.

Построение векторного поля производится путем обработки оптических изображений поверхности материала, на которых неизбежно присутствуют шумы, которые, в свою очередь, «переносятся» и на векторное поле.

Данный шум может быть аппроксимирован распределением Гаусса. Существует несколько технических приемов моделирования этого распределения [6], в частности метод полярных координат, который был использован в настоящей работе. В основе метода лежит преобразования последовательности случайных чисел с равномерным распределением в последовательность чисел с нормальным распределением (распределением Гаусса). Для генерации последовательности случайных чисел с равномерным распределением использовался линейный конгруэнтный метод. Шум накладывается напрямую на векторное поле, отдельно на каждую составляющую вектора, с задаваемой вероятностью $p_ш$ появления шума и максимальной амплитудой шума $A_ш$

$$x_{ш_i} = \begin{cases} A_ш * N_i \text{ при } u_i \le p_ш \\ 0 \text{ при } u_i > p_ш \end{cases},$$

где N_i – последовательность чисел с нормальным распределением величин.

Единица (дискрет изменения) на шкале изменения шума принимается равной средней длине векторов по всему полю. Пример зашумленного векторного поля приведен
на рис. 1 б.

В работе [4] отмечено, что составляющие многомерных сигналов обычно коррелированны, а различные линейные и нелинейные алгоритмы [7; 8], используемые для фильтрации одномерных сигналов, не учитывают эту корреляцию. В [4] для фильтрации двумерных векторных данных проведено сопоставительное сравнение пяти векторных фильтров: медианного (МФ); скользящего среднего (ССФ); комбинированного 1-ого типа (КФ1); комбинированного 2-ого типа (КФ2); гибридного (ГФ). Показано, что комбинированные фильтры дают наилучшую эффективность фильтрации. Поскольку исходные данные в оптическом методе измерения деформации (DIC) также имеют векторный формат, авторы позволили себе воспользоваться описанными в работе [4]

методами и провести сравнительный анализ эффективности их использования при обработке векторных полей с целью измерения деформации.

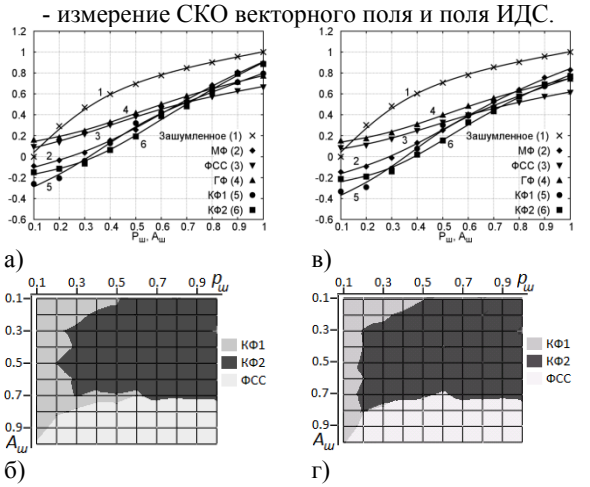
Оценка качества фильтрации проводилась по величине среднеквадратического отклонения (СКО) величин:

$$\text{СКО} = \frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{j=0}^{n-1}[I(i,j) - K(i,j)]^2,$$

где I, K – двумерный массив данных (например, поле ИДС).

Процедура проведения исследований с использованием модельных векторных полей представляет несколько этапов:

- моделирование векторного поля;
- моделирование и наложение шума на векторное поле;
- фильтрация векторного поля;
- измерение СКО векторного поля и поля ИДС.



а) в) б) г)

Рис. 2. Графики (а, в) и поля минимальных значений СКО (б, г), рассчитанные для полей векторов перемещений (а, б), полей ИДС (в, г);
при изменении параметров зашумления: : $p_ш$ от 0.1 до 1, $A_ш$ от 0.1 до 1, с шагом 0.1.

По рассчитанным значениям СКО построены поверхности минимальных значений СКО (рис. 2). Видно, что КФ2 имеет наименьшие значения СКО среди всех фильтров почти на всем диапазоне $p_ш$, $A_ш$, а, значит, в качестве более универсального фильтра для обработки экспериментальных данных предлагается использовать КФ2. Данное заключение согласуется с результатами исследований, описанными в работе [4].

Таблица 1. Результаты исследований экспериментального векторного поля

Поле	СКО	
	Векторное поле	Поле интенсивности деформации
Зашумленное	0.427	0.003459
МФ	0.124	0.000367
ФСС	0.117	0.000258
ГФ	0.113	0.000382
КФ1	0.110	0.000275
КФ2	0.104	0.000305

На основании проведенных расчетов, при обработке экспериментальных векторных полей, было выявлено два типа фильтра, обеспечивающих максимальную эффективность фильтрации: ФСС и КФ2 (см. табл. 1), что хорошо согласуется с результатами анализа модельных данных (см. рис. 3). Это позволяет в качестве более эффективного способа фильтрации рекомендовать КФ2 при получении оценки по векторному полю, либо ФСС при оценивании по полю интенсивности деформации сдвига.

Список литературы:

1.Sutton M. A., Cheng M. Q., Peters W. H., Chao Y. J. and McNeill S. R. Application of an optimized digital correlation method to planar deformation analysis. // Image and vision computing, Vol. 4, No. 3, 1986, pp. 143-151.

2.Панин С.В., Сырямкин В.И., Любутин П.С. Оценка деформации твердых тел по изображениям поверхности // Автометрия – 2005. – Т.41. – №2. – С. 44-58.

3.Панин С.В., Любутин П.С. Верификация метода оценки деформации на мезоуровне, основанного на построении полей векторов перемещений уча-стков поверхности
// Физическая мезомеханика – 2005. – Т.8. – №2. – С. 69-80.

4.Воскобойников Ю. Е., Белявцев В. Г. Нелинейные алгоритмы фильтрации векторных сигналов // Автометрия. 1999.
№5. С. 97.

5.Панин С.В., Любутин П.С. Верификация метода оценки деформации твердых тел, основанного на построении полей векторов перемещений участков поверхности. Физическая мезомеханика. 2005. –Т. 8. – №2. С. 69-80.

6.Кнут Д.Э. Искусство программирования: учебное пособие. М.: Вильямс, 2000.
Т. 2. 832 с.

7.Хуанг Т. С. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений. М.: Радио и связь, 1984.

8.Bovik A., Huang T., Munson D. A generalization median filtering using linear combinations of order statistics // IEEE Trans. Acoust, Speech, Signal Process. 1983. ASSP-31, N6. P. 1342.

САМОПОДСТРАИВАЮЩИЙСЯ РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ ГАЗОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Тутов И.А.
Научный руководитель: Михайлов В. В., к.т.н., с.н.с.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: tutovne@sibmail.com

Введение

В настоящее время в промышленности широко используются ПИД-регуляторы и их модификации. Свою популярность ПИД регулирование получило благодаря ясности функционирования, пригодности для решения большинства практических задач и низкой стоимости. Однако, в промышленности для достижения универсальности регулирования при изменении режима работы объекта (температуры окружающей среды, натяжения транспортировочной ленты и т.д.) применяют заниженные значения коэффициентов ПИД по сравнению с оптимальными. Это объясняется тем, что в современных условиях эксплуатации систем регулирования в составе АСУ ТП у инженера нет достаточного резерва времени для выполнения оптимальной настройки регулятора каждый раз при изменении режима работы объекта, а квалификация оператора недостаточна, чтобы заниматься такой настройкой.

В системах стабилизации давления в газопроводе также используются ПИД регуляторы. Свойства газа в значительной степени зависят от его температуры. Этот параметр в регуляторах не учитывается, что приводит к неоптимальности настроек регулятора и как следствие экономическим потерям. Это особенно актуально для газопроводов, эксплуатирующихся в условиях средней полосы России и Крайнего Севера, где годовой перепад температур может превышать 100°С.

Применение метода фазовой плоскости

Рассмотрим автоматизированную систему управления (АСУ) давлением газопроводной сети. Регулирование давления осуществляется типовым способом "стравливания" давления через задвижку с электроприводом на факел низкого давления.

Согласно уравнению уравнения Менделеева - Клапейрона для идеального газа:

$$\frac{pV}{T} = \nu R, \qquad (1)$$

Таким образом, для расхода (потока) данная формула преобразуется:

$$Q = \frac{dv}{dt} = \frac{dp}{dt} * \frac{V}{TR}, \qquad (2)$$

для удобства определим, $K \triangleq \frac{TR}{V}$.

Значит, для того чтобы давление в системе оставалось стабильным, необходимо выполнение уравнения

$$Q_{пр} - Q_{пв} - Q_{ф} = 0, \qquad (3)$$

где $Q_{пр}$ – суммарный дебит газа притока,

$Q_{пв}$ – суммарный расход газа потребителями,

$Q_{ф}$ – поток газа на ФНД.

Переходные процессы (ПП) в системе "задвижка-двигатель" происходят намного быстрее, чем время ПП газопроводной сети, поэтому ими можно пренебречь. Вязкостью газа, ввиду использования труб большого диаметра, можно также пренебречь. Управляющий контроллер может формировать только две дискретные команды "открыть задвижку" и "закрыть задвижку".

Представленные уравнения определяют модель трубопроводной сети.

$$\begin{cases} p(t) = K * \int_0^t (Q^* - Q_ф) dt; \\ Q_ф = k\varphi; \\ \varphi = k_{дв} \int_0^t \omega \, dt; \\ \omega = const. \end{cases} \qquad (4)$$

Для решения задачи стабилизации воспользуемся методом фазовых пространств. Переменными состояния выберем значение давления и положение заслонки (рис.1).

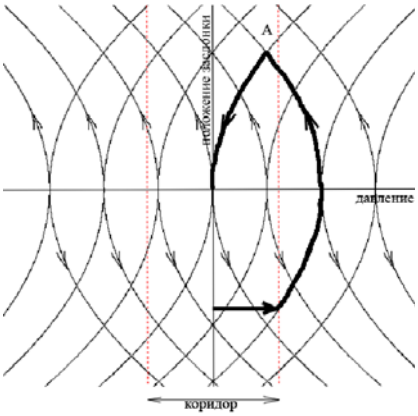


Рис. 1. Фазовый портрет системы

Для того чтобы система находилась в стабильном состоянии необходимо рассчитать конечное положение заслонки (φ_k), определяемое из условия выполнения равенства

$$Q^* = k\varphi_k. \qquad (5)$$

Теперь задача сводится к вычислению положения заслонки ($\varphi_п$) при достижении которого двигатель должен сменить направление вращения (точка А на рис. 1). Подставив уравнения системы (4) в первое уравнение системы и проинтегрировав, получим выражение

$$p_з = p_0 + K * \left[(Q^* - \varphi_0) t_1 - \frac{\omega t_1^2}{2} + (Q^* - \varphi_п) t_2 + \frac{\omega t_2^2}{2} \right], \qquad (6)$$

где $p_з$ – заданное давление в системе;

p_0 – давление на момент выхода из заданного коридора;

φ_0 – положение заслонки на момент выхода из коридора;

t_1 – время открытия заслонки;

t_2 – время закрытия заслонки;

ω – скорость вращения задвижки приводом.

Решив уравнение (6) совместно с

$$\begin{cases} t_1 = \frac{\varphi_n - \varphi_0}{\omega}; \\ t_2 = \frac{\varphi_k - \varphi_n}{\omega}; \end{cases} \quad (7)$$

находим значение φ_n.

Положение заслонки ограничено интервалом $(0^\circ - 90^\circ)$. В случае выхода фазовой траектории за этот интервал расчет производится с применением свойства симметрии фазовых траекторий при смене направления вращения. На практике интервал крайних положений задвижки для расчетов должен быть несколько меньше реальных.

Реализация регулятора

В приведённых расчетах работоспособность системы справедлива для идеального газа при фиксированной температуре, объеме и составе. Данные условия нереализуемы на производстве. Введем поправочный коэффициент ΔK, который согласно (2) объединяет все три величины. На основании этого рассмотрим следующее объединение

$$\begin{cases} p(t) = p_0 + K * Q\,t; \\ p^r(t) = p_0 + K^r * Q\,t; \\ \Delta K = K^r - K, \end{cases} \quad (8)$$

где $p(t)$ – расчетное давление в момент времени t при параметрах K;

$p^r(t)$ – фактическое измеренное давление;

p_0 – начальное значение давления;

K^r - новое отношение параметров.

Из (8) легко находим новое отношение параметров газа:

$$K^r = \frac{K(p^r(t) - p_0)}{p(t) - p_0}. \quad (9)$$

Таким образом, производится необходимая для расчетов корректировка отношения параметров газа. Работа системы стабилизации представлена на схематическом графике (рис. 2).

Рис. 2. Процесс стабилизации давления

Изначально система находится в статическом состоянии. В момент времени t_b один из структурных объектов перестает работать, например, отключился один из потребителей. Так как условие (3) не выполняется, давление в газопроводе начинает возрастать. В момент времени t_0 давление выходит за граничное значение заданного коридора. Система определяет возмущающее воздействие (Q^*), которое определяется по формуле:

$$Q^* = \frac{\sum_1^n \left((p_i - p_{i-1}) / (t_i - t_{i-1}) \right)}{n}. \quad (10)$$

Далее определяется конечное положение задвижки (5). Затем производится расчет времени (7) и его отсчет, либо расчет значения давления и положения задвижки, по достижении которых изменяется направление вращения или остановка привода. После окончания регулирования считывается текущее значение давления. В случае превышения допустимого отклонения текущего от расчетного значения давления пересчитывается значение коэффициента K (9), которое сохраняется и будет использовано для расчетов при следующем включении регулятора.

Регулятор, построенный на основе вышеприведённых расчетов, обеспечивает достаточно надежное управление давлением в широком диапазоне колебаний температуры и давления, изменении структуры трубопровода, изменении состава газа, экономит потребление электроэнергии и уменьшает износ механических частей.

Литература:

1. Rich Merritt Some Process Plants Are Out of Control // Control [Электронный ресурс]. URL: http://www.emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/74fcd417a68652afc3257657002306a3(дата обращения: 02.10.2011).
2. Денисенко В.В. ПИД_регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации. 2006.№ 4. С. 66_74; 2007. № 1. С. 78-88.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОНАСОСНОЙ СКВАЖИНЫ С НЕСТАЦИОНАРНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ

Федоров В.А., Кондратенко М.А., Фомин В.В.
Научный руководитель: Фомин В.В., к.т.н., доцент
Тюменский государственный нефтегазовый университет, ул. Володарского, 38, г.Тюмень, 625000, Россия
E-mail: gklas@mail.ru

Для достижения эффекта от рациональной эксплуатации установки электроцентробежных насосов (УЭЦН) на ряду с совершенствованием технологии использования гравийных фильтров, жидкостей глушения, проведения подземных ремонтов и т.д., а также развития технологий оптимального управления в режиме реального времени [1], требуется объединять этап проектирования и этап последующей эксплуатации в одну комплексную технологию управления и наблюдения за эксплуатационным фондом скважин, как изложено в работе [2] на примере периода вывода скважины на режим.

Данный подход соответствует концепции гибких автоматизированных технологий в нефтедобыче [2], развитие которой освещено в работах [1], где указано, что основой такой технологии являются агрегированные гидродинамические модели скважины с погружным оборудованием и алгоритмы настройки параметров постоянно-действующих эксплуатационных моделей.

В этой связи, в настоящей работе предлагается подход к проектированию скважинной системы (подбор типоразмера и глубины подвески погружного насоса) с возможным переходом на режим периодической эксплуатации.

Актуальной остается задача, связанная с выбором типоразмера погружной установки и глубины погружения, если динамика снижения продуктивности скважины оказывается выше динамики износа погружного оборудования. Поэтому, авторам видится актуальным следующее:

а) внести ясность в формирование формальных постановок оптимальных задач по выбору конструкции погружной установки в условиях деградации продуктивности скважины,

б) на вычислительном эксперименте проиллюстрировать варианты использования предложенной технологии.

Под техническим ресурсом понимают величину, связанную с периодом от начала эксплуатации до выхода оборудования из строя. В практике проектирования чаще используются многофакторные статистические модели, которые не позволяют применять их в условиях эксплуатации. В работе [1] предложена линейная модель ресурса адекватная режимам эксплуатации погружного оборудования, которая развивается для учета доминирующих факторов износа ресурса изоляции, механического ресурса насоса и двигателя.

В данной работе, при анализе выбора конструкции скважины в условиях «деградации» коэффициента продуктивности, ресурс погружной установки, с некоторой степенью приближения, будем исчислять суммарным объемом добычи до выхода установки на отказ

$$Q_n = \int_0^{T_n} q_n \cdot dt = q_n \cdot T_n, \qquad (1)$$

где q_n - номинальный расход для n-ого типоразмера, T_n - время наработки на отказ.

Известно, что с увеличением типоразмера погружной установки ($n \uparrow$) время наработки на отказ уменьшается ($T_n \downarrow$). Однако, в неноминальных условиях эксплуатации, ресурс расходуется интенсивнее, что сокращает суммарный объем добычи от:

$\eta_q \cdot |q_n - q(t)|$ -неноминальной производительности,

$\eta_\vartheta \cdot |1 - \vartheta_\omega|$ - введения регулировок,

$\eta_k \cdot (k - k_n)_+$ - количества сверхнормативных k_n повторных запусков. ($\eta_k > \eta_\vartheta$, η_q – настроечные параметры).

Тогда уточненная модель освоенного ресурса представима в виде:

$$Q(t) = \int_0^t q(\tau) \cdot d\tau + \eta_q \int_0^t |q_n - q(\tau)| \cdot d\tau + \ldots \qquad (2)$$

$$\ldots + \eta_\omega q_n \int_0^t |1 - \vartheta_\omega(\tau)| \cdot d\tau + \eta_k q_n (k(t) - k_n)_+$$

Условие работы отражается отношением

$$Q(t) < Q_n,$$

момент отказа T_Q соответствует равенству

$$Q(T_Q) = Q_n,$$

или согласно (2) можно записать следующее условие

$$\int_0^{T_Q} \left(q(\tau) + \eta_q |q_n - q(\tau)| + \eta_\omega q_n |1 - \vartheta_\omega(\tau)|\right) \cdot d\tau + \ldots \qquad (3)$$

$$\ldots + \eta_k q_n (k(T_Q) - k_n)_+ \begin{cases} < q_n \cdot T_n - \textit{работа}, \\ = q_n \cdot T_n - \textit{отказ}, \end{cases}$$

где $k(t)$ - количество повторных пусков (нормативно-допустимое количество - k_n пусков).

Воспользуемся гидродинамической моделью скважины с погружным насосом, рассмотренной в работе [1, 2], согласно технологической схеме, представленной на рис. 1-а, модель, описывающая изменения динамического уровня в скважине и давления в призабойной зоне имеет вид:

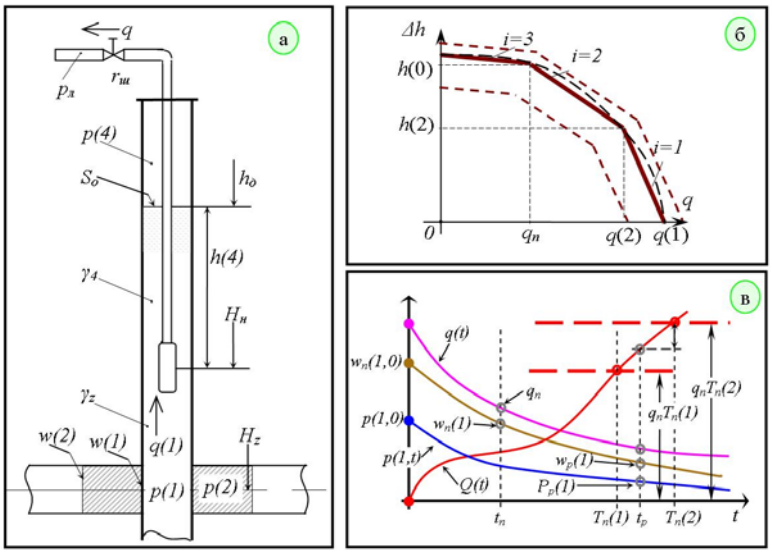


Рисунок 1 - Технологическая схема вертикальной скважины с погружным насосом – а, напорная характеристика насоса – б и комплексный схематический график динамики освоения ресурса погружной установки

$$\begin{cases} S_o \cdot \dfrac{dh(4,t)}{dt} = q(1,t) - q(t), \\ \tau_2 \cdot \dfrac{dp(2,t)}{dt} = w(2) \cdot \left(p_{пл} - p(2,t)\right) - q(1,t), \end{cases} \quad (4)$$

где S_o - площадь кольцевого сечения между обсадной колонной и насосно-компрессорной трубой ($м^2$); $h(4,t) = H_H - h_д(t)$, где H_H - глубина подвески насоса ($м$), $h_д(t)$ - динамический уровень в скважине ($м$); $p(2,t)$ - среднее давление в призабойной зоне пласта (ПЗП) ($МПа$); τ_2 - постоянная времени, отражающая упругоемкостные свойства ПЗП; $q(1,t)$ - приток жидкости из ПЗП в полость скважины ($м^3/сут$); $p_{пл}$ - среднее пластовое давление ($МПа$); $w(2)$ - гидропроводность между пластом и ПЗП ($м^3/(сут \cdot МПа)$); $q(t)$ - текущий расход центробежного насоса ($м^3/сут$).

Используя паспортную характеристику насоса в соответствие с рис. 1-б, модель насоса представим в виде кусочно-линейной функции

$$\Delta h = u \cdot \left(\vartheta_\omega^2 \cdot n \cdot [\lambda_0] - \vartheta_\omega \cdot [\lambda_1] \cdot q\right), \quad (5)$$

где Δh – напор, создаваемый насосом ($м$); u - функция управления насосом ($u = 1$ - насос включен, $u = 0$ - насос выключен); ϑ_ω - функция регулировки производительности насоса с помощью частотного преобразователя ($\vartheta_\omega \in [0.8; 1.2]$); $\left\langle \vartheta_\omega^2 \cdot n \cdot \Delta h(i),\ q(i)/\vartheta_\omega \cdot n \right\rangle$ - точки сопряжения графика кусочно-линейной аппроксимации напорной характеристики.

Для учета эффекта снижения продуктивности, введем в модель (4) дополнительное уравнение, которое отражает уменьшение продуктивности в зависимости от объема прокаченной жидкости

$$V_1 \frac{dw(1,t)}{dt} = -q(1,t), \quad (6)$$

где V_1 - объем фильтруемой зоны ПЗП ($м^3$); $w(1,t)$ - гидропроводность перехода «ПЗП-скважина» с начальным условием $w(1,0)$.

В заключение, следует отметить, что поставлена формальная задача оптимального выбора конструкции погружной установки (типоразмер, глубина спуска) в условиях деградации продуктивности скважины после ГРП. Задача проектирования существенно видоизменяется, когда параметры притока в процессе эксплуатации эволюционируют, как правило, в «худшую» сторону. Данное обстоятельство требует расширение допускаемых эксплуатационных режимов за счет периодической откачки, но с учетом динамики освоения остаточного ресурса.

Список литературы:

1. Соловьев И.Г., Фомин В.В. Вопросы конструирования и управления скважинами с УЭЦН при освоении // НТЖ Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005. - №8. - С.15-19.

2. Соловьев И.Г. Концептуальные основы и системные принципы управления гибкими автоматизированными технологиями нефтедобычи // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. - №5. - С.62-69.

СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ОБЪЕКТА С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ РАЗЛИЧНЫМИ АЛГОРИТМАМИ УПРАВЛЕНИЯ

Филиппов М.М., Бабушкин Ю.В., Грибенюков А.И.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3
*Томский политехнический университет, 634034, Россия, г. Томск, ул. Советская, 84/3
E-mail: imces@yandex.ru

В современной теории автоматического регулирования все большее внимание уделяется проблемам управления объектами с распределенными параметрами (ОРП). К настоящему времени получены теоретические результаты, позволяющие решать конкретные задачи оптимального управления в различных областях [1].

Интерес представляет сравнение возможностей систем регулирования на основе различных алгоритмов управления при стабилизации температурного поля на примере несложного ОРП. В качестве объекта управления рассматривается модель стального стержня длиной L и радиусом R, оснащенного резистивными нагревательными элементами H_1–H_N (рис. 1). Нагреватели предназначены для формирования заданного распределения температур по длине стержня. Управление тепловой мощностью, выделяемой на каждом из нагревателей, осуществляется регулятором на основании сигналов от соответствующих датчиков температуры $ДТ_1$–$ДТ_N$.

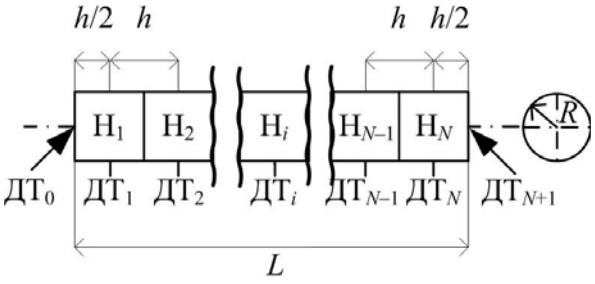


Рис. 1. Схема объекта управления. h – расстояние между соседними нагревателями

Математическое описание модели стержня состоит из совокупности дифференциального уравнения теплопроводности, граничных и начального условий

$$c\rho\frac{\partial T(x,t)}{\partial t}=\lambda\frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2}-\frac{2\alpha^{б}}{R}T(x,t)+f\left(u(x,t)\right),$$

где $f\left(u(x,t)\right)=\frac{2\alpha^{б}}{R}T^{ОС}+q^{V}u(x,t)$, $0<x<L$, $t>0$,

$$\lambda\frac{\partial T(0,t)}{\partial x}=\alpha^{т(x=0)}\left(T(0,t)-T^{ОС(x=0)}\right),\ t>0,$$

$$-\lambda\frac{\partial T(L,t)}{\partial x}=\alpha^{т(x=L)}\left(T(L,t)-T^{ОС(x=L)}\right),\ t>0,$$

$$T(x,0)=T^{ОС},\ 0\le x\le L,$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); ρ – плотность, кг/м^3; $\alpha^{б}$, $\alpha^{т}$ – коэффициенты теплоотдачи боковой и торцевых поверхностей, Вт/(м^2·К); q^V – максимальные удельные тепловые мощности нагревателей, Вт/м^3; $u(x,t)=(0–1)$ – управляющее воздействие на нагреватели; T, $T^{ОС}$ – температуры объекта и окружающей среды, К; t – время, с.

Целью работы является оценка возможностей формирования и стабилизации заданного неизотермического распределения температуры ОРП с помощью многоканальных систем управления на основе ПИД–закона регулирования (ПИД) [2], оптимального управления с полной обратной связью по состоянию (ОУ) [3] и модального управления (МУ) [4].

Структурные схемы рассматриваемых систем управления представлены на рис. 2–4. Детали разработки и реализации систем, оценки и расчета коэффициентов, характеризующих тепловое взаимодействие между соседними секциями стержня, влияние нагревательного элемента и температуры окружающей среды приведены в работах [2–4] для ПИД, ОУ и МУ систем соответственно. Схемы реализованы в ППП Matlab Simulink (ОУ, ПИД) и Matlab (МУ).

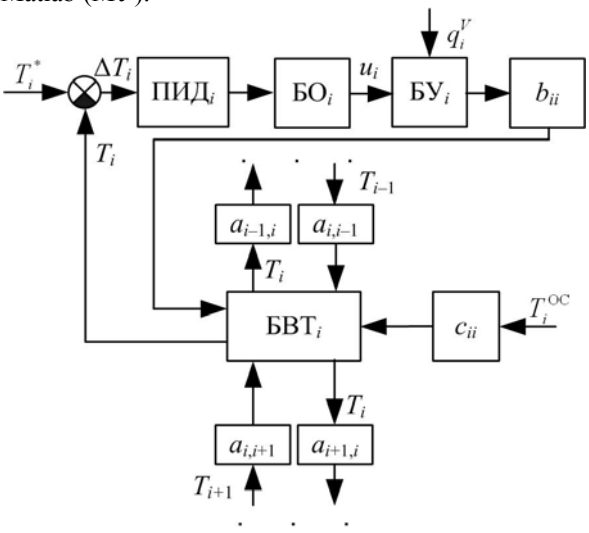


Рис. 2. Фрагмент структурной схемы системы управления на основе ПИД–закона регулирования. T* – заданное значение температуры; ΔT – рассогласование температуры; БУ – блок умножения; БО – блок ограничения; БВТ – блок вычисления температуры; a_{ij}, b_{ii}, c_{ii} – коэффициенты

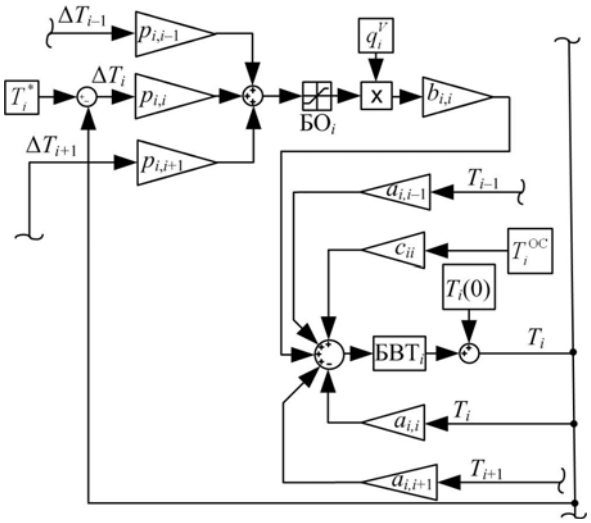


Рис. 3. Фрагмент структурной схемы ОУ. БВТ – блок вычисления температуры; p_{ij} – коэффициенты регуляторов

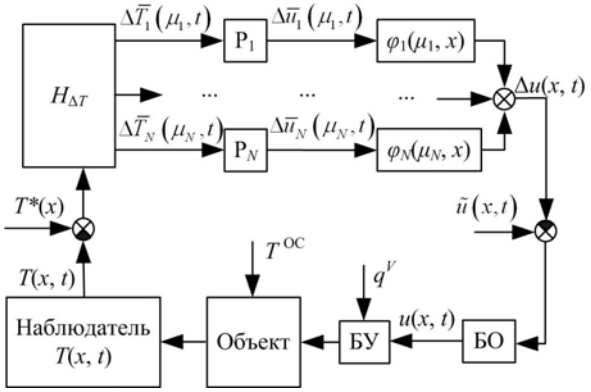


Рис. 4. Система МУ. $H_{\Delta T}$ – анализатор гармоник; P_1–P_N – регуляторы мод

В табл. 1 приведены результаты расчетов по формированию стационарного распределения температуры T^* стержня состоящего из семи секций, в табл. 2 представлены значения тепловых мощностей нагревателей, необходимых для реализации T^*. Время установления стационарного состояния принято равным 1000 с.

Таблица 1. Уставки регуляторов и показания температур при реализации заданного распределения температуры, К

Номер регулятора	T_i^*	ОУ	МУ	ПИД
1	353,00	352,95	353,08	353,05
2	353,00	352,96	353,11	353,05
3	353,00	352,99	353,11	353,07
4	363,00	362,96	363,05	363,08
5	373,00	372,93	373,05	373,10
6	373,00	372,95	373,07	373,10
7	373,00	372,93	373,02	373,10

Результаты расчетов показывают, что системы регулирования на основе рассматриваемых законов управления обеспечивают примерно одинаковый уровень точности. Средняя относительная ошибка регулирования: ОУ – 0,05; МУ – 0,07; ПИД – 0,08 К. Максимальная ошибка регулирования: ОУ – 0,07; МУ – 0,11; ПИД – 0,1 К.

Таблица 2. Распределения потребляемой мощности нагревателей, Вт

Номер регулятора	ОУ	МУ	ПИД
1	1,991	2,022	2,001
2	1,511	1,518	1,501
3	0,536	0,558	0,592
4	1,754	1,758	1,751
5	2,976	2,980	2,975
6	2,018	2,024	2,004
7	2,653	2,693	2,670

Распределения мощностей нагревателей различаются, но характер распределений одинаков. Наибольшие значения мощностей имеют нагреватели H_1, H_7, так как они компенсируют теплоотдачу в окружающую среду с торцевых поверхностей стержня. Расчетные данные показывают пониженное потребление тепловой мощности третьего нагревателя. Это вызвано нагревом третьей секции от четвертой, температура которой выше. Компенсация оттока тепла из пятой секции в четвертую приводит к повышению потребляемой мощности H_5.

Следует отметить, что системы ОУ и МУ сложнее при реализации, и хотя для рассматриваемого объекта управления они показали точность сравнимую с ПИД законом регулирования, для других объектов результаты могут измениться.

Литература:

1. Рапопорт Э.Я. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами. – М.: Высшая школа, 2009. – 677 с.

2. Филиппов М.М., Гинсар В.Е., Шуваева Ю.В., Бабушкин Ю.В. Сравнительная характеристика алгоритмов управления температурным полем объекта с распределенными параметрами // Автоматизация и управление технологическими и производственными процессами: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Уфа, 17–18 мая 2011. – Уфа: УГАТУ, 2011. – С. 175–181.

3. Филиппов М.М., Грибенюков А.И., Кочегуров В.А., Бабушкин Ю.В. Оптимальная стабилизация температурного поля распределенного объекта // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 4. – С. 21–26.

4. Филиппов М.М., Грибенюков А.И., Бабушкин Ю.В., Кочегуров В.А. Модальное управление температурным полем распределенного объекта // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 4. – С. 26–28.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПЕРСОНАЛА «РЕСУРС»

Хадкевич О.В., Яблокова С.А.
Научный руководитель: Тунда Е.А.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Olja@vtomske.ru

Существует неоспоримый факт, что ключевым фактором успеха организации являются ее сотрудники. Именно персонал, его мотивация, его участие в повседневной работе фирмы является тем модификатором, который либо многократно усиливает имеющиеся ресурсы, либо может превратить в ничто самые смелые планы и многомиллиардные инвестиции. На данный момент необходимо придерживаться такой системы оценки персонала, которая будет надежна и валидна, исключит субъективные факторы оценки, будет занимать немного времени и экономически не будет слишком затратной. На сегодняшний день этим требованиям отвечают многие компьютерные диагностические системы оценки персонала.

Цель данной работы – информирование о системе психодиагностики, успешно используемой на предприятиях, имеющей привлекательные особенности для сотрудника и руководителя.

Самыми популярными программными продуктами для оценки персонала являются следующие системы психодиагностики: «Психологический портрет», «СМОЛ-Эксперт», ТЕСТАН, «НОРТ», «Ресурс». Эти программы достаточно валидны и надежны. Экспертная диагностическая система «Ресурс» разработана высококвалифицированными томскими специалистами, стоимость её на рынке доступна покупателю.

Основными особенностями программы системы «Ресурс» являются:

1. В системе реализован гибкий механизм тестирования: в процессе обследования осуществляется мониторинг текущих данных и корректировка последовательности заданий и состава батареи тестов.
2. Анализ результатов обследования проводится в комплексе по нескольким тестам со взаимным подтверждением и сравнением значений различных методик, что обеспечивает максимальную точность и надежность итогового заключения.
3. Используется многокритериальный механизм оценки профпригодности и психологической предрасположенности к выполнению определенных служебных заданий.
4. Программы подготовки и статического анализа позволяют создавать и адаптировать тестовые методики в рекордно короткие сроки.

Оценка с помощью системы «Ресурс» проводится на каждом этапе работы с персоналом:

1. Подбор кандидата на вакантную должность. Оценка необходима для установления соответствия умений и навыков кандидата. Предположим, что есть несколько кандидатов на вакантную позицию. Образование, опыт кандидатов примерно одинаковы, на собеседовании оба кандидата произвели на руководителя хорошее впечатление. В данной ситуации система «Ресурс» помогает сделать оптимальный выбор путем определения диагностических параметров, важных для должности. Также тестирование на «Ресурсе» будет являться основой планирования обучения сотрудника, т.е. будут выявлены слабые стороны сотрудника, которые будут корректироваться в процессе обучения.
2. Дополнительная оценка уровня соответствия сотрудника занимаемой должности и уровня его адаптации в компании в ходе прохождения кандидатом испытательного срока.
3. Использование системы в ходе выполнения текущей деятельности. На данном этапе оценка направлена на уточнение плана профессионального и карьерного роста сотрудника, принятие решений о премировании, пересмотре заработной платы и др.
4. Планирование программ обучения сотрудников в соответствии с целями компании. Оценка направлена на определение текущих знаний сотрудника и потребности в его обучении.
5. Формирование кадрового резерва, оценка профессионального и личностного потенциала сотрудника.

Таким образом, «Ресурс» подсказывает в каких сферах профессиональной деятельности у сотрудника «слабые места», которые необходимо подкорректировать, составить программу обучения и развития сотрудника. Главное – есть возможность оценить потенциал сотрудника.

Рассмотрим подробнее принцип работы «Ресурса» и выходные документы, которые получаются после прохождения тестирования.

В основе оценки персонала лежит несколько методик, с помощью которых возможно:

- определить, к какому типу (складу характера и направленности) относится человек;
- определить уровень субъективного контроля (видит ли человек связь между событиями, происходящими в его жизни и его действиями, осознает ли он свою ответственность за все происходящее);
- определить уровень и структуру его интеллекта.

В данной диагностической системе используются следующие психологические тесты:

1. Типологический тест «Myers-Briggs Test Inventory» (адаптирован), соционика.
2. Типологический тест Б.Тигера, соционика.
3. Тест профессиональных предпочтений Дж.Холланда/А.Сукамяги (адаптирован).
4. Тест «Уровень субъективного контроля» Дж.Роттера.
5. Тест «Структура интеллекта» Р.Амтхауэра (8 субтестов).
6. «Тест общих способностей» (2 субтеста).
7. Тест поведения в конфликтных ситуациях Р.Томаса.
8. Психогеометрический тест С.Деллингер.

При этом важнее даже не конкретные тесты, а алгоритм интеграции их результатов, который заложен в системе «Ресурс». Оценивание человека происходит с трех точек зрения:

- тип личности (в основе диагностики лежат теории, которые при соотношении друг с другом создают достаточно уникальный образ человека);
- интеллект, который «окрашивает» тип личности, позволяя ему мыслить с различной широтой охвата и действовать на различных уровнях (оценивается двумя тестами);
- позиция, которая показывает уровень личной осознанности человека за события в его жизни.

По результатам исследования формируются развернутые психологические характеристики, содержащие оценку профессионально важных индивидуальных качеств и особенностей личности, оценку менеджерского потенциала, определяющего успех в различных сферах деятельности.

Выходные документы по результатам работы в системе «Ресурс»:

- индивидуальная карточка с количественными показателями тестирования;
- интегративный психологический портрет на основании результатов тестов;
- статистические таблицы и графики по требуемым параметрам;
- оценка менеджерского потенциала.

Отметим, что данная программа системы «Ресурс» уже давно используется в работе отделов по персоналу в организациях Томской области «Сибирская Аграрная Группа», Сибирский Химический Комбинат, «Востокгазпром», НИПИнефть.

Для руководителя предприятия известна польза оценки персонала организации. С использованием экспертной диагностической системы «Ресурс» данная процедура не является бесполезной или формальной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Базаров Т. Технология центров оценки персонала: процессы и результаты. – М: Кнорус, 2011. – 301с/
2. Фартвенглер Д. Аттестация персонала. 10- минутный тренинг для менеджеров. М.: Олимп Бизнес, 2010. – 224 с.
3. Шмидт В.Р. Проблемы и технологии оценки персонала. – М.: Гаятри, 2008. – 160 с.

АЛГОРИТМ NCP ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА В ИСХОДНЫХ КОДАХ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКАХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

Хаустов П.А.
Научный руководитель: Кацман Ю.Я., к.т.н., с.н.с.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: eXceibot@sibmail.com

Введение

В ходе учебного процесса и научной работы студенты создают огромное число программ на различных языках программирования. Вместе с ростом количества написанных программ наблюдается и рост объема плагиата в их исходных кодах. Обнаружение плагиата в таком случае становится более трудной задачей, нежели аналогичная задача для обычных текстов, так как выполнение индивидуальных или лабораторных задач по программированию предусматривает конечное число алгоритмов и естественна схожесть программ даже при отсутствии плагиата. Исходные коды обладают собственной спецификой, ведь добавление в код комментариев или изменение имен переменных не является изменением кода программы, однако является существенным изменением его текстового представления. В связи с этим возникает проблема обнаружения случаев плагиата именно исходных кодов программ, которая достаточно актуальна для образовательного процесса и по сей день. **Предложенные пути решения проблемы**

В литературе описано много способов сравнения исходных кодов программ. Некоторые из них отличаются высоким быстродействием, но являются методами, способными выявить лишь очевидные случаи плагиата. Некоторые алгоритмы обладают менее высоким быстродействием, но дают более точную оценку. Такие алгоритмы, как правило, используют лексемы, как атомарные единицы представления исходного кода программы и опираются на алгоритмы, схожие с алгоритмами решения аналогичной задачи для текстовых данных. Однако эти алгоритмы так же вынуждены оперировать приближенными или статистическими величинами, использовать различные хэш-функции, что сказывается на точности оценки схожести двух исходных кодов. Необходимость использования приближенных или статистических величин, а также значений хэш-функций обусловлена стремлением обеспечить алгоритму приемлемое быстродействие при работе с большими объемами исходных кодов программ. Альтернативой такому подходу является использование сложных структур и абстрактных типов данных, таких как trie-деревья, красно-черные деревья и бинарные кучи [1]. Их использование приводит к увеличенному потреблению памяти, но сохранению приемлемого быстродействия. Такие подходы позволяют избавиться от приближенных алгоритмов, что позволяет провести более точный анализ каждого из исходных кодов и более точно определить степень схожести программ. Ранее был предложен алгоритм сравнения исходных кодов с использованием trie-дерева [2], который обладает высоким быстродействием и невысоким потреблением памяти. Данный алгоритм использует представление одного из исходных кодов в виде последовательности лексем. Для удобства анализа и индексирования исходного кода, лексемы хранятся в trie-дереве. Каждый оператор хранится в дереве с учетом всех предшествующих ему уровней вложенности, представленный как последовательность лексем. Каждый оператор исходного кода сравниваемой программы так же рассматривается с учетом всех предшествующих уровней вложенности для поиска в trie-дереве первого кода. Для поиска по дереву в предложенном алгоритме используются динамические массивы и бинарный поиск. В ходе работы предложенного алгоритма поиск каждого из операторов исходного кода сравниваемой программы кода в trie-дереве осуществляется с помощью последовательного перехода по соответствующим ребрам дерева. В случае если ребро с текущей меткой в дереве не найдено, то считается, что оператор найден частично. Степень вхождения конкретного оператора в дерево определяется зависимостью отношения количества пройденных ребер к количеству ребер, которое было бы пройдено, если бы абсолютно идентичный данному оператор существовал в другом исходном коде. Такой алгоритм был использован в полноценной антиплагиат системе и был протестирован на исходных кодах программ студентов второго курса Томского политехнического университета. В ходе эксплуатации был выявлен серьезный недостаток предложенного алгоритма. Для операторов с большим количеством уровней вложенности несущественное изменение последовательности лексем внутри одного из внешних уровней вложенности приводит к неверной оценке степени вхождения всего оператора в исходный код программы. Примером такого изменения может послужить добавление лишних скобок в предикате условного оператора или замена числовой константы на переменную. Изменения такого рода могут быть совершены с целью, отличной от обфускации кода. Это может привести к неверной оценке степени схожести программ в реальных условиях. В связи с этим возникает необходимость в алгоритме, способном учитывать незначительные изменения в последовательности лексем на различных уровнях вложенности, обладающем сравнимым быстродействием и потреблением памяти.

Предложенный алгоритм

Для решения выявленной проблемы был разработан принципиально новый алгоритм. Для анализа исходного кода программы было решено так же

использовать представление исходного кода в виде последовательности лексем. Для хранения структуры кода можно использовать trie-дерево, но в вершинах дерева хранить не отдельные лексемы, а целые уровни вложенности, представленные в виде последовательности лексем. Теперь для вершин данного дерева можно определить операцию вычисления степени схожести. Операция определения степени схожести осуществляется с помощью вычисления расстояния Левенштейна D_L [3]. Пусть длина первой строки L_1, а длина второй строки L_2, тогда степень схожести этих двух строк равняется:

$$Sim = e^{-4 \cdot \frac{D_L^2}{L_1 \cdot L_2}}$$

При таком способе представления исходного кода поиск оператора в дереве удобно осуществлять по уровням вложенности, которые в дереве соответствуют ярусам. Таким образом, имеет смысл рассматривать дерево по ярусам, начиная от самого внешнего, который представлен вершиной, соединенной с корнем дерева, и заканчивая самым удаленным от корня. Для оператора одного из исходных кодов, степень вхождения которого в сравниваемый исходный код мы хотим определить, известно содержимое каждого из уровней вложенности. Таким образом, можно представить оператор исходного кода, как ветку аналогичного trie-дерева. На каждом из ярусов trie-дерева можно перебрать все вершины V и определить степень схожести Sim_V с соответствующей вершиной ветки текущего оператора. Для получения итоговой степени схожести этого оператора с частью ветки trie-дерева до заданной вершины V нужно умножить степень схожести Sim_V на итоговую степень схожести предка вершины V. Таким образом, если ветка сравниваемого оператора состоит из H вершин, то из всех листьев на ярусе глубины H необходимо выбрать лист V_{MAX} с наибольшей итоговой степенью схожести. Итоговая степень вхождения оператора в исходный код и будет равна итоговой степени схожести вершины V_{MAX}. Если ярус глубины H не содержит листьев, то степень вхождения текущего оператора полагается равной нулю.

Предложенный алгоритм является результатом существенной модификации алгоритма, использованного в системе «NoCrib» [2] и получил название NCP (от англ. NoCrib Plus).

Плюсом данного алгоритма является достаточно высокое быстродействие за счет использования абстрактного типа данных trie-дерева и осуществления поиска ребра для перехода с использованием алгоритма бинарного поиска. Не менее важным достоинством предложенного алгоритма является несущественное потребление памяти – trie-дерево является структурой, не требовательной к большому объему памяти.

Недостатком такого алгоритма можно считать невозможность отследить порядок и последовательность выполнения операторов в исходном коде – при построении дерева информация о порядке следования операторов игнорируется. Для алгоритма NCP важен факт наличия того или иного оператора в дереве, а не его положение относительно других операторов в исходном коде. Алгоритм также не эффективен при использовании разворачивания циклов, однако такой способ видоизменения кода может быть без особого труда замечен экспертом или преподавателем, который использует данный алгоритм.

Список литературы:

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ / Т.Кормен - М.: Издательский дом «Вильямс», 2011. - 1293 с.
2. Хаустов П.А., Кацман Ю.Я. Система обнаружения использования чужого программного кода "NoCrib" [Электронный ресурс]/ П.А.Хаустов - Режим доступа: http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/72/119. Дата обращения: 17.02.2012
3. Левенштейн В.И. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов: Доклады Академий Наук СССР / В.И. Левенштейн – М.: Проспект, 2009. - 861 с.

АЛГОРИТМ ДЛЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕМАНТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Хоанг Ван Кует
Научный руководитель: Тузовский А.Ф, д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: student8050@sibmail.com

Введение

Семантические информационные системы (СИС) обладают способностью анализировать, интегрировать данные и выполнять над ними логические операции. Одной из важнейших задач при разработке СИС является безопасность работы семантических баз данных. В то время, для поддержки обеспечения работы с базой данных существует метод по произвольной безопасности. При произвольной безопасности все данные в базе данных будут безопасными, но иногда какая-то часть данных нужна для использования в каких–то операциях, к которым у пользователей нет доступа. Поэтому произвольная безопасность не обладает гибкостью.

Для повышения безопасности семантических баз данных безопасность должна выполняться на всех уровнях прав использования данных пользователями. Тогда каждый пользователь будет получать собственные права доступа к конкретным частям базы данных. Для этого, необходимо осуществляется многоуровневая безопасность данных. Цель этой стати является построением алгоритма многоуровневой безопасности семантических данных.

Многоуровневая безопасность базы данных

Многоуровневое безопасное управление данными включает в себя многоуровневую безопасность политики, многоуровневую модель данных и многоуровневую базу данных управления функциями [2].

Доступ к данным пользователям будет предоставлен в зависимости от оформления уровня их прав и уровня чувствительности данных [3]. Данные могут быть указаны в разных уровнях классификаций, таких как: неклассифицированных, конфиденциальных, секретных и сверхсекретных.

К неклассифицированному уровню все пользователя имеют доступ, но к конфиденциальному уровню не все пользователя имеют права доступа. К секретному и сверхсекретному уровням только некоторые пользователи имеют доступ. Они также имеют разные права доступа к данным, находящимся в конфиденциальной, секретной и сверхсекретной уровнях. Они могут читать, писать, изменить и выполнить какие-то операции с данными.

Алгоритм работы подпрограммы обеспечения работы с онтологическими данными

На рис. 1 приведён алгоритм работы подпрограммы поддержки работы с онтологическими данными с помощью использования многоуровневой безопасности.

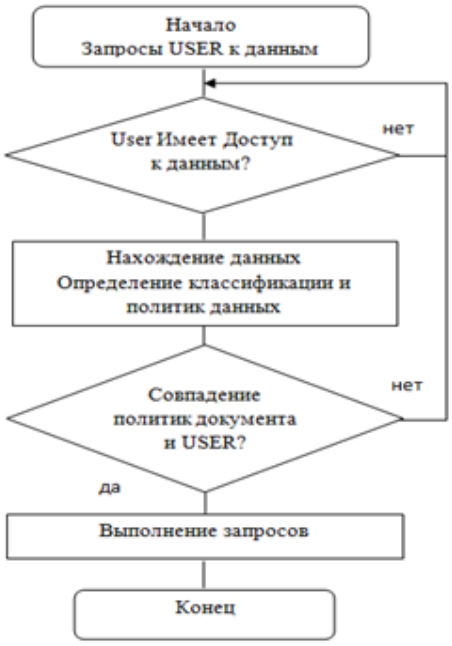


Рис. 1. Алгоритм работы подпрограммы поддержки работы с онтологическими данными с помощью использования многоуровневой безопасности

По этому алгоритму неавторизованный пользователь не имеет права доступа к онтологическим данным. Авторизованный пользователь имеет доступ к онтологическим данным. В зависимости от должности пользователей их право доступа к данным является разным: одни могут только читать данные, а другие - изменять, добавлять и удалять данные.

Если пользователь отправляет запросы к данным, имея право доступа к ним, то подпрограмма будет выполнять последовательные операции, такие как: поиск данных, определение классификации политик данных. Если у пользователя отсутствует право доступа к данным, то он не может отправлять запросы к данным. После выполнения последовательных операций, подпрограмма проверяет соответствие между классификациями политик частей данных и прав пользователей на чтение, изменение данных. Если они совпадают, то запрос выполняется, если нет, то пользователь должен отправить другой запрос к данным.

Многоуровневая безопасность эффективнее, чем произвольная безопасность, так как она позволяет определять права пользователей по доступу к различным частям БД, вплоть до конкрет-

ного элемента. При этом имеется возможность не только предоставить доступ тому или иному пользователю, но и указать разрешенный тип доступа: что именно может делать конкретный пользователь с конкретными данными (читать, модифицировать, удалять и т.д.).

Многоуровневая безопасность RDF и OWL документов

Для выполнения многоуровневой безопасности доступа к RDF документам необходимо решить следующие задачи:

1. Классифицировать RDF данные во всех документах или только в некоторых частях [4].
2. Определить политику безопасности для прав доступа пользователей к RDF документам и их частям.
3. Применить политики безопасности в схеме RDF данных [5].
4. Обеспечить многоуровневую безопасность к запросам на изменения и процесса обмена данными для баз RDF данных.
5. Обеспечить логический результат, получаемый пользователем на выходе, совершенно точным и обладающим полной структурой RDF представления: субъект - свойства - объекты.

Для выполнения многоуровневой безопасности OWL- документов необходимо решить все вышеперечисленные задачи для обеспечения безопасности RDF- документов, а также выполнить дополнительные задачи:

1. Использовать особенности RDF- схемы в OWL- языке для определения многоуровневой политики. Например, элементы: `rdfs:domain`, `rdfs:range` можно использовать для определения домена и диапазона данных, к которым пользователи имеют доступ.
2. Использовать характеристики свойств OWL- языка для определения прав доступ пользователей к данным, а также классификацию уровней политики данных. Например, для указания прав доступа пользователей можно использовать: симметричное свойство (`symmetricProperty`), обратно-функциональное свойство (`inverseFunctionalProperty`), транзитивное свойство (`transitiveProperty`).
3. Использовать ограничения свойств в языке OWL для определения права доступ пользователей к разным частям данных, например: `allValuesFrom`, `someValuesFrom`.
4. Использовать ограниченные кардинальности в языке OWL для указания количества классов пользователей, имеющих доступ к конкретным данным, например: `maxCardinality`, `cardinality` `minCardinality`. Если минимальная кардинальность `minCardinality=1`, то любой представитель этого класса будет связан по этому свойству по крайней мере с одним индивидом пользователей.

Заключение

Многоуровневая безопасность семантических данных позволяет проверять права доступа каждого пользователя и четко определить, какие части данных могут быть доступны разным группам пользователей. Пользователи могут читать, заносить и изменять данные. Одни и те же данные могут являться доступными для одних пользователей, но секретными для других пользователей. Благодаря разделению данных на разных уровнях доступа, степень обеспечения данных увеличивается, а это означает, что данные становятся более безопасными.

В данной статье показан алгоритм многоуровневой безопасности семантических данных, определены основные задачи для решения поставленной проблемы с помощью языков RDF и OWL.

Литература:

1. Thuraisingham, B., Database and Applications Security: Integrating Data Management and Information Security, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005.
2. B.Thuraisingham, Security for the semantic web, Computer Standards and Interfaces 27, 257 – 268, 2005.
3. E. Bertino, et al., Access Control for XML Documents, Data and Knowledge Engineering, North Holland, 2002, pp. 237–260.
4. Resource Description Framework // [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: [http://www.aot.ru/technology.html].
5. Dean Allemang. Semantic Web for the working ontologist : effective modeling in RDFS and OWL / Dean Allemang, Jim Hendler. – 2nd ed. p. cm, 2011.

ЭЛЕКТРОННЫЙ СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Чекрыгин С.С., Коблов Н.Н.
ОАО «НПЦ «Полюс», 634050, Россия, г. Томск, пр. Кирова, 56«в»
E-mail: polus@online.tomsk.net

Для повышения эффективности процесса разработки, производства и сопровождения сложной технической продукции все больше предприятий планомерно внедряют системы управления данными об изделии на всем протяжении его жизненного цикла. Основной идеей построения подобных систем является интеграция всех данных об изделии в единую логическую модель. Существует ряд задач, которые можно решить с помощью этого подхода. Одна из них – формирование электронного состава изделия (ЭСИ) и управление им. Общие требования к нему устанавливает ГОСТ 2.053-2006, согласно которому ЭСИ – конструкторский документ, выполняемый только в электронной форме и предназначенный для использования в компьютерной среде. ЭСИ является обобщающим документом, консолидирующим технические данные об изделии, и предназначен для организации информационного взаимодействия между автоматизированными системами. Важная особенность – наличие нескольких представлений состава изделия для различных предметных областей.

В соответствии с концепцией информатизации Роскосмоса и политикой предприятия в области качества в ОАО «НПЦ «Полюс» создано единое информационное пространство данных о корпоративной продукции под управлением автоматизированной системы управления инженерными данными и производством (АСУ ИДиП) собственной разработки [1]. Стоит отметить, что АСУ ИДиП решает как задачу управления конструкторской документацией и архивом, так и задачу формирования и управления ЭСИ. Система содержит информацию о составе всех изделий, их исполнениях и конфигурациях.

Первичными данными для построения ЭСИ в АСУ ИДиП являются электронные технические документы, а именно перечень элементов (ПЭ3), ведомость покупных изделий (ВП) и спецификация (СП), разрабатываемые специалистами предприятия в текстовом редакторе Microsoft Office Word (либо Excel) в соответствии с утвержденными нормами. Текстовые документы ПЭ3 и ВП содержат следующие разделы: «Устройства», «ЭРИ», а текстовый документ СП – разделы «Документация», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы», «Комплекты», «Устанавливать по МЭ». Также во всех документах могут присутствовать переменные данные для различных исполнений и указания о наличии функциональных групп. В карточках изменений документов в АСУ ИДиП хранятся соответствующие им файлы оригиналов.

В момент добавления нового файла в карточку АСУ ИДиП автоматически считывает его содержимое, преобразует в формализованное древовидное представление (электронная структура документа) и сохраняет во внутренних структурах. Основная сложность при этом заключается в формализации считанных данных. Хотя на предприятии действуют правила оформления текстовых конструкторских документов для обеспечения их электронной сверки, но нельзя упускать из вида и человеческий фактор, присутствующий в любом деле. Решение задачи по формализации и обработке подобных данных весьма не тривиально и требует учета множества параметров. Одним из наиболее оптимальных средств, позволяющим решить поставленную задачу, является механизм регулярных выражений – современная система поиска текстовых фрагментов в электронных документах, основанная на специальной системе записи образцов для поиска, называемых также шаблонами или масками.

Кроме того, данные, полученные из прикрепленного к карточке файла, при построении электронной структуры подвергаются ряду проверок и форматирований, позволяющих выявить и устранить ошибки и недочеты, допущенные автором при создании документа (например, написание наименований всех изделий). При обработке СП и ПЭ3 по позиционным обозначениям ЭРИ автоматически подсчитывается их количество и сравнивается с данными из колонки «Количество». Можно установить, разрешены ли они для применения на предприятии или нет. Стоит отметить, что вся процедура обработки и формализации данных по времени занимает всего несколько секунд (обработка проходит распределено, срок ее выполнения зависит от вычислительных ресурсов компьютера клиента и сервера). Но при этом позволяет выявить ряд ошибок и недочетов в документации уже в процессе прикрепления файла-оригинала к карточке АСУ ИДиП. Разработчик сразу может внести изменения в документ и тем самым повысить его качество.

Таким образом, для каждой версии текстового конструкторского документа в АСУ ИДиП хранится формализованная электронная структура. Это позволяет строить ЭСИ по головным ПЭ3, ВП и СП, в состав которых может входить сколько угодно устройств и сборочных единиц, причем делать это очень быстро.

Каждый из трех перечисленных типов документов соответствует своему представлению состава изделия:

– электронный функциональный состав изделия (ЭФСИ) – состав изделия, формируемый по головному ПЭ3;

– электронный покупной состав изделия (ЭПСИ) – состав изделия, формируемый по головной ВП;

– электронный конструкторский состав изделия (ЭКСИ) – состав изделия, формируемый по всем разделам головной СП;

Визуально составы представляют собой иерархические структурированные списки, верхний уровень которых образуют составные части (СЧ), входящие в состав изделия непосредственно, второй уровень – СЧ, входящие в состав СЧ первого уровня, третий – входящие в состав СЧ второго уровня, и т.д. вплоть до уровня, на котором СЧ далее неделимы.

В АСУ ИДиП хранится вся история изменений электронных технических документов (номер изменения, дата сдачи в архив, дата аннулирования), поэтому всегда известно, какое изменение было актуально (находилось в состоянии «Архив») на тот или иной момент времени. Чтобы отследить, как изменялся состав того или иного изделия, пользователь может формировать ЭФСИ, ЭПСИ и ЭКСИ на разные даты и сравнивать их между собой.

На основе ЭФСИ и ЭПСИ в АСУ ИДиП автоматически формируются сводные ведомости на конкретное изделие по прочим изделиям, а на основе структурированных данных ЭКСИ – сводная ведомость по всем разделам спецификации (рис. 1).

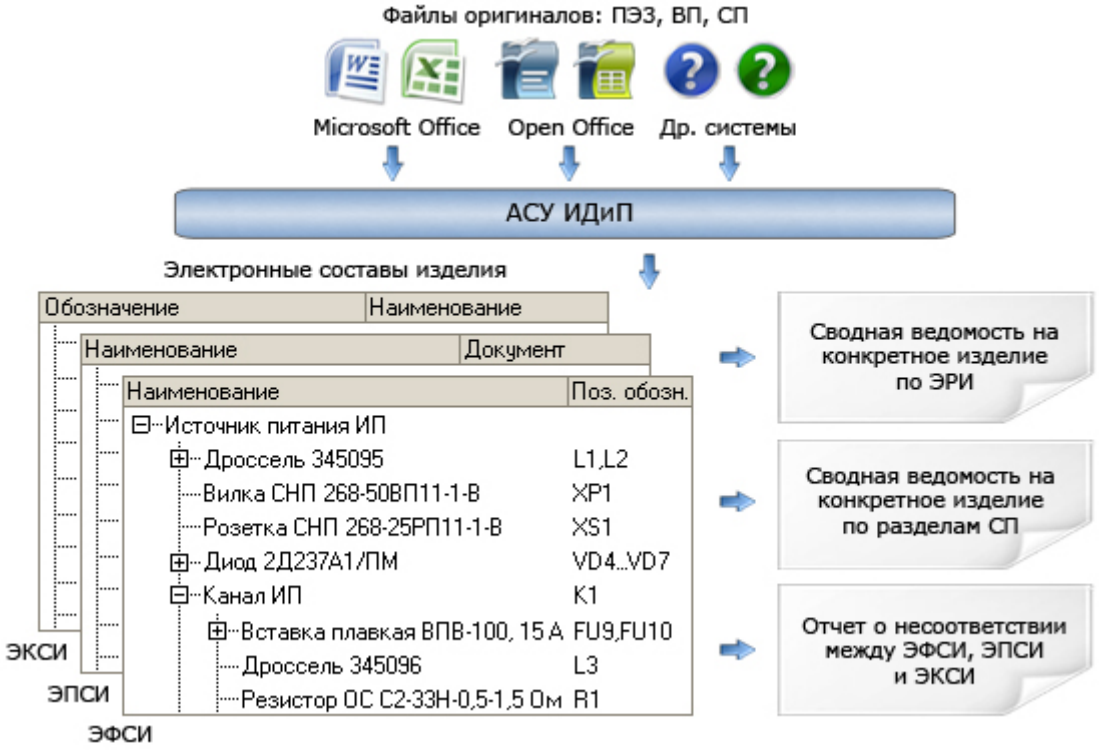


Рис. 1. Схема формирования ЭСИ в АСУ ИДиП

Эти данные необходимы для подготовки изделия к производству и закупки комплектующих для него.

Сводная ведомость по ЭКСИ содержит исходные данные для передачи их в контур управления производством.

Данный подход к формированию ЭСИ позволяет обрабатывать уже существующий на предприятии задел документации и не требует от пользователей каких-либо дополнительных усилий на переобучение и на переработку хранимых документов

Список литературы:

1. Коблов Н.Н. Разработка и внедрение автоматизированной системы управления инженерными данными // Электронные и электромеханические системы и устройства: Тез. докл. XVIII науч.-техн. конф. (22–23 апр. 2010 г., г. Томск) / ОАО «НПЦ «Полюс». Томск: ООО «Печатная мануфактура», 2010. С. 228–230.

ОБЗОР ДОСТИЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ НАВИГАЦИИ МЕТОДОМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

Чемезов В.О., Щербаков В.В.
Научный руководитель: Шакиров И.В. к.т.н.
Томский университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: vpointc@rambler.ru

Введение.

В последние годы трёхмерное изображение местности с точной координатной привязкой характерных объектов и целей становится необходимой основой планирования авиационной операций. Также исследования Всемирного фонда безопасности показывают, что 75% аварий самолётов при заходе на посадку и посадке происходят в аэропортах, где недоступны или отсутствуют приборы точного захода на посадку, в условиях плохой видимости. В связи с этим выигрыш от использования «виртуальных» трехмерных представлений заключается в максимальной наглядности геопространственных данных и совершенно новых интерактивных информационных возможностях, которые обеспечивают компьютерные технологии машинной графики по сравнению с обычными бумажными картами и схемами.

Помимо этого, рассматриваемые технологии реконструкции поверхностей и обнаружения трёхмерных структур применяются для создания высокоточных метрических геопространственных данных при навигации беспилотных транспортных средств, для точной координатной привязки и при создании реалистических авиационных тренажеров нового поколения.

В работе рассмотрены наиболее важные методы и алгоритмы, позволяющие провести необходимые вычисления с требуемой точностью. Набор таких методов, алгоритмов и программных средств построения трехмерного описания сцены и методов обнаружения объектов позволяет создать автоматизированные средства обработки данных для построения «виртуальных» моделей реальных территорий. Данные средства используются для проектирования и реализации программно-алгоритмического пакета, включающего:

• быструю генерацию цифровых моделей рельефа (ЦМР) в виде регулярной матрицы высот по стереопарам космических снимков или аэроснимков;

• создание цифровых ортофотопланов;

• съёмку векторных контуров по стереопарам и ортофото;

• визуализацию элементов рельефа с использованием разнообразных возможностей компьютерной графики.

Для решения задач реконструкции поверхностей и обнаружения трёхмерных структур предложен вычислительно эффективный метод поиска соответствующих (сопряженных) точек стереопары изображений трёхмерной сцены с учётом априорной информации об их приблизительном положении. Особенность метода стереоотождествления заключается в том, что соответственные точки находятся с максимальной (субпиксельной) точностью и снабжаются коэффициентом надежности стереоотождествления. Алгоритм состоит из следующих этапов:

1) выбор наиболее информативных участков изображений;

2) стереоотождествление с пиксельной точностью;

3) стереоотождествление с субпиксельной точностью (субпиксельное уточнение) [1].

Поиск опорных точек.

Выделим на образце некие ключевые точки и небольшие участки вокруг них. Ключевой точкой будем считать такую точку, которая имеет некие признаки, существенно отличающие ее от основной массы точек. Например, края линий, небольшие круги, резкие перепады освещенности, углы и т.д. Предполагая, что ключевые точки присутствуют на образце всегда, то поиск образца сводится к поиску его ключевых точек на сцене. А поскольку они сильно отличаются от основной массы точек, то их число будет существенно меньше, чем общее число точек образца.

Рис. 1. Пример определения образца на сцене.

SURF (Speeded Up Robust Features – ускоренный поиск устойчивых характеристик) и SIFT (Scale-invariant feature transform – поиск характеристик устойчивых к масштабированию) подобные алгоритмы решают две задачи – поиск особых точек изображения и создание их дескрипторов, инвариантных к масштабу и вращению. Это значит, что описание ключевой точки будет одинаково, даже если образец изменит размер и будет повернут (здесь и далее мы будем говорить только о вращении в плоскости изображения). Кроме того, сам поиск ключевых точек тоже должен обладать инвариантностью. Так, чтобы повернутый объект сцены имел тот же набор ключевых точек, что и образец [2].

Реконструкция трехмерной сцены.

К настоящему времени разработано большое количество различных алгоритмов и подходов к задаче реконструкции трехмерных сцен по набору цифровых изображений. Эти подходы базируются на различных физических принципах и математических методах и имеют различные диапазоны применимости. Кроме того, алгоритмы в различной степени требуют наличия тех или иных априорных данных о восстанавливаемой сцене или о параметрах камер. К примеру, восстановление трехмерной сцены по стереопаре способно дать качественный результат и восстановить трехмерный образ практически для всех точек исходного изображения, однако требует высокой точности калибровки камер стереопары.

Рис. 2. Пример реконструкции

В отличие от алгоритмов реконструкции трехмерных сцен по стереопаре, алгоритмы, основанные на факторизации матриц, не требуют априорных данных ни о камерах, ни о форме сцены, но нуждаются в достаточно большой (не менее ~20) последовательности кадров и в выделении на всей этой последовательности набора так называемых характеристических отметок, что является отдельной задачей, изучаемой и решаемой в области компьютерного зрения. Алгоритмы, основанные на факторизации матриц, восстанавливают трехмерные координаты характеристических отметок и камер, ориентацию камер в пространстве, а также позволяют получить точность результата. Восстановленный объект представляется в виде связанной координатной сетки, построенной на базе восстановленных трехмерных точек. Как правило, количество этих точек недостаточно, чтобы построенная сетка адекватно отображала форму объекта.

Таким образом, наиболее разумным представляется комбинирование различных подходов. Алгоритмы, основанные на факторизации матриц способны предоставить необходимую информацию, такую как трехмерные координаты камер, их ориентацию в пространстве и точность, с которой эти величины известны, а также координаты и точность некоторых точек трехмерной сцены для работы алгоритмов, дающих плотную реконструкцию поверхности сцены (для каждого пиксела изображения), к примеру, для восстановления по стереопаре.

Алгоритмы реконструкции трехмерных сцен и движения, основанные на факторизации матриц, работают в условиях избыточности информации. Если трехмерные точки образуют жесткую конфигурацию (лежат на поверхности твердого тела), то требования симметрии накладывают жесткие ограничения на исходные данные. При наличии шумов исходные данные могут слегка нарушать эти закономерности, но тоже закономерным статистическим образом. Это дает уникальную возможность для алгоритмов рассматриваемой группы одновременно с решением задачи реконструкции формы и движения оценить погрешность получаемых данных [3].

Выводы.

Описанные в работе методы и технологии технического зрения являются достаточно универсальными и помимо авиационных приложений находят практическое применение в самых различных областях. Таким образом, можно предположить, что в ближайшее время исследователи будут уделять большое внимание развитию алгоритмов пространственной реконструкции. Было бы интересным связать существующие классические методы обработки с современным математическим аппаратом для получения более эффективных алгоритмов.

Список литературы:

1. Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтов, Проблемы технического зрения в современных авиационных системах // Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010. – М., 2010. С. 11 – 44.

2. Пер. ст. J. Luo, G. Oubong A Comparison of SIFT, PCA-SIFT and SURF из журн.: International Journal of Image Processing. – 2009. - Vol. 3, I 4.

3. Н. В. Свешникова, Д. В. Юрин. Восстановление трехмерных сцен с помощью методов факторизации: принцип работы и оценка погрешностей // 14-я Международная конференция по Компьютерной графике и Машинному зрению ГрафиКон 2005. М., 2005. С. 200-207.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЛАГИАТА В КОДАХ ПРОГРАММ, НАПИСАННЫХ НА ЯЗЫКАХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

Чепрасов Д.А.
Научный руководитель: Кацман Ю.Я., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dmitriy.cheprasov@gmail.com

Введение

Рост объёма плагиата в письменных работах студентов, в том числе, в программных кодах, приводит к необходимости разработки и внедрения в вузах специализированного инструментария – информационных систем поиска плагиата. Проверка программного кода в различных его представлениях позволит преподавателям получать объективные доказательства переписанного кода (целиком или фрагментами).

Специфика проблемы

В Томском Политехническом университете приобретена по лицензии и используется в настоящее время система «Антиплагиат», которая, казалось бы, способна дать необходимый результат, однако перед нами стоит проблема более узкого характера – проверка на антиплагиат исходных кодов программ на языках высокого уровня. Вследствие некоторых особенностей, стандартные системы для проверки текстов не способны решить такую задачу.

Рассмотрим специфику поиска соответствий между исходными кодами программ. Программа для вычислительной машины отличается от обычного текста и ей присущи специфические характеристики: структурированность, зависимость от входных данных и др. Кроме того, программа может быть представлена в виде исходного текста (исходного кода), промежуточного (объектного) кода и исполняемого кода. Каждое из указанных представлений может использоваться в качестве материала для поиска плагиата.

В исходном тексте сохраняется больше характеристик, свойственных конкретному автору (наименование переменных, стиль написания текста, лингвистические особенности комментариев, количество разных типов данных и др.), которые при компиляции, в основном, утрачиваются. Но и в исполняемом коде хранится много индивидуальной информации: способ организации данных, информация об использованном компиляторе, системные вызовы, специфические ошибки и т.д. При этом многие алгоритмы формируют своё собственное представление исполняемого кода, для дальнейшей его обработки.

Применения стандартных алгоритмов будет давать неверные результаты, так как в текстах программ всегда будут встречаться одинаковые конструкции, операторы, переменные и т.д. А с другой стороны такие алгоритмы легко обмануть, переделав части кода, так чтобы они не теряли своей функциональности.

Специфика внедрения в ВУЗе

Что касается задачи поиска плагиата в студенческих программах, то она имеет ряд особенностей. Во-первых, разные по стилю написания программы могут быть очень похожи по логике управления и исполнения. Это возможно в том случае, если студентами реализован одинаковый метод решения поставленной задачи. В таких программах могут совпадать типы данных, вызовы подпрограмм (в то числе, и стандартных), системы программирования и компиляции, формат конечного результата. Такая ситуация характерна для типовых курсовых работ (проектов), лабораторных, практических и других видов письменных работ по учебным дисциплинам, даже не связанным напрямую с программированием.

Во-вторых, программы, написанные разными студентами, могут быть похожими не только функционально, но и стилистически. Данная ситуация возможна, когда студенты решают типовые задачи при изучении конкретных языков программирования. В таких программах могут совпадать последовательность операторов, имена переменных и подпрограмм, и даже комментарии. В этом случае в качестве письменных работ чаще всего выступают лабораторные и практические работы по учебным дисциплинам, непосредственно относящихся к изучению языков и систем программирования.

Однако это еще не доказывает факт плагиата программ, «ведь, прежде всего, оцениваются знания предмета, а не оригинальность решения». Следовательно, чем больше студенты ограничены в выборе методов и средств решения задач, тем меньше у них возможностей проявить индивидуальность в поиске вариантов решения и тем выше степень похожести программ, не связанная с плагиатом.

Исходя из сказанного, система поиска плагиата в программных кодах письменных работ студентов не может быть полностью автоматической. Преподаватель всё еще остаётся главным оценивающим лицом. Кроме того, если результаты автоматической проверки вызывают у преподавателя (или студента) сомнения, должна быть предусмотрена возможность устного собеседования преподавателя со студентом по структуре и логике работы программы. Особенностью программного кода является то, что адекватное объяснение студентом структуры и логики работы программы возможно в случае, если он является автором этой программы, а, следовательно, понимает и способен обосновать функциональные особенности программы.

Выбор предпочтительного представления кода.

После анализа всех способов представления исходного кода программ был выбран метод токенизации [1], так как он устойчив к изменению кода программы без изменения её функциональности.

Токенизация

Пусть у нас есть две строки кода

for (int i =0; i <=n; i++) и

for (int j = 0; (j −1) < n;j ++).

Очевидно, что у них одинаковая функциональность, и плагиатор мог из одной получить другую без особых усилий, хотя для иных представлений кода они совершенно различны. Чтобы бороться с такого рода средствами сокрытия плагиата было придумано токенизированное представление кода. Основная идея токенизации это сохранение существенных и игнорирование всех поверхностных (то есть легко модифицируемых) деталей кода программы. Процедура токенизации выглядит примерно так:

•Каждому оператору языка (кроме пустого - его игнорируем), который не является операндом, приписываем код, назначенный заранее для каждого класса операторов. Также коды можно приписывать блочным операторам (например, begin/end, {}), подключениям библиотек и заголовочных файлов.

•Строим строку из полученных кодов, сохраняя порядок следования их в исходном коде программы. Один символ строки (токен) – код одного оператора.

Таким образом, мы автоматически игнорируем названия функций и переменных (классов, объектов и так далее), разделительные символы, предотвращаем влияние мелких изменений кода программы (см. пример выше).

Нужно отметить, что процесс токенизации и разбиение операторов на классы зависим от используемого в исходном коде языка программирования. К одному классу операторов обычно относят те, которым соответствует один идентификатор языка программирования, все вызовы функций, вызовы методов классов, объявления переменных элементарных типов, объявление экземпляров классов.

Выбор предпочтительного алгоритма

В настоящее время существует множества алгоритмов, предназначенных для выявления плагиата в кодах программ, однако лишь немногие из них отвечают всем заданным критериям сравнения, и применимы конкретно к программам студентов, написанным в процессе обучения. В результате анализа алгоритмов, их достоинств и недостатков для реализации был выбран алгоритм отпечатков [2], в силу того, что только этот метод на данный момент может поддерживать полноценную базу данных, позволяющую ускорить процедуру проверки *один против всех* до приемлемого времени. Помимо этого при работе алгоритма игнорируется так называемый «шум», то есть он не принимает в расчет малые, случайно совпавшие участки кода, а также алгоритм нечувствителен к перестановкам больших фрагментов кода.

Метод отпечатков

В этом алгоритме мы представляем токенизированную программу в виде набора отпечатков (меток, fingerprints), так чтобы эти наборы для похожих программ пересекались. Этот метод позволяет организовать эффективную проверку по базе данных. Метод отпечатков можно представить в виде четырех нижеследующих шагов:

1. Последовательно хэшируем 2 подстроки токенизированной программы P длины k (фиксированный параметр).

2. Выделяем некоторое подмножество их хэш-значений, хорошо характеризующее P. Проделываем те же шаги для токенизированных программ T1,T2, . . .Tn и помещаем их выбранные хэш-значения в хэш - таблицу.

3. С помощью хэш-таблицы (базы) получаем набор участков строки P, подозрительных на плагиат.

4. Анализируем полученные на предыдущем шаге данные и делаем выводы.

Очевидно, что содержательная часть этого алгоритма - выбор k и шаг 2. Что же задает число k? Оно назначает длину наименьшей подстроки, с которой может работать данный алгоритм. Если в двух программах есть общая подстрока длиной, например, два символа, то это не всегда значит, что мы нашли плагиат – скорее всего это совпадение просто случайность и обусловлено малой мощностью нашего алфавита. То есть значение k может способствовать игнорированию “шума”, но при больших значениях k, мы можем проигнорировать настоящий случай плагиата, поэтому это число нужно выбирать с осторожностью.

Список литературы:

1.Faidhi, J. A.W. and S. K. Robinson. An Empirical Approach for Detecting Program Similarity within a University Programming Environment. Computers and Education 11(1): pp. 1119 (1987). 2.1.

2. A. Aiken, S. Schleimer, D. Wikerson. Winnowing: local algorithms for document fingerprinting. In Proceedings of ACMSIGMOD Int. Conference on Management of Data, San Diego,CA, June 9–12, pp. 76–85.ACMPress, New York, USA, 2003.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПРОГНОЗА КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЗАИМНЫХ СПЕКТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

М.А.Черкасова, В.П.Иванченков
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 3
E-mail: sunpingvin@mail.ru

Повышение эффективности разведки месторождений нефти и газа в сложных сейсмологических условиях обуславливает необходимость разработки новых методов прогноза геологического разреза (ПГР) на основе наиболее информативных параметров регистрируемых сейсмических волн. В настоящее время предложен ряд методов, в которых в качестве информативных признаков используются амплитудные и энергетические характеристики сейсмических отраженных волн [1]. Однако до последнего времени практически не привлекались для решения задач прогноза фазочастотные характеристики (ФЧХ) сейсмических волн. Между тем, как показывают исследования, в фазовых спектрах сейсмических волн заложена важная информация о местоположении отражающих границ, поглощающих и дисперсионных свойствах анализируемых геологических сред[2,4]. В докладе на основе анализа принятой модели слоистых поглощающих сред рассмотрены основные предпосылки применения взаимных фазовых спектров волн, отраженных от кровли и подошвы исследуемой толщи. На базе проведенного анализа предложен спектральный алгоритм прогноза коллекторских свойств пород и приводятся отдельные результаты его исследования.

Формирование модели слоистых поглощающих сред происходит в рамках принятого подхода, который связан с представлением среды в виде линейной системы, вносящей определенные изменения в проходящие через нее колебания[4].

В лучевом приближении при нормальном падении волны процесс отражения от кровли и подошвы линейно - неупругого слоя II можно представить в виде эквивалентной системы (рис.1)

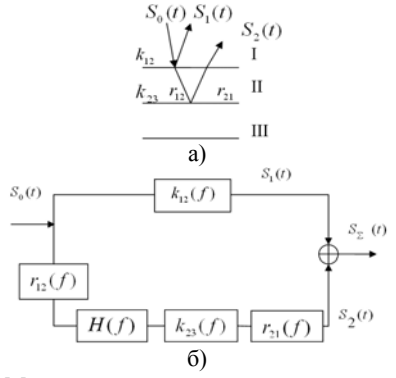


Рис.1. Модель плоско - параллельной слоистой поглощающей толщи

На основании информационной модели поглощающей среды, будем считать, что поглощающий слой II заключен между однородными покрывающей и подстилающей толщами. В первом приближении считая, что сигналы $S_1(t)$ и $S_2(t)$ детерминированные, взаимную спектральную плотность можно записать в виде:

$$Q_{12}(f) = [S_1^*(f) \cdot S_2(f)] = |Q_{12}(f)| \cdot e^{j\varphi_{12}(f)} \quad (1)$$

где $S_1(f)$ и $S_2(f)$ комплексные спектры отраженных волн $S_1(t)$ и $S_2(t)$;

$|Q_{12}(f)|$ – взаимный энергетический спектр;

$\varphi_{12}(f)$ – взаимный фазовый спектр.

Как следует из рис.1, взаимный энергетический и фазовый спектры соответственно запишутся:

$$|Q_{12}(f)| = |S_0(f)|^2 \cdot |k_{12}(f)| \cdot |k_{23}(f)| \cdot |H(f,l)| \cdot |r_{12}(f)| \cdot |r_{21}(f)|, \quad (2)$$

$$\varphi_{12}(f) = \varphi_{k_{23}}(f) - \varphi_{k_{12}}(f) + \varphi_H(f) + \varphi_{r_{12}}(f) + \varphi_{r_{21}}(f), \quad (3)$$

где $k_{12}(f)$ и $k_{23}(f)$ – коэффициенты отражения от кровли и подошвы II слоя, $r_{12}(f)$ и $r_{21}(f)$ – коэффициенты преломления на кровле II слоя, $H(f)$ – частотная характеристика поглощающего слоя; $\varphi_{k_{12}}(f), \varphi_{k_{23}}(f)$ – фазовые набеги, вносимые при отражении волны от кровли и подошвы слоя соответственно; $\varphi_{r_{12}}(f), \varphi_{r_{21}}(f)$ – фазовые набеги, связанные с преломлением волны; $\varphi_H(f)$ – фазовый набег, обусловленный прохождением волны в поглощающем слое.

При этом исходя из [3], аргументы и модули коэффициентов отражения и преломления можно представить в следующем виде:

$$|k(f)| = \sqrt{\frac{4\pi^2(1-\gamma_{12}(f))^2 + (\delta_1(f) - \delta_2(f)\gamma_{12}(f))^2}{4\pi^2(1+\gamma_{12}(f))^2 + (\delta_1(f) + \delta_2(f)\gamma_{12}(f))^2}} \quad (3)$$

$$|r(f)| = 2\gamma_{12}(f)\sqrt{\frac{4\pi^2 + \delta_2^2(f)}{4\pi^2(1+\gamma_{12}(f))^2 + (\delta_1(f) + \delta_2(f)\gamma_{12}(f))^2}} \quad (4)$$

$$\varphi_k = arctg\frac{4\pi\gamma_{12}(f)(\delta_2(f) - \delta_1(f))}{4\pi^2(1-\gamma_{12}^2(f)) + (\delta_1^2(f) - \delta_2^2(f)\gamma_{12}^2(f))} \quad (5)$$

$$\varphi_r = arctg\frac{2\pi(\delta_1(f) - \delta_2(f))}{4\pi^2 + \delta_1(f)\delta_2(f) + \gamma_{12}(f)(4\pi^2 + \delta_2^2(f))} \quad (6)$$

где $\gamma_i(f) = \rho_i V_i(f)$, $i = 1,2$; $\gamma_{12}(f) = \frac{\rho_1 V_1(f)}{\rho_2 V_2(f)}$ - отношение акустических жесткостей в средах.

Принимая для поглощающего слоя минимально-фазовую модель среды, выражение для модуля и аргумента $H(f)$ можно представить [3]:

$$|H(f)| = e^{-\alpha(f)2h}, \quad (7)$$

$$\varphi_H(f) = 4\pi fh\left[\frac{1}{V(f_0)} - \frac{\alpha(f)}{\pi^2}\ln\frac{f}{f_0}\right] \quad (8)$$

где $V(f_0)$ - скорость распространения волны на опорной частоте f_0, $\alpha_i(f)$ - коэффициент поглощения в *i*-ой среде.

Как видно из (3-8) взаимные энергетические и фазовые спектры связаны с петрофизическими параметрами среды.

В соответствии с рассмотренными свойствами взаимных энергетических и взаимных фазовых спектров волн, отраженных от кровли и подошвы исследуемых толщ, разработан алгоритм прогноза коллекторских свойств пород (рис.2).

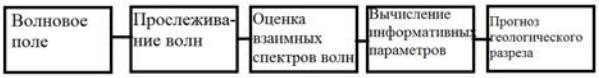


Рис. 2. Алгоритм прогноза коллекторских свойств пород

Исходными данными для реализации алгоритма является сейсмическое волновое поле. При помощи алгоритма фазочастотного прослеживания определяются оси синфазности для заданных отражающих границ [2]. Далее в соответствии с определенными осями синфазности и для заданных отражающих границ осуществляется установка окон анализа, которые по временной длительности равны протяженности импульсов выделяемых сигналов. Затем опре-деляются комплексные спектры волн $S_1(f)$ и $S_2(f)$.

После вычисления комплексных спектров выделенных сигналов находится оценка спектральной плотности для волн, отраженных от кровли и подошвы исследуемой толщи, и определяется нормированный взаимный энергетический спектр $M_{12}(f)$ и взаимный фазовый спектр $\varphi_{12}(f)$. В заключение по полученным значениям $M_{12}(f)$ и $\varphi_{12}(f)$ вычисляются прогнозные параметры, по которым делаются выводы о коллекторских свойствах изучаемых толщ.

Исследование алгоритма проводилось на моделях поглощающих сред, которые состоят из трех толщ, где толща II – песчаный коллектор, а толща I и III (покрывающая и подстилающая толщи) – слои аргиллитов (рис.3). Продуктивная толща рассматривалась для четырех случаев. В первом случае песчаный слой насыщен газом, во втором нефтью, в третьем – водой, в четвертом – карбонизированный песчаник.

Аргиллиты (баженовская пачка)
Продуктивная толща
Аргиллиты (локальная покрышка)

Рис. 3. Модель геологических сред

Для заданных волновых полей по разработанному алгоритму были рассчитаны прогнозные параметры для указанных моделей сред.

1.Среднее значение взаимного фазового спектра.

$$\overline{\varphi}_{12}(f)=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\varphi_{12}(f_i) \qquad (10)$$

2.Центральный момент 2-го порядка взаимного фазового спектра.

$$\sigma_{\varphi}^2=\frac{\sum_{i=1}^{n}(\varphi_{12}(f_i)-\overline{\varphi}_{12}(f))^2}{n-1} \qquad (11)$$

3.Среднее значение фазовой задержки.

$$\overline{\tau}_{\varphi}=\sum_{i=1}^{n}\tau_{\varphi}(f_i) \qquad (12)$$

4.Центральный момент 2-го порядка взаимной фазовой задержки.

$$\sigma_{\tau}^2=\frac{\sum_{i=1}^{n}(\tau_{\varphi}(f_i)-\overline{\tau}_{\varphi}))^2}{n-1} \qquad (13)$$

5. Среднее значение взаимной групповой задержки

$$\bar{t}_{гр}(f)=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}t_{гр}(f_i) \qquad (14)$$

6. Центральный момент 2-го порядка для взаимной групповой задержки:

$$\sigma_{t}^2=\frac{\sum_{i=1}^{n}(t_{гр}(f_i)-\bar{t}_{гр}(f))^2}{n-1} \qquad (15)$$

В качестве дополнительного энергетического параметра можно ввести:

7.Нормированная взаимная энергия сигналов.

$$M=\frac{1}{f_B-f_H}\int_{f_H}^{f_B}M_{12}(f)df \qquad (16)$$

где $M_{12}(f)=\frac{|Q_{12}(f)|}{Q_1(f)}=\frac{|k_{23}(f)|\cdot|G(f,l)|\cdot|r(f)|}{|k_{12}(f)|}$ (17)

На принятых моделях поглощающих геологических сред проведены предварительные исследования алгоритма прогноза коллекторских свойств. В результате выявлены наиболее информативные параметры: центральный момент второго порядка для взаимной фазовой задержки, среднее значение для взаимной групповой задержки и нормированная взаимная энергия сигналов. В дальнейшем планируется использовать их при автоматической классификации прогноза коллекторских свойств пород выделяемых толщ.

Литература:

1. Гурвич И.И., Боганик Г.Н, Сейсморазведка. Учебник для вузов. Тверь: Издательство АИС, 2006. 774с.
2. Иванченков В.П., Вылегжанин О.Н. и др. Методы фазочастотного анализа волновых полей и их применение в задачах обработки данных сейсморазведки, /Известия ТПУ, 2006, №7, с. 65 – 70.
3. Авербух А.Г., Трапезникова Н.А. Отражения и преломления плоских волн при нормальном падении на границы// Физика земли, №9, 1972.
4. Иванченков В.П., Кочегуров А.И., Орлов О.В. Фазочастотные характеристики сейсмических волн и основные предпосылки их применения для решения задач прогноза геологического разреза/ Известия ТПУ, 2008, №5, с. 132 – 137.

ОПТИМИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ РЕАКТОРНЫМ УЗЛОМ

Чешинский М.А., Лабутин А.Н.
Научный руководитель: Лабутин А.Н., д.т.н., профессор
Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7
E-mail: cheshinskii@mail.ru

Широкий спектр продуктов органического и нефтехимического синтеза производится по непрерывной схеме путем реализации сложных многостадийных многопродуктовых реакций последовательно-параллельного типа

$A + B \xrightarrow{k_i} P_i, A + P_{i+1} \xrightarrow{k_{i+1}} P_{i+1}, A + P_{n-1} \xrightarrow{k_n} P_n,$

где: A и B – исходные реагенты; P_i – продукты реакции $i = \overline{1,n}$, n – количество продуктов, k_i – константа скорости i-й стадии.

Во многих случаях реакции протекают с существенным выходом ряда продуктов P_i, одни из которых (или их смесь в заданном соотношении) являются целевыми, другие – побочными. В связи с периодическим изменением спроса и цены на целевые продукты реакторный узел должен обладать свойством гибкости (структурной, технологической) и обеспечивать путем своевременного изменения технологического режима требуемый состав продуктов, т.е. требуемое значение селективности по целевым веществам. Переход с режима на режим осуществляется с помощью АСУТП. Задача АСУТП заключается в определении и поддержании на оптимальном уровне технологических переменных, обеспечивающих экстремум критерия оптимальности, который отражает технологические требования к режиму работы аппарата при соблюдении ограничений на состав реакционной смеси на его выходе.

Так, например, процесс оксиэтилирования спиртов осуществляют в реакторе типа “труба в трубе” [1], который с достаточной точностью может быть описан моделью идеального вытеснения. Кроме того, ввиду потенциальной взрыво- и пожароопасности необходимо обеспечить полное расходование окиси этилена в ходе реакции. С позиции ресурсосбережения, непревращенные исходные реагенты и продукты реакции, более легкие, чем целевые, должны возвращаться со стадии разделения на стадию синтеза (т.е мольные концентрации рециркулируемых более легких продуктов в реакционной массе в момент времени τ_k должны совпадать с концентрациями этих компонентов в исходной смеси).

Задача оптимизации может быть сформулирована следующим образом. Требуется подобрать состав веществ на входе в реактор и время пребывания в аппарате τ_k такими, чтобы обеспечить заданное соотношение массовых расходов целевых продуктов в получаемой реакционной массе при заданной нагрузке по реагенту B.

Математическая формулировка задачи имеет вид:

$$\psi(\tau_k, G_A^0, G_B^0, G_u^0) = (G_u^{\tau_k} + G_k^{\tau_k} - G_u^0)/G_B^0 \to \max, \quad (1)$$

$$[(G_{k\text{-}1}/G_k)^{\tau_k} - (G_{k\text{-}1}/G_k)^3]^2 = 0, \quad (2)$$

$$1 = \varpi_A^0 + \varpi_B^0 + \sum_{i=1}^{k-1} \varpi_i^0, \quad (3)$$

$$G_i^0 = G_i^{\tau_k}, G_A^{\tau_k} = 0, i = \overline{1,u-1}, \quad (4)$$

где: G_A^0, G_B^0, G_i^0 - массовые расходы веществ A, B и продуктов реакции на входе в реактор; $\varpi_A^0, \varpi_B^0, \varpi_i^0$ - массовые доли компонентов A, B и рециркулируемых продуктов на входе в реактор; i - номер продукта; u, k - номер легкого и тяжелого целевого продукта соответственно; $(G_{k\text{-}1}/G_k)^3, (G_{k\text{-}1}/G_k)^{\tau_k}$ - заданное и расчетное соотношение целевых продуктов, соответственно; $\psi(\tau_k, G_A^0, G_B^0, G_u^0)$ - критерий эффективности – выход целевых продуктов.

Выражение (3) определяет состав исходной смеси на входе в реактор, а соотношение (4) – требование ресурсосбережения.

Для анализа и оптимизации реакторных процессов было разработано математическое описание реактора. Модель включает в себя уравнения материального баланса по компонентам; уравнение теплового баланса для реакционной смеси; уравнения теплового баланса для хладагента, перемещающегося по внешней и внутренней трубе; уравнение, учитывающее изменение плотности реакционной смеси по длине аппарата.

$$\begin{aligned}
&\frac{dy_i}{dz} = \frac{\pi(d_2^2 - d_1^2)\rho R_i}{4v} - \frac{y_i}{\rho}\frac{d\rho}{dz},\\
&\frac{dT}{dz} = \frac{\pi(d_2^2 - d_1^2)|R_A|\Delta H}{4vCp} - \frac{\pi d_1 K_{t1}(T - T_1)}{vCp} - \frac{\pi d_2 K_{t2}(T - T_2)}{vCp},\\
&\frac{dT_1}{dz} = \frac{\pi d_1 K_{t1}(T - T_1)}{v_1 Cp_1},\\
&\frac{dT_2}{dz} = \frac{\pi d_2 K_{t2}(T - T_2)}{v_2 Cp_2},\\
&\frac{d\rho}{dz} = \sum_{i=1}^{n} M_i \frac{dy_i}{dz};
\end{aligned} \quad (5)$$

где: z -пространственная координата, направленная вдоль оси аппарата (длина аппарата), $м$; d_1, d_2 -диаметр внутренней и внешней трубы с хладагентом, соответственно; y_i -концентрация i-го компонента реакционной смеси, $кмоль/м^3$; T, T_1, T_2 -температура реакционной смеси, температура хладагента во внутренней трубе и температура хладагента во внешней трубе, K; ρ -плотность реакционной смеси, $кг/м^3$; v, v_1, v_2 -массовый расход реакционной смеси и соответствующих хладагентов, $кг/с$; R_i, R_A -скорость реакции по i-му

компоненту и скорость расходования реагента А, соответственно, $кмоль/(м^3 * с)$; ΔH -тепловой эффект реакции, $кДж/кмоль$; K_{t1}, K_{t2} -коэффициенты теплопередачи, $Вт/(м^2 * К)$; M_i- молярная масса i-го компонента реакционной смеси, $кг/кмоль$; n-количество компонентов в реакционной смеси.

Начальные условия для решения системы уравнений (5) запишем в виде: $y_i(z=0) = y_i^0$; $T(z=0) = T^0$; $T_1(z=0) = T_1^0$; $T_2(z=0) = T_2^0$; $\rho(z=0) = \rho^0$.

Разработан алгоритм решения задачи оптимизации, приведенной выше, и программное средство его реализации. С его помощью можно осуществлять переход с режима на режим.

Проведены исследования влияния различных технологических параметров на критерий эффективности (1). По результатам исследований, при условии отсутствия рецикла по легким целевым продуктам не всегда удается обеспечить заданное соотношение целевых компонентов на выходе аппарата (2). Например, требуется достичь соотношение $(G_3/G_4)^3$=5.0. При выполнении всех ограничений, описанных выше, соотношение оказывается выше заданного (табл. 1).

Исследована зависимость селективности по целевым продуктам в зависимости от переработанной окиси этилена (рис. 1). Селективность монотонно убывает с увеличением количества переработанной окиси этилена.

Таблица 1
Результаты расчетов

Направление потока	Поток вещества, $кг/ч$							$z, м$	$(G_3/G_4)^3$
	G_A	G_B	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5		
на входе	600	500	1351	2305	0	0	0	137	7.477
на выходе	0	359.757	1351	2305	646.87	86.51	7.504		
на входе	700	500	1310	2237	0	0	0	142	6.286
на выходе	0	337.439	1310	2237	733.901	116.758	12.265		
на входе	800	500	1263	2164	0	0	0	151	5.353
на выходе	0	315.501	1263	2164	813.236	151.905	19.267		

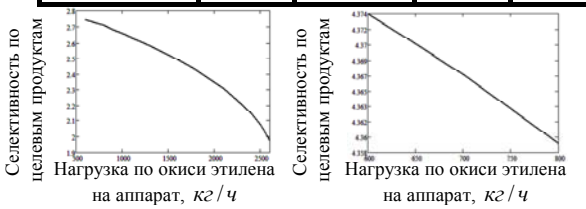


Рис. 1. Значение селективности по целевым продуктам в зависимости от G_A^0, $кг/ч$ при $(G_3/G_4)^3$, равном 1.0 (слева) и 5.0 (справа)

На рис. 2 приведена зависимость выхода целевых продуктов от конверсии спирта в условиях рецикла легкого целевого компонента для достижения нужного соотношения продуктов на выходе реактора. Существует точка, где выход целевых продуктов достигает максимума. Правда, содержание высших побочных продуктов является достаточно высоким. Найденное оптимальное значение конверсии компонента B составляет 0.91, чему соответствует G_A^0=2400 $кг/ч$, G_1^0=400 $кг/ч$, G_2^0=946 $кг/ч$, G_3^0=97.5 $кг/ч$, $G_3^{\tau_k}$ =1152 $кг/ч$, $G_4^{\tau_k}$ =938.04 $кг/ч$, $G_5^{\tau_k}$ =866.84 $кг/ч$, z =358 $м$.

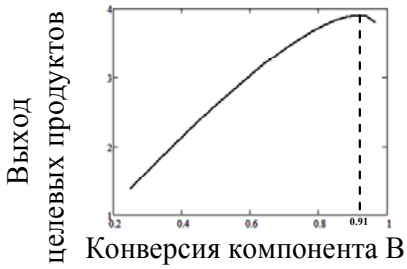


Рис. 2. Зависимость выхода целевых продуктов от конверсии компонента В при $(G_3/G_4)^3$=1.0 при различных G_A^0, $кг/ч$

Разработанное программное средство может использоваться в составе АСУТП для решения задач технологической оптимизации и управления в технических системах.

Список литературы:

1. Швец В. Ф, Козловский И. А, Кустов А. В, Макаров М. Г, Сучков Ю.П. Сборник научных трудов “Научные исследования высшей школы в области химии и химических продуктов”. М.-2001. Вып. 179. С. 52-58.

ОБРАБОТКА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ВУЗЕ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА СТУДЕНТОВ ПРОЖИВАЮЩИХ В ОБЩЕЖИТИИ КузГТУ

М.А.Швачич
Научный руководитель: асс. В.С.Дороганов
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева, г.Кемерово,
E-mail: Shvamik@gmail.com

Введение

Время, один из самых дорогих, не возобновляемых ресурсов. Именно этот факт заставляет автоматизировать все возможные бизнес процессы, что приводит к повышению продуктивности функционирования организации.

Однако автоматизация несет в себе скрытые угрозы. Наиболее серьезной является сохранность и неразглашение разного рода персональных данных обрабатываемых этой системой. Этот аспект регулирует Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. N 152-ФЗ «О персональных данных», который претерпел значительные корректировки в действующей редакции от 25.07.2011 года.

Особенности автоматизации

Именно с целью автоматизации в Кузбасском Государственном Техническом Университете имени Т.Ф.Горбачева была разработана «Автоматизированная информационная система учета студентов проживающих в общежитии», которая позволяет увеличить скорость заселения (расселения) студентов, а также упрощает процесс документооборота.

Рис 1. Интерфейс приложения

На момент зачисления каждый студент дает письменное согласие на обработку и хранение его персональных данных на период его обучения в КузГТУ. Также каждый сотрудник, имеющий авторизованный доступ к базе данных ВУЗа дает расписку о не разглашении конфиденциальности обрабатываемых им данных и носимую ответственность. Этот минимальный набор документов необходим, поскольку хранимая в едином пространстве КузГТУ информация относиться ко 2-му классу персональных данных. Однако по причине того что информацию из базы можно получить только находясь в единой карпоративной сети КузГТУ либо средствами VPN-доступа класс безопасности персональных данных может быть снижен до 3-го.

До процесса внедрения системы информация о каждом студенте содержалась на бумажном носителе (книги). Данное условие мешало оперативно принимать решения о расселении студентов, а также отсутствовала возможность формирования выборок. К тому же предшествующий способ хранения не соответствовал необходимым требованиям закона № 152-ФЗ (ред. от 25.07.2011). Кроме того при хранении информации на бумажном носителе, существует большая вероятность человеческого фактора, что может привести к возникновению ошибок и не точностей.

Для решения поставленных задач при написании программного продукта было решено использовать язык Visual C# пакета «Microsoft Visual Studio 2010» программную платформу «Microsoft Silverlight 4.0», а так же СУБД «Oracle Database 10g Standard Edition One» для хранения данных, для реализации выгрузки данных было выбрано приложение Microsoft Excel.

Данный выбор был сделан для создания трехуровневой архитектуры, т.е. тонкого клиента, который позволит увеличить надежность сохранности и защищенности персональных данных, содержащихся в базе (152-ФЗ ст. 6. «Условия обработки персональных данных (согласие субъекта на обработку)», ст. 7. «Конфиденциальность персональных данных»).
Кроме того это позволит обеспечить независимость аппаратной части.

Рис 2. Тонкий клиент

После внедрения приложение позволило осуществлять заселение (выселение) студентов, производись поиск по выбранному критерию, будь то персональные данные студента или номер комнаты. А после того как программа осуществит поиск по некому критерию пользователя, существует возможность выгрузить выборку в Microsoft Excel для последующей подробной аналитике либо печати.

Кроме того реализована опция просмотра поэтажного разреза здания общежития. На экран выводиться чертеж каждого выбранного этажа, на котором отображаются помещения и информация о них. Существует так же ряд пометок на каждое помещение, таких как пол проживающих лиц и их семейный статус.

Планы на будущее

На сегодняшний день идет разработка модуля, который на поэтажном плане будет отображать число живущих студентов в каждой комнате, а также максимальное возможное количество проживающих людей по социальным нормам. На сегодняшний день нормы составляют 2 человека для комнаты 12 квадратов и 3 человека для комнаты площадью 18 квадратных метров.

Комнаты, которые считаются не соответствующими социальным нормам, будут выделяться другим цветом. Данная функция позволит обеспечить более комфортное проживание студентам на протяжении всего срока проживания в студенческом городке КузГТУ.

Качественная реализация модуля отображения поэтажного плана позволит работникам общежития осуществлять более быстрый и качественней анализ ситуации и оперативно принимать решения.

На сегодняшний день на каждую комнату общежития заводится «Карта комнаты», в которой хранится информация о мебели, находящейся в комнате, а также человек, который несёт ответственность за неё (студент). Также имеется «Карта студента», которая заводится на каждого проживающего студента, содержащая информацию об имуществе, выданном ему на период проживания в студенческом общежитии.

Данный способ хранения очень не эффективен, поскольку существует большая вероятность потери документа на бумажном носителе. Кроме того для хранения информации о трех 9-и этажных общежитиях и всех проживающих в них студентах занимает довольно много физического пространства, и хранение такого массивного архива является не рациональным.

Для решения этой проблемы реализуется модуль «Инвентаризация». Этот модуль позволит преобразовать имевшийся большой объем информации на бумажных носителях в электронный вариант. Это позволит уменьшить вероятность потери информации, что сохранит нервные клетки работникам общежития, а также студентам.

После внедрения программы в единое информационное пространство Кузбасского Государственного Технического Университета имени Т.Ф.Горбачева с минимальным набором функций для β-тестирования идет разработка дополнительных модулей, о некоторых из которых говорилось выше, которые позволят наилучшем образам автоматизировать се процессы. Наиболее значительным из этих модулей является модуль «Автоматического расселения студентов», который позволит осуществлять заселение абитуриентов с минимальным вмешательством работников ВУЗа. Этот модуль собирает информацию о всех пожеланиях абитуриентов и в пределах доступных свободных комнат максимально комфортно и рационально осуществит заселение.

В итоге пользователями данной системы являются 3 категории пользователей руководство ВУЗа, сотрудники общежития и абитуриенты. Права этих пользователей разделены на основе закона № 152-ФЗ. Сотрудники имеют полный доступ к базе данных, а абитуриенты имеют доступ только к разделу с автоматическим расселением.

Рис. 3. Пользователи системы

Заключение

Внедрение вышеперечисленных функций позволит полноценно автоматизировать большинство процессов, проходящих в общежитиях КузГТУ, упростив и ускорив работу обслуживающего персонала. Полученная система максимально удовлетворяет требованиям, предъявленным в «законе о защите персональных данных» № 152-ФЗ. Единое пространство позволит руководству просматривать и контролировать информацию и работников студгородка, без необходимости составления официальных запросов в общежитие.

Развитие данной автоматизированной системы по спиральной модели жизненного цикла программных средств позволит корректировать её и вносить дополнительные функции.

Литература:

1. «Закон о защите персональных данных» N 152-ФЗ от 27 июля 2006 г.
2. Microsoft MSDN-Помощь веб-разработчикам: msdn.microsoft.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ АНДРОИДНОГО ТИПА

Шеломенцев Е.Е., Дусеев В.Р.
Научный руководитель: Александрова Т.В., ассистент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: see4me@mail.ru

Постановка задачи

Многообразные задачи, которые ставятся перед роботом – андроидом, могут быть выполнены с использованием различных методов управления.

1. дистанционное управление
2. управление с применением сенсора **Kinect**
3. программный режим

Первые два метода относятся к биотехническому типу управления, третий – к автоматическому типу.[1]

Проведем их сравнительный анализ на примере робота – андроида BIOLOID (производства компании ROBOTIS, Ю. Корея). Собранный робот может быть оснащен различными сенсорами (IR-sensor, Distance Measurement Sensor, Touch Sensor, Gyro Sensor), сервоприводами, камерами технического зрения и т.д. (рис.1).

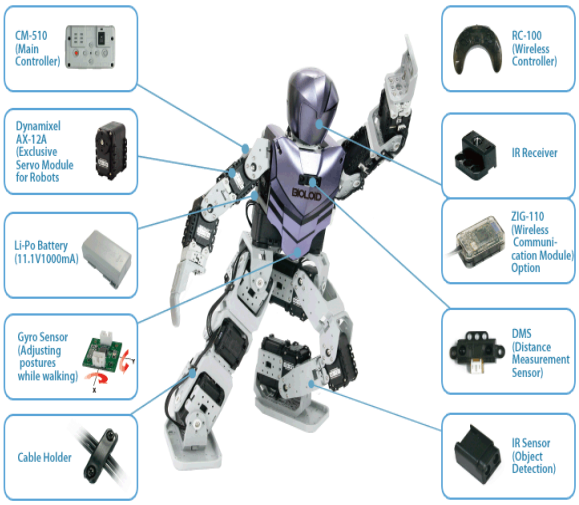


Рис.1.Набор «Bioloid»

Рассмотрим первый метод управления более подробно.

Дистанционное управление достаточно простой метод с точки зрения реализации, т.к. достаточно создать определенный набор команд для робота (с помощью базового ПО) (рис.2), и присвоить их соответствующим кнопкам на пульте. В исследовании был использован пульт управления из комплекта **«Bioloid»**. Данный пульт может связаться с роботом посредством **IR** и **Zigbee** соединений. Подключаемый модуль **ZIG-100/110** (рис.3) позволяет использовать **Zigbee** соединение для управления роботом, как с использованием компьютера, так и с применением пульта.[2]

Zigbee модуль очень удобен, т.к. предназначен для радиочастотных устройств, где необходимы длительная работа от автономных источников питания и безопасность передачи данных по сети, что очень значимо для управления роботом.

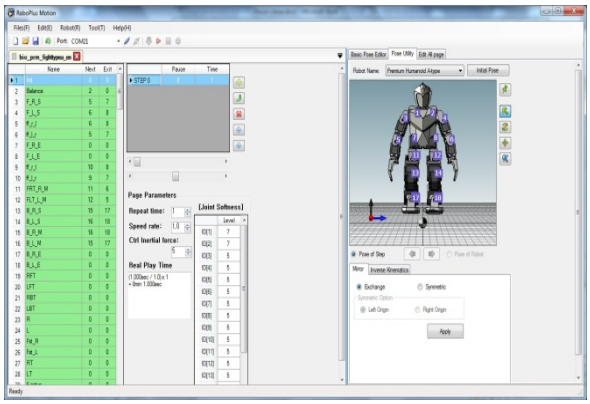


Рис.2.Формирование команд управления в среде RoboPlus

Рис.3.Zigbee модуль

Используя дистанционное управление, оператор можете приказать, чтобы робот исполнил до 24 предопределенных функций, включая, прыжок, свист, фрагмент танца или различные приёмы каратэ.

Однако дистанционное управление имеет и некоторые недостатки:

-Количество команд, выполняемых роботом, ограничено количеством кнопок на пульте управления.

-Отсутствует обратная связь от объекта управления (робота)
-работа оператора весьма сложна и требует специальных навыков

Перейдём к рассмотрению второго метода управления.

В 2010 году компания **Microsoft** выпустила «контроллер без контроллера» для **Xbox 360**. Основанный на добавлении периферийного устройства к игровой приставке **Xbox 360**, **Kinect** позволяет пользователю взаимодействовать с ней без помощи игрового контроллера через устные команды, позы тела и показываемые объекты или рисунки.[3] Достоинства использования:

1. Возможность формировать управляющие команды для робота в режиме реального времени.[4]
2. Расширение возможностей взаимодействия робота с внешней средой (манипуляции с предметами).
3. Возможность записи определённых движений и вызова их с помощью голосовых команд.[5]

Применение сенсора **Kinect** нивелирует ряд недостатков, присущих предыдущему типу, однако:

- Прежде, чем появится возможность управлять роботом посредством **Kinect**, нужно создать программу, которая будет трансформировать входные сигналы с **Kinect**, в управляющие сигналы для сервомоторов робота
- Необходимо производить коррекцию движений, которые могут опрокинуть робота, аналитически рассчитывая и учитывая центр масс реального робота.
- Следует обратить внимание на скорость обработки программного преобразователя **Kinect - Zigbee**

Последний из рассматриваемых типов управления – программный режим.

Программный режим управления подразумевает выполнение роботом различных заранее заданных алгоритмов поведения. Базовое ПО(RoboPlus) предоставляет возможность реализовать такие программы без особых усилий в короткий срок.

Недостатком же является однообразность выполняемых роботом действий: робот выполняет лишь ограниченное количество последовательностей действий.

Выводы

В данном докладе были рассмотрены лишь некоторые основные методы управления роботом андроидом. Все они имеют преимущества и недостатки.

Создание программ поведения для роботов технически несложный процесс, результатом которого является автоматический режим работы, когда робот делает определённые операции без участия человека.

Управление андроидом с помощью контроллера **Kinect** является очень перспективным методом управления, так как не требует затрат времени на создание управляющих команд. Но для этого ещё нужно создать спец. ПО, к тому же **«Bioloid»** не имеет достаточно степеней свободы, чтобы в точности повторять действия человека.

Управление с помощью пульта является самым простым типом управления, которое давно и широко используется.

Источники:

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0
2. http://support.robotis.com/en/
3. http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/projects/kinectsdk/
4. http://www.youtube.com/watch?v=ycrlhH6YVAM
5. http://www.youtube.com/watch?v=3iI9Cv6SRK4&feature=related

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ КОНТУРА ОХЛАЖДЕНИЯ СЕРИИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРА ОПЕРАТОРА ПРОИЗВОДСТВА ФТОРА

Шеренгина А.А., Ливенцова Н.В., Нагайцева О.В.
Научный руководитель: Ливенцова Н.В., к.т.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: liv_nv@mail.ru

Для обеспечения обучения персонала безопасной эксплуатации технологической установки и эффективным приемам управления технологическим процессом производства фтора, повышения и постоянной поддержки высокого уровня знаний и навыков персонала, непосредственно влияющего на ход технологического процесса и повышения квалификации, а также снижения потерь от незапланированных остановок по вине персонала – необходим тренажер оператора производства фтора [1], в рамках этого была поставлена задача разработать компьютерную модель контура охлаждения электролизеров.

В ходе работы сформирована структурно–функциональная модель комплекса виртуальных технологических процессов, которая представляет собой схему взаимодействия модели со SCADA – системой для тренажера оператора производства фтора и определено в ней место компьютерной модели контура охлаждения электролизеров [1].

Общая схема контура охлаждения серии электролизеров производства фтора включает в себя насос, трубопроводы, клапаны и змеевики охлаждения 20 аппаратов. Вода подается насосом в общий коллектор и далее по отдельным трубопроводам к каждому аппарату. Управление расходом воды на охлаждение каждого аппарата обеспечивается клапанами. Затем вода проходит через аппарат по змеевидной трубчатке, отводя тепло, выделяемое электролизером. Из змеевиков охлаждения электролизеров вода сливается в общий сливной коллектор.

Основной задачей управления является стабилизация температуры электролита на заданном уровне путем изменения расхода охлаждающей воды на входе трубчатки каждого аппарата. Главными возмущающими факторами, влияющими на температуру электролита, являются изменения мощности, расхода и температуры охлаждающей воды.

Измеряемыми параметрами являются ток, напряжение, температура электролита и степень открытия клапана. Расход и давление на входе измеряются по месту, и не визуализируются.

В процессе разработки компьютерной модели контура охлаждения электролизера для тренажера оператора промышленного производства технического фтора проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению структуры, статических и динамических параметров математической модели среднетемпературного электролизера СТЭ, как технологического объекта управления.

Для нахождения коэффициентов передачи объекта по каналу управления температурой воды, расхода воды и току (мощности) была разработана модель, получение которой основано на тепловом балансе электролизера в стационарном режиме [2].

Так как в режиме нештатных ситуаций разработанная модель неадекватно отражает действительность в силу накладываемых ограничений возможности отвода тепла системы водяного и воздушного охлаждения, разработана новая модель объекта для режима нештатных ситуаций.

Положительный тепловой поток формируется в результате выделения джоулева тепла. Он определяется электрической мощностью. При этом учитывается, что часть мощности затрачивается на разложение молекул на ионы и в формировании теплового потока не участвует.

Основное охлаждение электролита осуществляется за счет уноса тепла охлаждающей водой. Этот процесс определяется параметрами воды, протекающей через трубчатку. В данном случае принято, что входная и выходная температуры воды постоянны. Поток тепла в окружающую среду в условиях квазистационарного режима принят постоянной величиной.

Разность тепловых потоков приводит к нестационарному изменению температуры электролита. С точки зрения динамических процессов электролизер можно рассматривать как систему трех элементов, участвующих в теплопереносе: электролит, металл стенок труб и вода.

Поток энергии, попадающий в электролит, должен распределиться в электролите и доне-

сти до термопары показатель энергии – температуру.

Этот процесс представлен диффузионной моделью в виде дифференциального уравнения первого порядка с запаздыванием.

В процессе переноса тепла из электролита в воду участвуют металл стенок труб и вода. Этот процесс соответственно представлен диффузионной моделью второго порядка с запаздыванием.

Для моделирования изменения мощности, выделяемой в аппарате при электролизе, использованы результаты моделирования процесса полученные ранее [2]. Падение напряжения зависит от тока, концентрации HF, температуры и сопротивления переходов электрод-электролит. Для моделирования нештатных ситуаций принято допущение, что при поддержании концентрации HF в электролите и температуры в диапазоне регламентных значений зависимость напряжения от тока линейна.

Для получения аналитической зависимости усредненная кривая семейства вольтамперных характеристик электролизера [3] аппроксимирована линейным уравнением.

В момент создания нештатной ситуации производится переключение моделей, при этом обеспечивается сшивка начальных и конечных условий, т.е. конечное значение, рассчитанное по одной модели устанавливается начальным значением для другой модели.

Для предварительной обработки экспериментальных данных при проверке адекватности разработанной модели проведена цифровая фильтрация. Выбран фильтр Баттерворта, его частота среза определена, исходя из того, что фильтр должен обеспечить устранение влияния промышленных наводок и шумов и в то же время пропустить весь спектр полезного сигнала.

Фильтр используется при сравнении экспериментальных данных с расчетом по модели, а также для определения спектра шумовой составляющей, для наложения на модель шума такой же частоты и амплитуды, как на производстве, для отображения реальности обучаемому оператору.

Смоделирована система подачи воды в электролизер, а именно: насос, трубопроводы и клапаны. Для получения градуировочной характеристики клапанов проведена аппроксимация экспериментальных данных с регулирующих клапанов расхода воды, установленных на разных аппаратах на производстве. Все модели элементов контура охлаждения серии электролизеров производства фтора соединены в соответствии с производственной схемой.

Для использования разработки в тренажере смоделированы также нештатные ситуации, т.е. возможные технологические нарушения и аварийные ситуации с учетом имеющихся измерений.

Разработанная компьютерная модель контура охлаждения серии электролизеров показала работоспособность при сравнении графиков, полученных с модели с графиками, полученными на производстве при нештатных ситуациях.

Следует отметить, что проверка адекватности крайне затруднительна, в силу неизвестности действительной причины и величины действия, повлекшего нештатную ситуацию, из-за ограниченного количества измеряемых переменных.

Компьютерная модель контура охлаждения электролизеров достаточно адекватно отражает реальную картину и может использоваться для тренажера оператора промышленного производства технического фтора.

Литература:

1. Нагайцева О.В., Ливенцова Н.В., Ливенцов С.Н. Концепция тренажерной модели электрохимического производства // Известия Томского политехнического университета. Т. 315, № 5. – Томск: ТПУ, 2009 – С. 89-93.

2. Белянин А.В., Нагайцева О.В., Ливенцова Н.В. Математическая модель теплового процесса электролизера для компьютерного тренажера производства фтора // VII Международная конференция студентов и молодых ученых (перспективы развития фундаментальных наук). – Томск: ТПУ, 2009 – С. 543-546.

3. Ливенцова Н.В. Оптимизация технологического процесса получения фтора. Известия Томского политехнического университета. Химия – 2007. – Т. 311. – № 3. – с. 45-58.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Шерин Д.А.
Научный руководитель: Рудницкий В.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: DSherin.tom@gmail.com

Огромной долей парка электромашин на сегодня, являются асинхронные электродвигатели. На них приходится более половины электрической энергии, производимой в нашей стране. Основной задачей таких электродвигателей является преобразование электрической энергии в механическую работу. Непрерывно растут количество и потребляемые мощности асинхронных электромашин. Они получили свое применение в приводах различных станков, производственных машинах (грузоподъемных механизмах, прессах, землеройных машинах), вентиляторах, насосах, бытовой технике и во многом другом. Практически нет такой отрасли, в которой бы не использовались электродвигатели. С учетом того, что электродвигатели являются главными потребителями электрической энергии, на производствах происходит постоянный поиск способов - для уменьшения затрат на их обслуживание. Снижения затрат на оплату электрической энергии, потребляемой электродвигателем, можно добиться при точном учете реактивной энергии, производимой асинхронными двигателями. При наличии значительного объема такой энергии, уменьшается электромагнитная совместимость оборудования. Поэтому величина реактивной энергии должна непрерывно контролироваться. Для этих целей служит счётчик реактивной энергии. Счетчик представляет собой устройство, служащее для преобразования величины мощности в аналоговый сигнал, с дальнейшим преобразованием в электрические сигналы, суммирование которых дает представление о величине потребляемой энергии. Применение данного способа предоставляет следующие возможности:

- уменьшить потерю мощности сети;
- снизить затраты на оплату, за потребляемую электроэнергию;
- уменьшить воздействие помех, создаваемых асинхронными электродвигателями на работу другого оборудования;

Анализ продукции ведущих мировых производителей систем привода и материалов опубликованных научных исследований в этой области позволяет отметить следующие ярко выраженные тенденции развития электропривода:

- Неуклонно снижается доля систем привода с двигателями постоянного тока и увеличивается доля систем привода с двигателями переменного тока. Это связано с низкой надежностью механического коллектора и более высокой стоимостью коллекторных двигателей постоянного тока по сравнению с двигателями переменного тока.
- Преимущественное применение в настоящее время имеют привода с короткозамкнутыми асинхронными двигателями. Большинство таких приводов (около 80%) — нерегулируемые. В связи с резким удешевлением статических преобразователей частоты доля частотно-регулируемых асинхронных электроприводов быстро увеличивается.
- В последнее время на базе систем векторного управления разработан ряд приводов с прямым цифровым управлением моментом. Отличительной особенностью этих решений является предельно высокое быстродействие контуров тока, реализованных, как правило, на базе цифровых релейных регуляторов или регуляторов, работающих на принципах нечеткой логики (фаззи-логики). Системы прямого цифрового управления моментом ориентированы в первую очередь на транспорт, на использование в кранах, лифтах, робототехнике.

Существуют и другие методы настройки, автоматизации и управления электродвигателем, но, так или иначе, все они, после досконального изучения поставленной задачи, сводятся к качественному подбору оборудования и разработки схем автоматизации. В современных условиях постоянно развивающихся возможностей оборудования и их быстро растущего рынка, анализ и продуманный выбор необходимых средств автоматизации является наиболее целесообразным, экономичным и наиболее эффективным методом. Подтверждение этих данных я получил и в ходе выполнения своей курсовой работы. Для ее выполнения было необходимо выбрать оптимальные технические элементы, составить диаграмму работы электропривода, а так же синтезировать схему согласования. После чего, в рамках курсового проектирования, была

выполнена настройка и синтез оптимальных параметров регуляторов данной системы автоматического регулирования электрического привода. Результаты работы представлены на рисунке 1. По ним можно судить о том, что в результате проделанной работы были достигнуты поставленные задачи, настройка системы выполнена корректно и система является устойчивой при соблюдении заданных начальных условий. Это говорит о том что, подобная настройка системы позволила добиться заданных результатов с малыми денежными и временными затратами. Работа в данном ключе может проводиться и на более сложном и интегрированном уровне, с учетом всех аспектов требований заказчика, реальных условий работы системы, а так же ее специализированных задач.

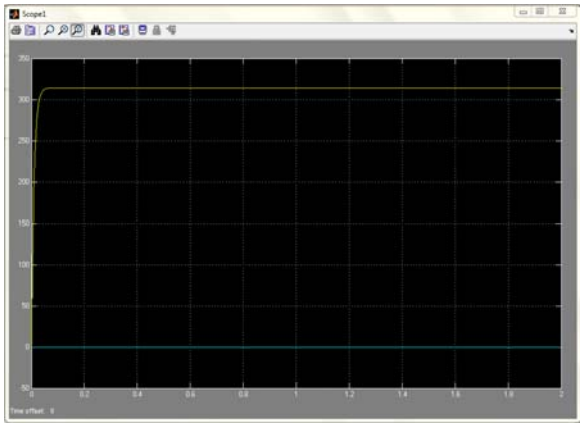


Рис.1 Переходная характеристика линеаризованной САУ РЭП.

Подводя итоги, стоит еще раз сказать о том, что данная тема является одной из наиболее актуальных в современных условиях и с каждым годом ее значимость становится все больше. Вопрос о снижении стоимости производства, его автоматизации и оптимизации становится все более и более часто задаваем в наши дни. Потребность достижения максимальных результатов в кротчайшие сроки в соответствии с требованиями заказчика становится неотъемлемой чертой лидерства на рынке. Поэтому данная тема требует самого пристального внимания и дальнейшего более глубоко изучения, обладает перспективами развития и расширения сферы внедряемости.

Список литературных источников:

1. Журнал “Новости микроэлектроники”: [сайт]. URL: http://www.chipnews.ru/html.cgi/arhiv/99_01/stat_2.htm (дата обращения 13.12.2011).
2. “ProSoft Components”: [сайт]. URL: http://www.prochip.ru/products/brands/allegro/367517/ (дата обращения 13.12.2011).
3. “Мир АСУ”: [сайт]. URL: http://www.mirasu.ru/catalog/detail/10294.html (дата обращения 13.12.2011).
4. “ Чип и Дип”: [сайт]. URL: http://lib.chipdip.ru/274/DOC000274644.pdf (дата обращения 13.12.2011).
5. Свободная энциклопедия Википедия: [сайт]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Заглавная_страница
6. Анализ и синтез систем автоматического управления электроприводом с использованием ЭВМ. Самулаев В.И. Москва, 1993г.

МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТЖИГОМ МЕТАЛЛА

Шкарупин А.В.
Научный руководитель: Рудницкий В.А., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: AlexShV8920@mail.ru

Основная область применения колпаковых печей - светлая термическая обработка рулонов стальной полосы. Колпаковые печи классифицируют по количеству стоп (из листов, рулонов, бунтов) металла, которые располагают на одном стенде и накрывают одним колпаком: одно-, двух-, трехстопные, многостопные. Основным типом печей является одностопная печь для отжига рулонов полосы. Под муфелем размещают несколько рулонов по высоте.

Сам технический процесс отжига рулонов металла представляет собой по переменное повторение стадий нагрева и выдержки. Количество стадий, а так же их продолжительность и температура задаётся оператором.

В настоящее время на многих металлургических заводах существующая система управления отжигом металла в печах не имеет возможности автоматически регулировать процесс отжига. А именно: разогрев садки до температуры выдержки (т.е. вывод печи на режим). Поддержание печи на температуре выдержки производится операторами печей вручную, с ежечасной корректировкой задания для каждого стенда на блоках ФШЛ.

При этом нет никакой системы оповещения персонала (световой, звуковой сигнализации) об отклонении процесса отжига от задания, выставленного оператором на блоке ФШЛ, нет диагностики неисправностей. Расчет параметров отжига в зависимости от сортамента и корректировка параметров отжига при аварийном тушении печи, заполнение карточек отжига также производятся ежечасно и вручную, что делает процесс трудоемким. Помимо этого, применяемый на блоках ФШЛ принцип регулирования подачи защитного газа (полностью открыть заслонку, полностью закрыть заслонку, без возможности промежуточного положения заслонки) приводит к ошибке регулирования до +50 °С, а также к повышенному расходу защитного газа и износу оборудования[1].

Указанные недостатки приводят к нестабильному процессу отжига, что неизбежно влечет за собой такие дефекты, как цвета побежалости, сваривание витков рулонов, выход из строя муфелей.

Для модернизации процесса производства необходимо не только усовершенствовать аппаратную и программную составляющую, но и задействовать новый алгоритм контроля отжига.

Новый алгоритм контроля отжига основывается на использовании пропорционально-интегрально-дифференциальных (ПИД) регуляторов.

ПИД регулятор — устройство в цепи обратной связи, используемое в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально входному сигналу, второе — интеграл входного сигнала, третье — производная входного сигнала.

Применение ПИД регуляторов в данном техническом процессе, позволяет поддерживать темп прироста температуры, наиболее близко, к заданному оператором.

Общая структура алгоритма автоматизации представлена на рисунке 1

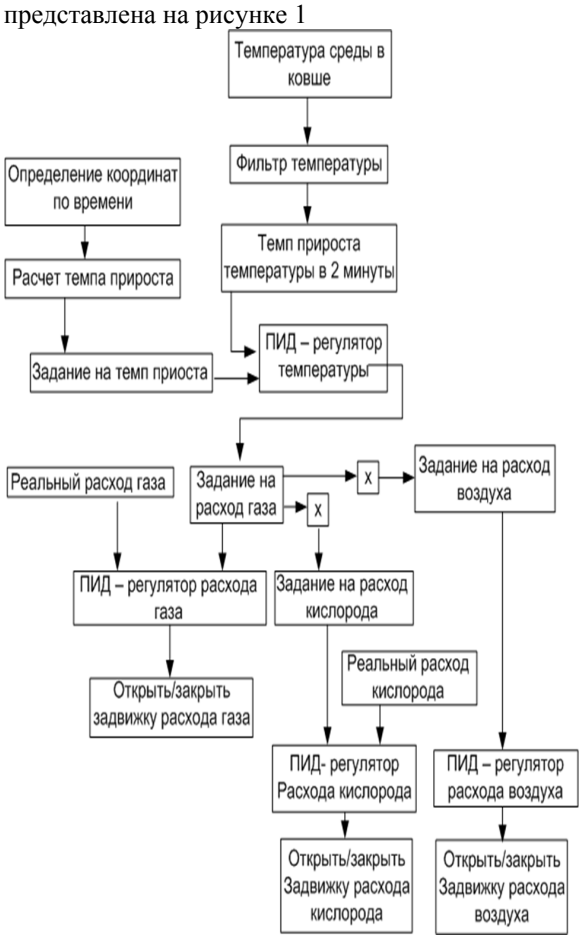


Рис 1 – Предлагаемая структура автоматизации

Рассмотрим данный алгоритм подробнее. Входными сигналами будут являться сигналы с датчиков измерения температуры, с которых поступает информация о значении температуры в ковше. Сигнал с датчиков температуры пропускается через фильтр, чтобы исключить возможные возмущения. С помощью отфильтрованного значения температуры, вычисляется реальный темп прироста температуры за две минуты и это значение заводится на вход ПИД регулятора.

Затем с помощью значения времени, которое прошло с начала нагрева, определяется заданная температура, вычисляется каким должен быть темп прироста температуры чтобы достигнуть заданного значения через заданный промежуток времени. Значение заданного темпа прироста температуры вводится в ПИД регулятор.

На выходе ПИД регулятора получим величину, которая зависит от рассогласования заданного значения температуры в отдельный промежуток времени и его реального значения. Данная величина пропорциональна расходу газа необходимого для поддержания заданной температуры отжига. По этому после соответствующего преобразования значение с выхода первого ПИД регулятора подается на второй ПИД регулятор как заданное значение расхода газа.

На второй вход ПИД регулятора заводится реальное значение расхода газа, измеренное датчиками. На выходе регулятора получим сигнал для открытия/закрытия задвижки, расхода газа.

Остальная часть алгоритма по расчету расхода кислорода и расхода воздуха аналогична алгоритму расчета газа и в подробном описании не нуждается.

В качестве аппаратных средств модернизации системы предлагается выбрать наиболее популярными в настоящее время промышленные контроллеры фирмы SIEMENS.

На сегодняшний день наиболее современными продуктами фирмы SIEMENS удовлетворяющими всем требованиям данного производственного процесса является серия контроллеров SIMATIC S7-1200.

Рис 2 – Внешний вид контроллера SIMATIC S7-1200

Программируемые контроллеры SIMATIC S7-1200 это новое семейство системных микроконтроллеров для решения самых разных задач автоматизацииколпаковые малого уровня. Эти контроллеры имеют модульную конструкцию и универсальное назначение.

Они способны работать в реальном масштабе времени, могут использоваться для построения относительно простых узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем автоматического управления, поддерживающих интенсивный коммуникационный обмен данными через сети Industrial Ethernet/PROFINET, а также PtP (Point-to-Point) соединения[2].

- Программирование на языках LAD и FBD, исчерпывающий набор команд.
- Высокое быстродействие, время выполнения логической операции не превышает 0.1 мкс.
- Поддержка функций ПИД регулирования.
- Поддержка функций управления перемещением в соответствии с требованиями стандарта PLCopen.

В качестве среды программирования для промышленных контроллеров рекомендуется использовать новейшую версию пакета TIA Portal.

TIA Portal V11 является программным продуктом единой среды разработки, позволяющей:

- использовать однородную среду разработки для решения любых задач автоматического управления;
- обеспечивать поддержку всех фаз жизненного цикла систем автоматизации;
- использовать единый набор сервисных служб для поддержки единой концепции оперативного управления и мониторинга, конфигурирования аппаратуры, организации промышленной связи, диагностики и т.д.

TIA Portal V11 содержит широкий спектр инструментальных средств для работы с программируемыми контроллерами.

SIMATIC S7-1200 и базовыми панелями операторов SIMATIC.

Для визуализации процесса отжига рулонов могут быть использованы SCAD’а-системы фирмы SIEMENS WinCC версии 6.0 SP2 или выше.

Таким образом, применение описанного выше алгоритма отжига совместно с введением современного программного и аппаратного обеспечения значительно повысит производительность и понизит процент брака на производстве.

Список литературы:

1. Гусовский В.Л., Ладыгичев М.Г., Усачев А.Б. Современные нагревательные и термические печи (конструкции и технические характеристики) Справочник// Под. ред А. Б. Усачева. М.: Теплотехник, 2007. -656с

МАЛОГАБАРИТНОЕ СБОРОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ТРАЕКТОРНОГО ПОИСКА

Шкарупин А.В.
Научный руководитель: Рудницкий В.А., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: AlexShV8920@mail.ru

В настоящее время в промышленности для сборки изделия часто используется связка конвейер промышленный робот(ПР). Где базовая деталь располагается на конвейере, а присоединяемая в схвате руки ПР. Как известно основной проблемой при сборке изделий является сопряжение жестко зафиксированных деталей.

При конвейерной сборке, обычно, не удается добиться точного позиционирования деталей относительно друг друга. Отклонение деталей от оси сопряжения на несколько миллиметров в условиях нежесткого базирования может привести к заклиниванию детали в условиях жесткого базирования сборка может не состояться[1].

Поэтому логичным является внедрение в конструкцию сборки устройства траекторного поиска.

Наиболее распространенным является поиск по траектории квадратичная спираль.

Внедрение устройства траекторного поиска может происходить двумя способами.

Первый способ – организация траекторного поиска за счет смены сборочной позиции. На рынке в настоящее время для этих целей широко распространены координатные столы.

К достоинствам данного решения можно отнести:

- простоту и надежность сборки деталей призма корпус,
- высокую точность позиционирования.

Недостатками данного решения являются:

- увеличивается количество необходимых операций сборки
- большие габариты установки
- значительно изменение существующего алгоритма работы комплекса

Второй способ – организация траекторного поиска с помощью конструкции установленной на руке робота.

К достоинствам данного решения можно отнести:

- простоту и надежность сборки деталей призма корпус,
- реализация сборки без внесения существенных изменений в исходный алгоритм сборки и исходное расположение роботов в РТК,
- невысокая стоимость.

Недостатками данного решения являются:

- существенные ограничения по массе устройства,
- существенные ограничения по габаритам устройства,

В условиях конвейера второй способ предпочтителен, так как не предполагает смены сборочной позиции и разработки нового алгоритма сборки.

Так как большинство промышленных роботов манипуляторов имеют очень жесткие ограничения по нагрузке, устройство траекторного поиска должно обладать минимально необходимыми габаритами, обеспечивающими его функционирование и минимальной массой.

Для решения данной проблемы предлагается использоваться устройство, представленное на рисунке 1.

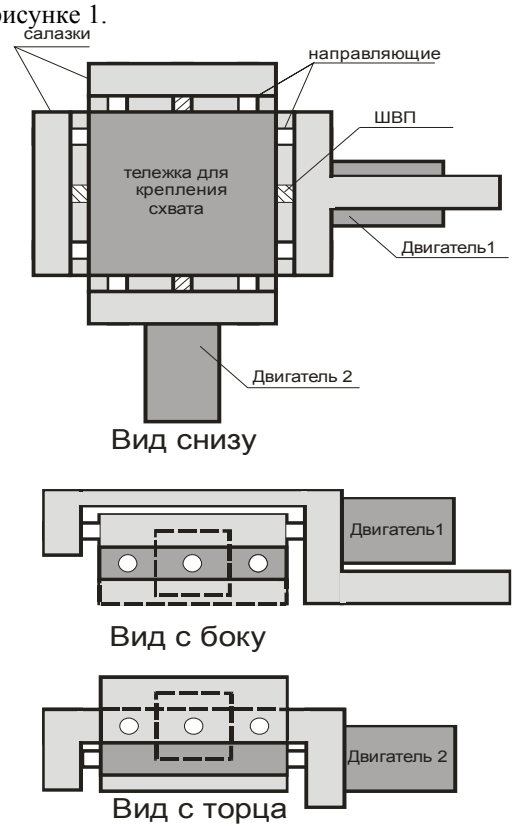


Рис 1 – внешний вид сборочного устройства

На данной схеме схват будет располагаться на тележке и перемещаться по средствам шариковинтовой передачи(ШВП) в двух плоскостях по направляющим.

Верхние салазки, на которых закреплен двигатель 1, жестко крепятся на руке промышленного робота. Крутящий момент двигателя 1 передается через муфту к ШВП, которое преобразует его в линейное перемещение нижним салазкам.

К нижним салазкам крепится двигатель 2, перпендикулярно двигателю 1, в горизонтальной плоскости. Двигатель 2 соответственно передается через муфту крутящий момент к ШВП, которое преобразует его в линейное перемещение тележки.

На самой тележке, может быть закреплен, подходящий по габаритам, схват.

Для предания жесткости конструкции обе салазки снабжены направляющими. Траекторный поиск организуется последовательным включением двигателей и линейным перемещениям тележки по координатам x и y.

В качестве двигателей могут быть использованы пьезоэлектродвигатели или миниатюрные шаговые двигатели.

Пьезоэлектродвигатели обеспечивают преимущество перед шаговыми по эффективности при диаметре менее 8 мм. В остальных случаях удобнее использовать шаговые электродвигатели.

Если же робот «носитель» имеет пневматический привод, то для организации траекторного поиска могут использоваться мембранные пневмодвигатели. В этом случае ШВП заменит мембрана.

В ходе анализа всех трех вариантов в качестве оптимального, для данной системы, типа привода был выбран электромеханический шаговый двигатель так, как он обладает небольшими размерами и массой, обеспечивает необходимую точность позиционирования при минимальной стоимости[2].

Из всей представленной на рынке номенклатуры шаговых двигателей наиболее подходящим был выбран миниатюрный шаговый двигатель FL20STH. Характеристики двигателя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики двигателя FL20STH

Параметры	Параметры
Максимальная частота обработки шагов	10кГц
Угловой шаг, град	1.8
Рабочая температура	-20°C ~ +50°C
Максимальная допустимая радиальная нагрузка на вал	20 Н
Максимальная допустимая осевая нагрузка на вал	2 Н
Максимальный нагрев двигателя	80°C (при номинальном токе, 2 фазы)
Крутящий момент, кг×см	0.18 ~ 0.3
Ток фазы ШД, А	0.6 ~ 0.8

В качестве системы управления, предлагается использовать, рекомендуемую производителем двигателя связку: устройство управления шаговыми двигателями SMC-3-1 и блок управления шаговым двигателем SMD-15, в качестве драйвера. Блок управления шаговым двигателем SMD-15 (далее - блок) представляет собой электронное устройство, предназначенное для управления четырехфазными, либо двухфазными гибридными шаговыми двигателями (далее - ШД) с числом полных шагов на оборот 200 или 400 и с максимальным током питания каждой из фаз двигателя не более 1,5 А.

Устройство управления шаговыми двигателями SMC-3-1 (далее – устройство) предназначено для управления работой приводов шаговых двигателей (ШД) и обеспечивает работу ШД по заданной программе.

Программа управления шаговыми двигателями может быть написана в специализированной среде SMC_Program. Программа может управлять одним, двумя или тремя шаговыми двигателями, подключенными к контролле-ру SMC-3-1.

В программном пакете Matlab 7,1 было проведено моделирование работы сборочного устройства и собрана математическая модель устройства. Схема модели управления представлена на рисунке 2.

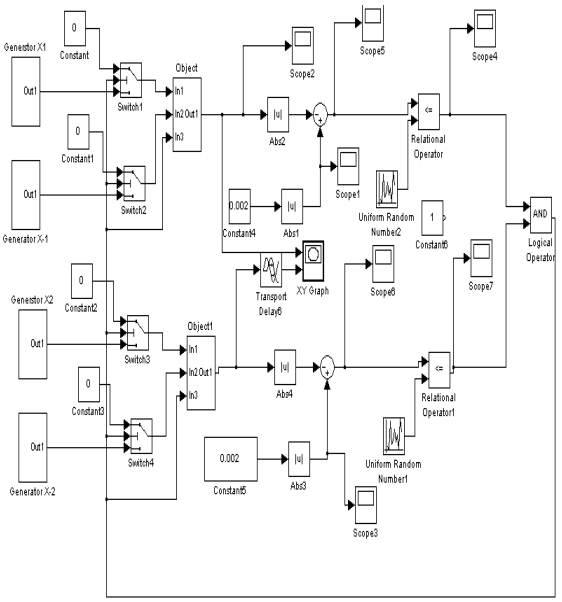


Рис 2 - Схема модели управления

Внедрение данного устройства в сборочный комплекс позволит увеличить точность и надежность сборки. В свою очередь это позволит уменьшить количество брак и время простоя на производстве.

Список литературы:

1. Полищук М.Н., Васюков Ю.Г. Наладка промышленных роботов и автоматических линий / Справочное пособие: Под общ. ред. Л.С.
2. Ямпольского. – Киев: Техника, 1987. – 231 с. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВЫМ ОБЪЕКТОМ

Щелканова Т.А.
Научный руководитель: Воронин А.В., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина, 30
E-mail: 3ene4ka@sibmail.com

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В современной теории автоматического управления существует большое число методов синтеза регуляторов. Однако не все они применимы для неустойчивых объектов. Например, для этих объектов нет хороших методов синтеза ПИД-регуляторов. Другие методы концептуально просты, однако их применение ограничивается отсутствием четких рекомендаций, касающихся применения этих методов для конкретных объектов и требований к их качеству. К подобным методам относятся методы синтеза компенсационных регуляторов [1], где в рамках общего подхода для одного объекта может быть получено несколько регуляторов различных порядков.

Идея метода компенсации состоит в том, что для системы на рис. 1 по известной передаточной функции объекта $W_{OY}(s)$ и желаемой функции замкнутой системы $W_{Ж}(s)$ можно путем элементарных преобразований получить передаточную функцию регулятора

$$W_{Рег}(s)=\frac{1}{W_{OY}(s)}\cdot\frac{W_{Ж}(s)}{1-W_{Ж}(s)}. \qquad (1)$$

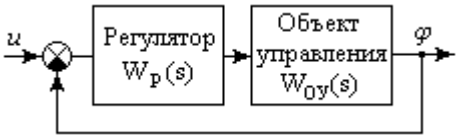


Рис. 1 - Структурная схема системы управления

Из (1) видно, что регулятор состоит из двух частей. Первая компенсирует динамику объекта, вторая – создает желаемую динамику. Однако в столь простой постановке метод не применим к неминимально-фазовым объектам, так как не обеспечивает робастности результата, в связи с сокращением правых нулей и полюсов.

Конструктивное решение предложено в [1]. Пусть передаточная функция объекта управления имеет вид

$$W_{OY}(s)=\frac{P(s)}{R(s)}. \qquad (2)$$

Для корректного решения задачи необходимо, чтоб передаточная функция $W_{Ж}(s)$ содержала в себе все нули многочлена $P(s)$, т.е. её можно было представить в виде

$$W_{Ж}(s)=\frac{M(s)}{G(s)}P(s), \qquad (3)$$

а желаемая передаточная функция по ошибке регулирования $1-W_{Ж}(s)$ имела в своем составе все нули многочлена $R(s)$, т.е. была представима в виде

$$1-W_{Ж}(s)=\frac{N(s)}{G(s)}R(s). \qquad (4)$$

Здесь многочлен $G(s)$ задается из условия получения желаемых динамических характеристик, а многочлены $M(s)$ и $N(s)$ определяются из полиномиального уравнения

$$R(s)N(s)+P(s)M(s)=G(s). \qquad (5)$$

При этом передаточная функция регулятора может быть найдена как

$$W_{Рег}(s)=\frac{M(s)}{N(s)}. \qquad (6)$$

Недостатком данного подхода является высокий порядок получаемого регулятора, равный порядку объекта. (10)

В [2] предложено развитие метода, основанное на том, что для робастности достаточно обеспечить несокращаемость только правых нулей и полюсов, левые же могут сокращаться. Для этого выполняется факторизация передаточной функции объекта, то есть она представляется в виде:

$$W_{OY}(s)=\frac{P(s)}{R(s)}=\frac{P^{-}(s)P^{+}(s)}{R^{-}(s)R^{+}(s)}, \qquad (7)$$

где $P^{-}(s)$, $R^{-}(s)$ - полиномы с левыми нулями, $P^{+}(s)$, $R^{+}(s)$ - полиномы с правыми и нейтральными нулями.

Отсюда

$$W_{Рег}(s)=\frac{R^{-}(s)R^{+}(s)}{P^{-}(s)P^{+}(s)}\cdot\frac{W_{Ж}(s)}{1-W_{Ж}(s)}. \qquad (8)$$

Выражения (3) и (4) приобретают вид

$$W_{Ж}(s)=\frac{P^{+}(s)M(s)}{G(s)}, \qquad (9)$$

$$1-W_{Ж}(s)=\frac{R^{+}(s)N(s)}{G(s)}, \qquad (10)$$

Следовательно

$$P^{+}(s)M(s)+R^{+}(s)N(s)=G(s), \qquad (11)$$

$$W_{Рег}(s)=\frac{R^{-}(s)}{P^{-}(s)}\cdot\frac{M(s)}{N(s)s^{r}},$$

где $M(s)$, и $N(s)$ – некоторые неопределенные полиномы, порядок которых существенно меньше, чем порядок $G(s)$.

Проведем сравнение двух описанных подходов на примере синтеза регуляторов для объекта управления с передаточной функцией

$$W_{OY}(s) = \frac{8.24}{s^2 - 82.42}$$

являющегося упрощенной моделью перевернутого маятника.

Объект является неустойчивым, имея один левый и один правый полюс. Рассмотрим синтез компенсационного регулятора сдвигающего оба полюса в точку -10.

Факторизованная модель (7) имеет вид

$$W_{OY}(s) = \frac{8.24}{s^2 - 82.42} = \frac{P_1^+(s)\cdot P_1^-(s)}{R_1^+(s)\cdot R_1^-(s)}.$$

где $P_1^-(s) = 1$; $P_1^+(s) = 8.24$; $R_1^-(s) = s + 9.08$; $R_1^+(s) = s - 9.08$.

Обозначим степени этих полиномов как

$$n_{P^-} = 0;\ n_{P^+} = 0;\ n_{R^-} = 1;\ n_{R^+} = 1.$$

Примем, что полином $G(s) = (s+20)^2$, т.е. имеет второй порядок. Из условий разрешимости, физической осуществимости и грубости получаем, что наименьший порядок полинома $N(s)$ равен единице, при этом порядок полинома $M(s)$ равен нулю.

Следовательно, $N(s) = n_0 + n_1 s$, $M(s) = m_0$.

Подставив $P^+(s), M(s), R^+(s), N(s), G(s)$ в (11), получим: $n_1 = 1$; $n_0 = 49.08$; $m_0 = 102.63$.

Таким образом, регулятор первого порядка имеет вид

$$W_{Peг}(s) = 102.63\frac{s+9.08}{49.08+s}. \qquad (12)$$

Теперь для того же объекта построим регулятор второго порядка. В соответствии с [1] примем

$$R(s) = s^2 - 82.42;\ P(s) = 8.24.$$

Согласно приведенной выше методике примем полинома знаменателя желаемой передаточной функции в виде

$$G(s) = (s+20)^4.$$

Общий вид неизвестных полиномов:

$$M(s) = m_0 + m_1 s;\ N(s) = n_0 + n_1 s + s^2.$$

Подставим выражения для $R(s)$, $P(s)$ и $G(s)$ в (5), решив полиномиальное уравнение, получим: $m_1 = 80$; $m_0 = 2484.4$; $n_1 = 44247.7$; $n_0 = 4683.7$.

Таким образом, получаем регулятор второго порядка:

$$W_{Peг}(s) = 4683.7\frac{s+9.447}{s^2+80s+2484.4}. \qquad (13)$$

При сравнении структуры полученных регуляторов видно, что первый из них полностью компенсирует устойчивый полюс системы, а второй просто осуществляет сдвиг полюсов передаточной функции объекта управления, хотя и имеет нуль весьма близкий к полюсу объекта.

Для анализа робастности полученных систем проведем их моделирование с каждым из регуляторов в ППП Simulink. На рис. 2 и рис. 3 представлены графики переходных функций при вариациях на ±10% параметров маятника.

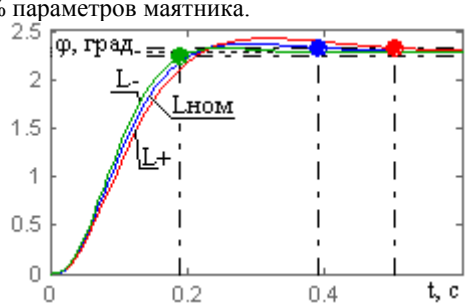


Рис. 2 – Переходные характеристики в системе с регулятором второго порядка (13) при изменении параметров маятника на 10%

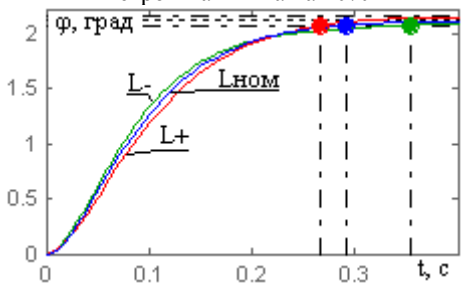


Рис. 3 – Переходные характеристики в системе с регулятором первого порядка (13) при изменении параметров маятника на 10%

Из рисунков 2 и 3 видно, что при изменении параметров объекта переходная характеристика также меняется. При этом в системе с регулятором первого порядка показатели качества изменяются в допустимых пределах, также как и в системе с регулятором второго порядка (12). Можно сделать вывод, что снижение порядка системы не привело к существенным изменениям качества системы, при этом регулятор первого порядка реализовать проще.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы можно сделать вывод, что оба метода обеспечивают робастность к параметрическим возмущениям, при этом методика [2] позволяет получить желаемое качество при существенно более простом регуляторе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Линейные модели. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. - 304 с.
2. Д.П. Ким. Синтез неминимально-фазовых систем управления с заданным временем регулирования // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2010. - №4. – С. 5-10.

МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Щербаков В.В., Чемезов В.О.
Научный руководитель: Шакиров И.В. к.т.н.
Томский университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: dr_scorpion@mail.ru

Сегодня методы определения оптического потока все чаще становятся предметом университетских лекций и темой международных конференций. Само словосочетание "оптический поток" приобретает устойчивость и выходит за рамки узкоспециализированных научных диалектов.

Границы применения оптического потока постоянно расширяются: интенсивно используется для создания видео спецэффектов, сжатии видео, машинном зрении и многих других областях. В оптическом потоке зашифрована полезная информация о структуре сцены. Оптический поток — это изображение видимого движения объектов, поверхностей или краев сцены, получаемое в результате перемещения наблюдателя относительно сцены. Алгоритмы, основанные на оптическом потоке, такие как регистрация движения, сегментация объектов и кодирование движений используют это движение объектов, поверхностей и краев [1].

Последовательности упорядоченных изображений позволяют оценивать движение либо как мгновенную скорость изображения, либо как дискретное смещение.

Методы, основанные на оптическом потоке, вычисляют движение между двумя кадрами, взятыми в момент времени t и $t + \delta t$, в каждом пикселе. Эти методы называются дифференциальными, так как они основаны на приближении сигнала отрезком ряда Тейлора; таким образом, они используют частные производные по времени и пространственным координатам.

В случае размерности $2D + t$ (случаи большей размерности аналогичны) пиксель в позиции (x, y, t) с интенсивностью $I(x, y, t)$ за один кадр будет перемещен на δx, δy и δt, и можно записать следующее уравнение:

$$I(x, y, t) = I(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t)$$

Считая, что перемещение мало, и используя ряд Тейлора, получаем:

$$I(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t) \approx I(x, y, t) + \frac{\partial I}{\partial x}\delta x + \frac{\partial I}{\partial y}\delta y + \frac{\partial I}{\partial t}\delta t$$

Из этих равенств следует:

$$\frac{\partial I}{\partial x}\delta x + \frac{\partial I}{\partial y}\delta y + \frac{\partial I}{\partial t}\delta t = 0$$

или

$$\frac{\partial I}{\partial x}\frac{\delta x}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial y}\frac{\delta y}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial t}\frac{\delta t}{\delta t} = 0$$

Отсюда получается, что

$$\frac{\partial I}{\partial x}V_x + \frac{\partial I}{\partial y}V_y + \frac{\partial I}{\partial t} = 0$$

где V_x, V_y это x и y компоненты скорости оптического потока в $I(x, y, t)$, а а $\frac{\partial I}{\partial x}$, $\frac{\partial I}{\partial y}$ и $\frac{\partial I}{\partial t}$ это производные изображения в (x, y, t) в соответствующих направлениях. Таким образом:

$I_x V_x + I_y V_y = -I_t$ или $\nabla I^T \cdot \vec{V} = -I_t$ [2].

Вейвлет-преобразование.

Вейвлеты, будучи функциями времени, имеют свое частотное представление. Частотное представление вейвлетов имеет важное значение и в определении фильтрующих свойств вейвлет-преобразований, и быстрого вейвлет-преобразования, основанного на пирамидальном алгоритме Малла (Mallat algorithm) и прореживании спектра вейвлетов по частоте. В соответствии с частотным подходом к вейвлет-преобразованиям частотная область вейвлетов может быть разбита на две составляющие – низкочастотную и высокочастотную. Таким образом, вейвлет можно представить реализацией двух фильтров: низкочастотного и согласованного с ним высокочастотного фильтра. Низкочастотный фильтр дает частотный образ для аппроксимации (грубого приближения) сигнала, а высокочастотный фильтр – для его детализации.

Быстрое вейвлет-преобразование может быть реализовано в виде каскадного соединения низкочастотных и высокочастотных фильтров или пирамидального алгоритма Малла. В этом случае полосовой фильтр для каждого масштаба состоит из пары дополняющих друг друга фильтров низких и высоких частот, относящихся к классу квадратурных зеркальных фильтров. Особенностью этого класса фильтров является то, что фильтр высоких частот получается из соответствующего фильтра низких частот простой перестановкой его коэффициентов в обратном порядке и изменением знака половины из них (только четных или только нечетных).

Применимо к изображениям, за один шаг дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) выделяют одну низкочастотную и три высокочастотных компоненты исходного сигнала-изображения [3].

Описание метода.

В основу метода положен переход от временного представления последовательного видеоряда к частотному, полученному путем вейвлет преобразования интенсивностей $I(x, y, t)$. Тогда вычисление оптического потока будет иметь вид:

$$\nabla \mathrm{W}^T \cdot \vec{V} = -\mathrm{W}_t$$

Для изображений размером M×N пикселей каждая итерация быстрого вейвлет–преобразования (алгоритм Малла) реализуется в два этапа. В результате применения фильтров G и H получаются две матрицы, состоящие из низкочастотных (сглаженная версия оригинала) и высокочастотных компонент (детали), каждая из которых имеет размер (M/2)×N пикселей. На втором этапе с помощью этих же фильтров выполняют преобразования столбцов обеих матриц изображений. В итоге, после выполнения одной итерации разложения изображения по алгоритму Малла получается двухмерный вейвлет–спектр размером M×N пикселей, условно разбитый на четыре квадранта:

LP-LP – квадрант, представляющий собой уменьшенную и сглаженную по строкам и столбцам версию изображения – оригинала;

LP-HP – квадрант, содержащий дифференциальную информацию об исходном изображении в горизонтальном направлении;

HP-LP – квадрант, содержащий дифференциальную информацию об исходном изображении в вертикальном направлении;

HP-HP – квадрант, содержащий дифференциальную информацию об исходном изображении в диагональном направлении.

Большая и важнейшая часть информации, необходимая для восстановления исходного изображения, сконцентрирована в LP-LP квадранте. Дифференциальные квадранты содержат локальную информацию о высокочастотном заполнении оригинала. На рис. 1 показан пример результата разложения одной итерации ДВП для растрового изображения.

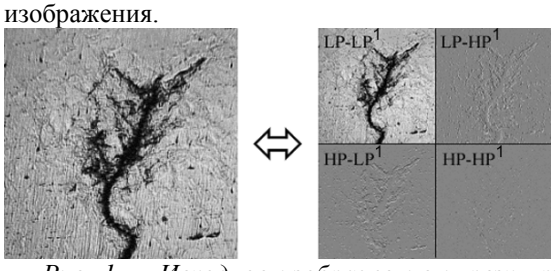


Рис. 1. – Исходное изображение и результат одной итерации вейвлет–преобразования

Применение алгоритма Лукаса—Канаде.

Алгоритм Лукаса—Канаде — широко используемый в компьютерном зрении дифференциальный локальный метод вычисления оптического потока.

Основное уравнение оптического потока содержит две неизвестных и не может быть однозначно разрешено. Алгоритм Лукаса—Канаде обходит неоднозначность за счет использования информации о соседних пикселях в каждой точке. Метод основан на предположении, что в локальной окрестности каждого пикселя значение оптического потока одинаково, таким образом можно записать основное уравнение оптического потока для всех пикселей окрестности и решить полученную систему уравнений методом наименьших квадратов [4].

Для улучшения результата получаемого с помощью этого алгоритма, будем определять оптический поток не по серии оригинальных изображений, а по полученным с помощью вейвлет-преобразования проекций в области высоких частот. Такая операция позволяет работать только над более выразительными частями оригинала, что позволяет лучше отсеивать шумы. А также используя ДВП отметим интересную особенность, если для расчета первой итерации ДВП изображения требуется, к примеру, K операций, то для реализации второй итерации требуется уже K/4 операций, а для третей K/16 операций и т.д. – это существенно сокращает общий объем вычисления вейвлет–спектра изображения.

Выводы.

Применение современного математического аппарата для вычисления опт потока позволило повысить эффективность Лукаса-Канаде метода, так как расчеты были перенесены из временной области в пространственно-временную область вейвлет спектра. В частности алгоритм позволяет уменьшать количество вычислений в N раз и определять ключевые точки по высокочастотным компонентам, что в свою очередь повысило устойчивость обработки на различного рода видеопоследовательностях.

Список литературы:

1. Д. Форсайт, Ж. Понс Компьютерное зрение Современный подход//Издательский дом "Вильямс". – М., 2004.

2. Пер. ст. D. J. Fleet, Y. Weiss Optical Flow Estimation. – М., 2006.

3. И.М. Дремин, О.В. Иванов, В.А. Нечитайло Вейвлеты и их использование. – М., 2001.

4. Пер. ст. B. Lucas, T. Kanade An iterative image registration technique with an application to stereo vision из журн.: IJCA. – М., 1981. С. 674–679

ВЕКТОРНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ ВСП

Янковская Н.Г.
Научный руководитель: Степанов Д.Ю., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: abc-xwz@sibmail.com

В сейсмической разведке ставятся следующие основные задачи: определение положения геологических границ, прогнозирование вещественного состава и физического состояния горных пород по результатам наблюдений искусственно возбужденных колебаний земли (волнового поля). При решении перечисленных задач часто используется признак поляризации волн. Однако, в литературе отсутствует математическая модель волнового поля, учитывающая изменения поляризации волн по профилю наблюдения, а существующие алгоритмы можно применять только для идеальных условий приема [1, 2].

В литературе приводится следующая математическая модель волнового поля [3]:

$$A(t,h) = S(t,h) + L(t,h), \qquad (1)$$

где $S(t,h)$ – полезная составляющая волнового поля, содержащая интересующую интерпретатора информацию; $L(t,h)$ – помеха; t и h временная координата и глубина, соответственно. Полезная составляющая волнового поля пишется в виде:

$$S(t,h) = \sum_{i=0}^{K-1} a_i S_i(t - \Delta t_i(h)), \qquad (2)$$

где $S_i(t)$ – нормированная к единице форма импульса волны; a_i – параметр, определяющий амплитуду; $\Delta t_i(h)$ – время прихода волн в точку наблюдения h (уравнение годографа); K – количество волн.

Будем рассматривать волновое поле, которое регистрируется трехкомпонентными зондами при проведении вертикального сейсмического профилирования (ВСП) [2]. Трехкомпонентный зонд состоит из объединенных в одном корпусе вертикального и двух горизонтальных сейсмоприемников. Трехкомпонентная регистрация волнового поля в скважине позволяет определять направление колебания частиц горной породы во фронте сейсмической волны (поляризацию волн).

Регистрация трехкомпонентными зондами проводится давно, но в литературе отсутствует математическая модель трехкомпонентной сейсмической записи колебаний. Для того, чтобы математическая модель (1) представляла трехкомпонентную регистрацию, необходимо перейти от скалярных волновых полей к векторным. Тогда модель запишется в виде:

$$\overline{A}(t,M) = \overline{S}(t,M) + \overline{L}(t,M), \qquad (3)$$

где $\overline{S}(t,M)$ – полезная составляющая волнового поля; $\overline{L}(t,M)$ – помеха; t – временная координата; M – точка в пространстве. Полезную составляющую волнового поля в общем виде запишем как совокупность множества волн:

$$\overline{S}(t,M) = \sum_{i=0}^{K-1} \overline{a}_i(M) S_i(t - \Delta t_i(M)), \qquad (4)$$

где $S_i(t)$ – нормированная к единице форма импульса волны; $\overline{a}_i(M)$ и $\Delta t_i(M)$ – вектор поляризации и время прихода (уравнение годографа) i-той волны в точке приема с координатами M, соответственно; K – количество волн.

Будем считать, что ось вертикального сейсмоприемника называется Oz, а оси горизонтальных ортогональных приемников называются Ox и Oy. Если сейсмический зонд не оборудован системами ориентации, направление осей сейсмоприемников может быть произвольным: вертикальная ось Oz совпадает с направлением ствола скважины, а горизонтальные оси Ox и Oy могут поворачиваться при спуске/подъеме зонда.

Вектор, определяющий амплитуду и направление поляризации волны, запишем в виде:

$$\overline{a}(M) = \left(x_a(M), y_a(M), z_a(M)\right), \qquad (5)$$

где $x_a(M), y_a(M)$ и $z_a(M)$ – проекции вектора $\overline{a}$ (амплитуда колебания) на соответствующие направления. Нормированный вектор поляризации можно представить следующим образом:

$$\overline{N}_i(M) = \frac{\overline{a}(M)}{|\overline{a}(M)|} = \left(\cos\alpha(M), \cos\beta(M), \cos\gamma(M)\right), \qquad (6)$$

где $\cos\alpha(M), \cos\beta(M)$ и $\cos\gamma(M)$ – направляющие косинусы вектора $\overline{a}$.

Результат измерений сейсмическим зондом в некоторой точке $\overline{\rho}$ представим в виде:

$$\overline{\mathrm{A}}(\mathrm{t}) = \left\{\mathrm{A_x}(t), \mathrm{A_y}(t), \mathrm{A_z}(t)\right\}, \qquad (7)$$

где $\mathrm{A_x}(t), \mathrm{A_y}(t), \mathrm{A_z}(t)$ – записи соответствующих сейсмоприемников. В связи с тем, что направление сейсмоприемников произвольно, компоненты $\mathrm{A_x}, \mathrm{A_y}, \mathrm{A_z}$ будут содержать в общем случае интерференцию продольных и поперечных волн. Для разрешения интерференционных колебаний используют различные методы, основанные на различии кинематических параметров волн. В данной работе для разделения продольных и поперечных волн воспользуемся свойством ортогональности, их поляризации.

Пусть по зарегистрированным сейсмограммам $\mathrm{A_x}(t)$, $\mathrm{A_y}(t)$ и $\mathrm{A_z}(t)$ определено «положение» Р-волны, т.е. известно время t_0 и отклонения $\mathrm{x_p} = \mathrm{A_x}(t_0)$, $\mathrm{y_p} = \mathrm{A_y}(t_0)$ и $\mathrm{z_p} = \mathrm{A_z}(t_0)$, определяющие вектор смещения точки приема в момент времени t_0 в пространстве $\overline{P} = (x_p, y_p, z_p)$.

В работе [2] применяют процедуры искусственного ориентирования сейсмоприемников в систему координат PRQ. Однако, приводится такое преобразование систем, в котором реализована только процедура поворота осей Ox и Oy. По такой системе можно исследовать поляризацию волн, но разделить продольные и поперечные волны невозможно. Считается, что P-волна несет наибольшую энергию и, следовательно, направление максимального зарегистрированного отклонения даст вектор поляризации продольных волн.

Пусть нам известен вектор P в каждой точке приема и его координаты и тогда определим новую локальную систему координат PRQ. P-компонента: колебания в направлении вектора $\overline{P}$, Q-компонента: колебания в плоскости XOY ортогонально вектору $\overline{P}$, R-компонента: колебания в направлении, ортогональном $\overline{P}$ и $\overline{Q}$.

Для того, чтобы выразить компоненты через $\overline{A}(t)$ необходимо найти проекции $\overline{A}(t)$ на соответствующие нормированные направляющие вектора:

$$\begin{cases} P(t) = np_{\overline{N}_P}\overline{A}(t) \\ R(t) = np_{\overline{N}_R}\overline{A}(t). \\ Q(t) = np_{\overline{N}_Q}\overline{A}(t) \end{cases} \quad (8)$$

Определим направления его на вектора новой системы $\overline{N}_P$, $\overline{N}_Q$, $\overline{N}_R$:

$$\overline{N}_P = (\cos\alpha_x, \cos\alpha_y, \cos\alpha_z), \quad (9)$$

$$\overline{N}_Q = (\cos\beta_x, \cos\beta_y, \cos\beta_z), \quad (10)$$

$$\overline{N}_R = (\cos\gamma_x, \cos\gamma_y, \cos\gamma_z). \quad (11)$$

Условия определения направляющих косинусов запишем согласно высказанному утверждению:

$\overline{N}_P$: $\overline{N}_P \parallel \overline{P}$, $\left|\overline{N}_P\right| = 1$;

$\overline{N}_Q$: $\overline{Q} \perp Oz$, $\overline{N}_Q \perp \overline{N}_P$, $\left|\overline{N}_Q\right| = 1$;

$\overline{N}_R$: $\overline{N}_R \perp \overline{N}_P$, $\overline{N}_R \perp \overline{N}_Q$, $\left|\overline{N}_R\right| = 1$.

Из данных условий направляющие косинусы можно выразить через координаты вектора $\overline{P}$:

$$\cos\alpha_x = \frac{x_p}{\left|\overline{P}\right|},\ \cos\alpha_y = \frac{y_p}{\left|\overline{P}\right|},\ \cos\alpha_z = \frac{z_p}{\left|\overline{P}\right|};$$

$$\cos\beta_x = -\frac{y_p}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}},\ \cos\beta_y = \frac{x_p}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}},$$

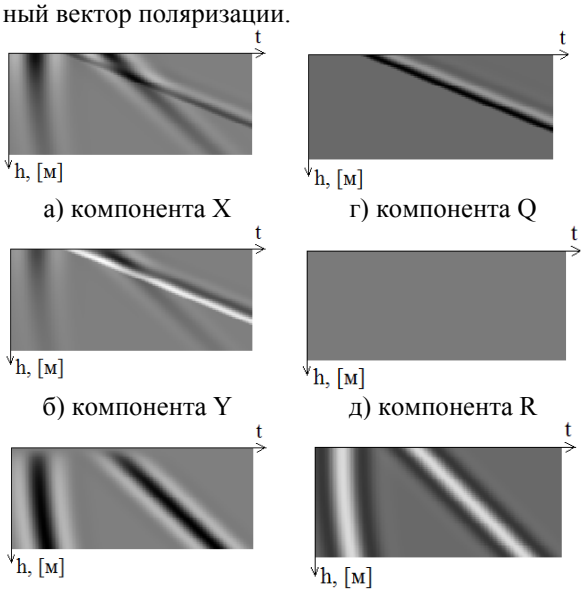
$$\cos\beta_z = 0;$$

$$\cos\gamma_x = -\frac{x_p z_p}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}\sqrt{x_p^2 + y_p^2 + z_p^2}},$$

$$\cos\gamma_y = -\frac{y_p z_p}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}\sqrt{x_p^2 + y_p^2 + z_p^2}},$$

$$\cos\gamma_z = \frac{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2 + z_p^2}}.$$

На рис. 1 приведен пример преобразования в систему PRQ на модельных данных: на а,б,в представлен пример модельного волнового поля, на г,д,е – результат преобразования волнового поля. Волновое поле моделировалось как интерференция трех волн, две из которых имеют одинаковый вектор поляризации, а третья имеет ортогональный вектор поляризации.



а) компонента X г) компонента Q

б) компонента Y д) компонента R

в) компонента Z е) компонента P

Рис. 1. Изображение модели трехкомпонентного волнового поля

Таким образом, в данной работе разработана новая математическая модель трехкомпонентной регистрации волновых полей (3-7) и алгоритм ориентирования сейсмоприемников в систему координат PRQ, которая в случае линейной поляризации волн способна разделить волны с ортогональной поляризацией.

Список использованной литературы:

1.С.В. Гольдин. Линейные преобразования сейсмических сигналов. – М.: «Недра», 1974. – 352 с.

2.Е.И. Гальперин. Поляризационный метод сейсмических исследований. – М.: «Недра», 1977. – 277

3.Ф.М. Гольцман. Статистические модели интерпретации. – М.: Наука, 1971. – 327 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ 5
СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ДЕТЕЙ С ЗАБОЛЕВАНИЕМ ПИЕЛОНЕФРИТОМ
Батауова А.Б……5

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ
Батухтин К.С……7

АППАРАТ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИСТРАКЦИИ
Блынский Ф.Ю……9

ПРИБОР ДЛЯ СВЕТОДИОДНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ
Бочков М.С., Баранов В.Н……11

ФТОРПОЛИМЕРНЫЕ МАТРИКСЫ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ СЛОЖНЫХ ПОСТРЕЗЕКЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ ГОРТАНИ
Волокитина Т.Л.,
Больбасов Е.Н……13

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УСКОРЕНИЯ РАСТВОРЕНИЯ КАМНЕЙ ЖЕЛЧНОГО ПУЗЫРЯ
Гайдышева Е.В.,
Киселева Е.Ю……15

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ДИНАМИКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА
Глот К.Ю……..17

МЕДИЦИНСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА (УАС)
Горбань И. А.,
Трачева К. В……19

ОПТИЧЕСКИЙ КОАГУЛОМЕТР
Жогло Е.В., Рафальский А.С.,
Двуреченская М.Г……21

НОВЫЕ АППАРАТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ
Еремин В.В……23

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ МИС «МЕДИАЛОГ» ТОКБ И ОСНОВНЫМИ СУБЪЕКТАМИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ (ФОМС, СМК)
В.В.Ермишов……25

БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА ВЫЗОВА МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА
Ефтеев Г.А., Пайгин Д.В……...27

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА С ЕМКОСТНОЙ СВЯЗЬЮ
Н.А. Жумантаева, С.А. Филюков…29

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА БЕРЕМЕННОЙ
Иванова А.А……31

ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ДЕТЕЙ С ПАТОЛОГИЕЙ ОМС И ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННОГО ВЫБОРА НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ И ROC-АНАЛИЗА
Константинова Л.И., Иванова В.В……33

ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЭЛЕКТРОДОВ
Иванов М.Л……..35

ПРОГРАММНЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА
Ильков М.В……...37

ПРОГРАММА ДЛЯ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА В СРЕДЕ NI LABVIEW
Кирюхин А.В……39

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ИМПЕДАНСОМЕТРИИ В ПРОЦЕССЕ ОСТЕОРЕПАРАЦИИ
Кожевников Е.С……..41

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ЦЕННОСТЯМИ В МЕДИЦИНСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ СОВРЕМЕННОГО ЛЕЧЕБНО – ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО УЧЕРЕЖДЕНИЯ
Кокова М.В……43

ЛЕЧЕНИЕ ХРОНИЧЕСКИХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
Корикова Т.В……45

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ВЫДЫХАЕМОГО ВОДУХА БОЛЬНЫХ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ХРОНИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ: ХРОНИЧЕСКАЯ ОБСТРУКТИВНАЯ БОЛЕЗНЬ И РАК ЛЕГКИХ
Кузьмин Д.А., Буланова А.А., Юмов Е.Л……..47

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ КАНАЛ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА НА НАНОЭЛЕКТРОДАХ
Клубович А.А., Лежнина И.А. Южаков М.М……49

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ
Макарова Л. С……51

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКИХПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ
Максимов Д. Е……53

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИРОВАНИЯ УРОВНЯ АНЕСТЕЗИИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНЫХ МЕТОДОВ
Малинин В.С……55

МНОГОСЛОЙНЫЕ СИСТЕМЫ ПОЛИМЕРНЫЙ СЛОЙ - КФ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ ЭНДОПРОТЕЗОВ МЕЛКИХ СУСТАВОВ
Мальчихина А.И., Больбасов Е.Н., Шестериков Е.В……57

БИОУПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ДИНАМИКЕ ПАРАМЕТРОВ БРОНХО-ЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ
Мелехин Е.В…….59

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА НА НАНОЭЛЕКТРОДАХ
Моженина Е.Е., Турушев Н.В., Чистякова А.В…….61

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МАКЕТА НОСИМОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА ВНЕШНИМ ДЫХАНИЕМ ЧЕЛОВЕКА
А.В. Мочула, О.В. Мочула……63

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПО КАНАЛУ СТАНДАРТА 802.15.4 ZIGBEE НА БАЗЕ СИСТЕМ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ
Мочула О.В., Мочула А.В…….65

ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ДЛЯ КОНИЗАЦИИ ШЕЙКИ МАТКИ
Педина А.Б., Пайгин Д.В…….67

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ СОЧЕТАНИЙ РАЗНОТИПНЫХ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
Е.А.Перина……...69

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПОРИСТОСТИ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА БИОЧИПОВ ДЛЯ РЕПАРАТИВНОГО ОСТЕОГЕНЕЗА
Петлин Д.Г.,
Больбасов Е.Н……71

СКОРОСТНАЯ ВИДЕОРЕГИСТРАЦИЯ САМОСВЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ДЕТОНАЦИОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОРОШКА ГИДРОКСИАПАТИТА
Попова А. А……..73

ЧРЕСКОСТНЫЕ ОСТЕОФИКСАТОРЫ С МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫМ МЕТАЛЛООКСИДНЫМ ПОКРЫТИЕМ, ОБЛАДАЮЩИМ КАЧЕСТВАМИ БИОСОВМЕСТИМОСТИ И СПОСОБНОСТЬЮ ИНТЕГРАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КОСТНОЙ ТКАНЬЮ
Родионов И.В……75

ПАРОТЕРМИЧЕСКОЕ МЕТАЛЛООКСИДНОЕ ПОКРЫТИЕ НА ТИТАНОВЫХ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТАХ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА, МИКРОМОДИФИЦИРОВАННОЕ СЕРЕБРОМ
Родионов И.В……77

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
Рыжков Д.В.,
Стромов Г.Г……..79

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫВОДА В ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ
Самсонова А.С……81

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА В ОБЛАСТИ ЖИВОТА БЕРЕМЕННОЙ
И.С. Солошенко, Е.Ю. Киселева, И.В. Толмачев……83

ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ БЕРЕМЕННЫХ
Тимкина К.В……85

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ БИОИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ
Н.Д.Тургунова, Н.Н.Мартемьянова, В.В.Великая……87

АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ QRS-КОМПЛЕКСА НА ЭЛКЕКТРОКАРДИОГРАММЕ
Уваров А.А., Малый М.В., Фролов М.Д……89

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНОГО РЕФЛЕКТОРНОГО ОКСИМЕТРА
Углов Т.С., Степачёв М.В……..91

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОМ ГЕМОДИАЛИЗА
Хдрян А.А……93

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ЛИТОТРИПСИИ
Хохлова Л.А, Иванова Л.Ю……95

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ОНКОЛОГИЧЕСКОМ ДИСПАНСЕРЕ
Храпская М.В……97

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРИЕМА ПАЦИЕНТОВ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ БОЛЬНИЦЕ
Цулина О.В……..99

СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОМ ОТДЕЛЕНИИ ТОКБ
Чучунова М.П……101

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВРАЧА ОБЩЕЙ ПРАКТИКИ
Шевчук Е.С……103

РАЗРАБОТКА ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОГО СПЕКТРОМЕТРА
Шинкаренко Е.В., Зенкин С.П……105

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОРФОМЕТРИИ МИОКАРДА
Энглевский Н.А., Сафонова А.В……107

СЕКЦИЯ 6
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТИТАНА ВТ1-0 ПО ОТНОШЕНИЮ К ВОДОРОДУ
Кретова О.М……111

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА В МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ
Александрова Л.С.,
Коломеец М.А……113

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВА КЕРАМИК, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ГРУБОДИСПЕРСНЫХ И ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ОКСИДНЫХ ПОРОШКОВ
Асташова Т. А……115

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ
Бабаев А. С., Петров В. С…….117

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КОРУНДА И ТРИАЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ
Байкина Л.К., Полубояров В.А,
Горбунов Ф.К……119

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АЗОТИРОВАНИЯ ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЯ В ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
Болгару К.А.,
Чухломина Л.Н……121

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ НА СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ
Болдин М.С.,
Чувильдеев В.Н……123

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ ЧИСТОГО СВИНЦА ПРИ ЗНАКОПЕРЕМЕННОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
Бондаренко Я.А., Елсукова Т.Ф.
Попкова Ю.Ф……125

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОДИФФУЗИОННОГО ПОКРЫТИЯОТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ
Борисенкова Т.А.,
Лавро В.Н……...127

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИНИТРИДОВ ТИТАНА, ОСАЖДЕННЫХ МЕТОДОМ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ
Быкова Ю.В., Морозова Н.С.,
Конищев М.Е……129

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ФОСФАТ-БОРАТ-ФЛЮОРИДНЫХ СТЕКОЛ ЛЕГИРОВАНЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ
Беликов К.Н., Валиев Д.Т., Егорова Н.Л……131

ОРИЕНТАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТА ПАМЯТИ ФОРМЫ В ФЕРРОМАГНИТНЫХ МОНОКРИСТАЛЛАХ Ni54Fe19Ga27 ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЕМ
Ветошкина Н.Г., Тимофеева Е.Е……133

АЗОТИРОВАНИЕ ТИТАНОХРОМОВОГО ФЕРРОСПЛАВА В ИЗОЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
Витушкина О.Г., Чухломина Л.Н……135

РАЗРУШЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ SIALN ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ
Гайнутдинова Ю.И, Кастеров А.М…….....137

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ И ОКСИНИТРИДОВ ТИТАНА
Гребнева И.А., Морозова Н.С., Конищев М.Е……139

АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ ВЧ-МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ МИШЕНИ ИЗ КРЕМНИЙЗАМЕЩЁННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА
И. Ю. Грубова, М.А. Сурменева, Р.А. Сурменев……141

ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕНОСТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ К ДЕЙСТВИЮ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ
Душкина М.А., Давидюк С.В……..143

ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ НИТРИДА ТИТАНА И ИХ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОТ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА
Евдокимов А.А., Герасимов Д.Ю., Усиков А.И……..145

ПРОТИВОПОЖАРНОЕ СВЕТОПРОЗРАЧНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ
Епифанцева А.В……...147

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ НАПЛАВКА ПОКРЫТИЙ ИЗ ХРОМОВАНАДИЕВЫХ ЧУГУНОВ: СТРУКТУРА И СВОЙСТВА
Еремина Л.В., Толстокулаков А.М……149

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ СИСТЕМ TI-SI, TI-AL-SI И ОДНОЭЛЕМЕНТНОГО МНОГОСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ TIN
Ермошкин А.А……151

ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ КРИСТАЛЛОВ ФТОРИСТОГО ЛИТИЯ
Есильбаев Д.Б, Касымканова Р.Н……..153

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСКРЕТНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ В ВАКУУМЕ
Забугин А.В.,
Гавриленко А.С……155

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМОВ УПРОЧНЕНИЯ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ 06МБФ ПРИ РАВНОКАНАЛЬНОМ УГЛОВОМ ПРЕССОВАНИИ
Захарова Г.Г.,
Тукеева М.С……...157

ОСОБЕННОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ УЕДИНЕННОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ ВОЛНЫ ГРАНИЦЫ БИМЕТАЛЛА NI-AL В МОДЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКЕ
Захаров П.В., Медведев Н. Н.,
Старостенков М. Д……159

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА
Зиганшин А.И.,
Кондратюк А.А……161

РОЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ ПРИ НАНЕСЕНИИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ
Зундан М.С., Зенин Б.С……163

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ОСАЖДЕННЫХ ИЗ ПЛАЗМЫ ВЧ-МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА
Иванова А.А., Сурменева М.А.,
Сурменев Р.А……165

ПОВЕДЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПУАССОНА КРИСТАЛЛА SmB6 В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 4,2…350 К
Соболева Э. Г., Ивкин А.Н.,
Галеева А. А……..167

ПЕРСПЕКТИВА СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С АСИММЕТРИЕЙ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
Ильясов Б.Р……169

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ПАН ЖГУТОВ В ПЕЧИ ВУЛОН
Исаев А.С……171

ТГ/ДСК АНАЛИЗ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА LiFe5O8 ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОЙ СМЕСИ Li2CO3-Fe2O3
Казаковская О.Г., Лысенко Е.Н.,
Суржиков А.П.……173

СВЕРХЭЛАСТИЧНОСТЬ В ЗАКАЛЕННЫХ И СОСТАРЕННЫХ [011]-МОНОКРИСТАЛЛАХ ФЕРРОМАГНИТНОГО СПЛАВА CO35NI35AL30
Канафьева А. С……175

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: УГЛЕРОДНОЕ И БАЗАЛЬТОВОЕ ВОЛОКНО
Кобзев К.О.,
Баранникова О.О……177

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ПЕНОСТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС
Кузнецова Н. А……179

ГИБРИДНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО УДАРА ПО ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА С УЧЕТОМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ
Куприянов С.Н., Моисеенко Д.Д., Панин В.Е……...181

СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ПОЛИИЗОПРЕНА И ГАЛОГЕНИРОВАННОГО БУТИЛКАУЧУКА
Курбатова Ю.В., Цатова И. Н., Люсова Л.Р……183

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА КРЕМНИЯ
Засухин Д. И., Кутков И. В……185

СИНТЕЗ ТОБЕРМОРИТА НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННОГО СТЕКЛОБОЯ
Лебедева Е.Ю……187

ДЕГРАДАЦИЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ AuNi В ПРОЦЕССЕ ИЗНАШИВАНИЯ
Лязгин А.О……..189

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАЛОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ЭФФЕКТ ЗАКАЛКИ СПЛАВА АК6
Машкарова О. В……191

ИЗУЧЕНИЕ ОРИЕНТАЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ, МЕХАНИЗМА ДЕФОРМАЦИИ И ПРОЦЕССОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ПРИ СЖАТИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ СТАЛИ ГАДФИЛЬДА
Е.В. Мельников……193

ДИАТОМИТ – АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ СТЕКОЛЬНОЙ ШИХТЫ
Мешков А.В., Субботин Р.К……195

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛИ 20Х23Н18, ПОДВЕРГНУТОЙ УСТАЛОСТНОМУ РАЗРУШЕНИЮ
Сизов В.В., Мясникова В.И., Комиссарова И.А……197

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИТОВ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ СВМПЭ ГРАФИТОМ
Нгуен Дык Ань, Панин С.В., Нгуен Суан Тьук……199

ИЗМЕНЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВМПЭ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ MoS_2
Нгуен Суан Тьук, С.В. Панин……..201

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КАРБИДА КРЕМНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ
Никитин Д.С., Пак А.Я……203

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШЛИКЕРА НА ОСНОВЕ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ
Земницкая А.А.1,
Пестрецова Н.Е……205

ТЕХНОЛОГИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ
Тюменцев А.А., Громов А.А.,
Пестрецова Н.Е……207

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ
Петикарь П.В…….209

СТАДИЙНОСТЬ РАЗВИТИЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН В ДВУХСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТАХ
Попкова Ю.Ф.,
Елсукова Т.Ф…….211

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ПОРОШКА НИТРИДА АЛЮМИНИЯ В СИСТЕМЕ «АЗИД НАТРИЯ – ФТОРИД АЛЮМИНИЯ»
Попова А. В., Титова Ю. В.,
Шиганова Л. А……213

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МЕДНЫХ СТЕНОК КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК
Пшеничников А.П.,
Колесникова К.А., Белюк С.И……215

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ БРОНЗЫ БРОС10-10
Семенков И.В., Мартюшев Н.В….217

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ
Сенатова О.А…….219

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОКРЫТИЙ С СИНТЕЗИРОВАННЫМИ В МАТРИЦЕ КАРБИДНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ
Собачкин А. В……221

МИКРОТВЕРДОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЙ ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ СВС-МАТЕРИАЛОВ, НАПЛАВЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ
Собачкин А. В……223

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С НЕЛИНЕЙНОЙ ВАХ
Стрыжков А.Е……...225

ДВА ПРИМЕРА РАЗНОПРЕДЕЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОПЕРЕЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ
Теслева Е. П.,
Белькова Т. А……227

ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛОВ ВЫСОКОМАРГАНЦЕВЫХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
Тукеева М.С., Мельников Е.В.,
Захарова Г.Г……229

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕСС-ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ОПОК
Устинов А.В., Терёхина Ю.В., Котляр А.В……231

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ НА КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕНТ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗАКАЛКОЙ ИЗ РАСПЛАВА НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ БАРАБАНЕ – ХОЛОДИЛЬНИКЕ
Фаерштейн К.Л., Цветкова Е.М., Аникин Ю.А……233

УСВОЕНИЕ АЛЮМИНИЯ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ
Федосеев С.Н……235

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕРПЕНТИНА С ЖЕЛЕЗОМ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЗАЩИТНОГО МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ
Химич М.А……237

РАЗВИТИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ПЛЕНКА-ПОДЛОЖКА В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ АМГ2 И 1570
Хохлова А.И……...239

ОБРАЗОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ НА КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕНТ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗАКАЛКОЙ ИЗ РАСПЛАВА НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ БАРАБАНЕ – ХОЛОДИЛЬНИКЕ
Цветкова Е.М., Фаерштейн К. Л., Аникин Ю.А……..241

БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БРОНЕКЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С РАЗНЫМИ ДОБАВКАМИ
Чаплина Е.В., Мухин В.В., Непочатов Ю.К……243

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ СВС-ПОРОШКОВ ПРИ РЕАКЦИОННОМ СПЕКАНИИ НИТРИДСОДЕРЖАЩЕЙ КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ «Al-O-N»
Чаплина Е.В., Паутова Ю.И., Громов А.А……245

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ДЕФФОРМАЦИИ В ОБРАЗЦАХ УГЛЕПЛАСТИКОВОГО КОМПОЗИТА.
Чернейкина Г.Н., Еремин А., Бурков М.В……247

МЕХАНОАКТИВАЦИЯ КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ СВ-СИНТЕЗОМ КАТОДНЫХ СОЕДНИНЕНИЙ
Чурсин С.С., Исаченко Д.С., Кузнецов М.С…….249

АКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЕРМООБРАБОТКИ
Шевяко Н.А., Литовченко И.Ю……251

СЕКЦИЯ 7
ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ГЕННЫХ СЕТЕЙ
Акиньшин А.А……255

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕНТОМ ORACLE UCM
Акулин И.А., Иванов С.С……257

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ, С ПРИМЕНЕНИЕМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА
Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В……...259

ФОРМАЛИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В PLM-СИСТЕМЕ
Аметова Э.С., Суханова Ю.А., Мартынов Я.А……261

ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ ДЗЗ
Аникина П.В……...263

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ В МЕТОДАХ ОПТИМИЗАЦИИ
Аньшина А.А., Рейзлин В.И……...265

МОДУЛЬ ПРИОБРЕТЕНИЯ ЗНАНИЙ ИЗ «1С»-ИНФОПИСЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА
Ахаев А.В……267

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА
Бахчаев А.С……...269

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА API-БИБЛИОТЕК
Бердников И.С., Аврамчук В.С…….....271

МНОГОСЛОЙНЫЙ ПЕРСЕПТРОН С ВАРИАТИВНЫМИ ПОТЕНЦИАЛАМИ ДЕЙСТВИЯ НЕЙРОНОВ
Борило И.А., Слядников Е.Е……273

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОРОДНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР
Борисов А. В., Хамухин А. А……..275

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ СУБЪЕКТОВ РФ
Боровская Т.И……277

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРАХ SIMATIC S-300
Буй Бинь Занг, Скороспешкин В.Н……279

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИИЯ НЕФТИ В РЕЗЕРВУАРЕ ПРИ ХРАНЕНИИ
Е.В.Булычева……281

СРЕДСТВА БЕСПРОВОДНОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ МЕЖДУ АВТОНОМНЫМИ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ
Бухтияров А.С……283

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОПТИМИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Ваховский В.В.,
Валанов А.А……...285

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГИПЕРСФЕР ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
Веремеенко Е.С.,
Ходенкова М.В……287

ПРОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦЫ ОБЪЕКТА НА ТОМОГРАФИЧЕСКОМ СНИМКЕ
Власов А.В…….289

КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ КОМПОНЕНТОВ СРЕДЫ МНОГОУРОВНЕВОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Ганджа Т.В., Коротина Т.Ю……291

ПРЕВЕНТИВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА СЕРВЕРА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА
Ганюшкин И. Г……...293

ПРОГРАММА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА СВЧ-УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
Гарайс Д.В……295

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ СВЧ МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ЭКСТРАКЦИИ
Горяинов А.Е.,
Степачева А.В……297

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ПРИ ПОМОЩИ ВЕЙВЛЕТОВ И НЕЙРОННОЙ СЕТИ
Григорьев Д.С……299

ОПТИМИЗАЦИЯ И ПРОДВИЖЕНИЕ САЙТА НА ПРИМЕРЕ CMS JOOMLA
Гусакова Е. Г……301

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УЧЕТА И ОЦЕНКИ ВНЕУЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ
Дороганов В.С……...303

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ЛИНЕЙНОЙ ИНТЕРВАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТНЫХ ОЦЕНОК ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
Езангина Т.А……..305

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕТИ PROFIBUS КОНТРОЛЛЕРОВ SIMATIC S7
Ершов А. Ю……307

МЕТОД ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТА ПРИЕМА ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ
Жукова М. С……309

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЛЬНЫХ БИЕНИЙ РОТОРОВ
Зайцев Е. С……311

СИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ НА ОСНОВЕ ДЕРЕВЬЕВ И/ИЛИ
Зорин Ю.А……313

СТРУКТУРА ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЙ
Иванков П.И……315

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕБ-СЕРВИСОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА НА БАЗЕ ORACLE UCM
Иванов С. С.,
Акулин И.А……317

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАКЛОННЫХ ГРАНИЦ РАЗДЕЛЕНИЯ СРЕД
Ивашкина М.А., Рыбалка С.А.,
Вылегжанин О.Н……...319

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЁТА КОДОВ ШЕННОНА-ФАНО И ХАФФМАНА С ИНТЕРФЕЙСОМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К MS EXCEL
Итилигатор А.Е.,
Мезенцев А.А……321

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИИ. СТАНДАРТЫ И ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ
Кадыков А.А……323

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА СОЦИАЛЬНО-НЕЗАЩИЩЕННЫХ СТУДЕНТОВ
К.А.Киреева……325

ОБЩИЙ ВИД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА
Козлов Д.В……..327

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СКВАЖИНЫ С ПОГРУЖНЫМ НАСОСОМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ
Кондратенко М.А., Федоров В.А.,
Фомин В.В……329

ПОЛНОТЕКСТОВЫЙ ПОИСК В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ
Костыря Е.И……331

МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ SIMULINK СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПРИОРИТЕТАМИ
Кузьмичева Е.А……333

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ В ВИДЕОПОТОКЕ
Кулманакова Е.В……335

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ И ИХ СОРТИРОВКИ МОБИЛЬНЫМ LEGO РОБОТОМ
С.М. Курганов, А.А. Воронин,
Т.В Александрова……..337

СЕМАНТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ БИБЛИОТЕКИ
Ле Хоай……339

СИСТЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ БИЗНЕСА
Лисачева Е. И……341

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ВОДОЗАБОРНОЙ СТАНЦИЕЙ
Лотарев В.В.,
Лабутин А.Н……343

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ
Лотарев В.В., Щеглов С.П.,
Лабутин А.Н……345

НЕЧЕТКИЕ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧАХ ИМПУТИРОВАНИЯ
Лучкова С.О……347

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ КОГНИТИВНОГО РАДИО В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ СТАНДАРТА IEEE 802.22
Малыхин В.И……349

МОБИЛЬНАЯ BEAM - ПЛАТФОРМА «АЗУРА»
Маметьев Е.А.,
Пономарёв К.Д……351

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПРОГНОЗА ТИПА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА НА ОСНОВЕ ФАЗОВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН
Е.В. Манеева,
В.П. Иванченков……353

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РОБОТОВ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
Марданова А.Р……355

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ WORKFLOW-ДИАГРАММ В PLM-СИСТЕМЕ ENOVIA SMARTEAM
Мартынов Я.А., Скирневский И.П.,
Суханова Ю.А……...357

ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ AVR СЕМЕЙСТВА XMEGA
Мещеряков Я.Е……359

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ «MICROSOFT OFFICE EXCEL»
Н.И. Миндияров……361

СИНТЕЗ САУ КАСКАДА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ УРАНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ
Михалевич С.С., Горюнов А.Г.,
Чурсин Ю.А……363

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ ТАБЛИЧНОГО И МАТРИЧНОГО АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ CRC32
Мыцко Е.А……365

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМ РЕАКТОРОМ ЕМКОСТНОГО ТИПА
Невиницын В.Ю.,
Лабутин А.Н……367

ВЫЧИСЛЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА
К. Д. Носов……369

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТИПА ТОКАМАК
Обходский А.В., Союменко А.А., Мезенцев А.А……371

ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ
Ожогова О.В……373

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Панов С.А., Ганджа Т.В……..375

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ
Пантюхин А.Р,
Александрова Т.В…….377

РАСЧЁТ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ КРАТЧАЙШЕГО ПО ВРЕМЕНИ ПУТИ
Пекарская С.С.,
Шестаков Н.А…….379

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННОГО ПОЛЯ
Першин Е.А., Волков В.Ф,
Горбунов В.М……381

КОНЦЕПЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТА СИНХРОНИЗАЦИИ МЕТАДАННЫХ В ЛИУС «ХИМИК-АНАЛИТИК»
Пилипак А.Р.,
Щелканов С.В……383

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ДЛЯ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
Подгорный С.А……..385

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАБОТЫ С ТРЕБОВАНИЯМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЦЕПЦИИ ССП
Пустовалова Н.В.,
Авдеенко Т.В…….387

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЛИНЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА САУ НА ОСНОВЕ ДОСТАТОЧНЫХ УСЛОВИЙ МАКСИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ И КОЛЕБАТЕЛЬНОСТИ
Пушкарев М.И……389

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЛИНЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО МАКСИМАЛЬНУЮ СТЕПЕНЬ УСТОЙЧИВОВСТИ И ЗАДАННУЮ ТОЧНОСТЬ САУ
Пушкарев М.И……391

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ИНСТИТУТА ПАТЕНТОВАНИЯ И ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Раевская Е.А.,
Дороганова А.С……393

РАЗРАБОТКА UI ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ ОС ANDROID
Русинов И.Г……395

ИНТЕГРАЦИЯ PLM- И EDA-СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ
Савенко И. И., Гаврилов Д. В., Аметова Э. С……397

ОБРАБОТКА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ НА МОБИЛЬНОМ ТЕРМИНАЛЕ, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕМ В СОСТАВЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЕДИНИЦЫ ТАКСОПАРКА
Ф.В. Саврасов……399

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА НАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА
Сидорова А.А……401

ПРОГРАММА РЕДАКТИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ
Сорокина Ю.П……...403

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ СХЕМ ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ СВЧ МИС С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ
Степачева А.В……405

ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМАЛЬНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ МОДУЛЕЙ СИСТЕМНОГО ОБМЕНА МИКРОПРОЦЕССОРОВ
Стотланд И.А., Васильев А.Г……407

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM 2D/3D ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ СВОБОДНОЙ КОВКИ
Таупек И.М……409

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ FLASH В ВЕБ-ИНДУСТРИЮ
Терехин Д.Э., Наумова Е. А……411

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ВЕКТОРНЫХ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ
Титков В.В., Любутин П.С……..413

САМОПОДСТРАИВАЮЩИЙСЯ РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ ГАЗОПРОВОДНОЙ СЕТИ
Тутов И.А……....415

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОНАСОСНОЙ СКВАЖИНЫ С НЕСТАЦИОНАРНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ
Федоров В.А., Кондратенко М.А., Фомин В.В……417

СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ОБЪЕКТА С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ РАЗЛИЧНЫМИ АЛГОРИТМАМИ УПРАВЛЕНИЯ
Филиппов М.М., Бабушкин Ю.В., Грибенюков А.И……419

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПЕРСОНАЛА «РЕСУРС»
Хадкевич О.В., Яблокова С.А……421

АЛГОРИТМ NCP ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА В ИСХОДНЫХ КОДАХ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКАХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ
Хаустов П.А……423

АЛГОРИТМ ДЛЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕМАНТИЧЕСКИХ ДАННЫХ
Хоанг Ван Кует……425

ЭЛЕКТРОННЫЙ СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
Чекрыгин С.С.,
Коблов Н.Н……427

ОБЗОР ДОСТИЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ НАВИГАЦИИ МЕТОДОМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ
Чемезов В.О.,
Щербаков В.В……429

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЛАГИАТА В КОДАХ ПРОГРАММ, НАПИСАННЫХ НА ЯЗЫКАХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ
Чепрасов Д.А……431

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПРОГНОЗА КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЗАИМНЫХ СПЕКТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН
М.А.Черкасова,
В.П.Иванченков……433

ОПТИМИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ РЕАКТОРНЫМ УЗЛОМ
Чешинский М.А.,
Лабутин А.Н……...435

ОБРАБОТКА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ВУЗЕ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА СТУДЕНТОВ ПРОЖИВАЮЩИХ В ОБЩЕЖИТИИ КузГТУ
М.А.Швачич……438

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ АНДРОИДНОГО ТИПА
Шеломенцев Е.Е.,
Дусеев В.Р…….439

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ КОНТУРА ОХЛАЖДЕНИЯ СЕРИИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРА ОПЕРАТОРА ПРОИЗВОДСТВА ФТОРА
Шерengина А.А., Ливенцова Н.В.,
Нагайцева О.В……..441

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ
Шерин Д.А……..443

МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТЖИГОМ МЕТАЛЛА
Шкарупин А.В……445

МАЛОГАБАРИТНОЕ СБОРОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ТРАЕКТОРНОГО ПОИСКА
Шкарупин А.В……447

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВЫМ ОБЪЕКТОМ
Щелканова Т.А……449

МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
Щербаков В.В.,
Чемезов В.О……..451

ВЕКТОРНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ ВСП
Янковская Н.Г…….453

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

СБОРНИК ТРУДОВ
XVII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

В трех томах

Том 2

Компьютерная верстка Сладков С.О.

Дизайн обложки *А.М. Петелин*

Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета

Подписано к печати 00.06.2011. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л._55.02. Уч.-изд. л. 49.76.
Заказ 000-12. Тираж 250 экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел/факс: +7 (3822) 56-35-35, www.tpu.ru